

**GANHOS GENÉTICOS EM GERAÇÃO AVANÇADA DE SELEÇÃO  
RECORRENTE NA VARIEDADE DE MILHO PIPOCA UENFV-  
EXPLOSIVA**

**RODRIGO MOREIRA RIBEIRO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO - 2011**

GANHOS GENÉTICOS EM GERAÇÃO AVANÇADA DE SELEÇÃO  
RECORRENTE NA VARIEDADE DE MILHO PIPOCA UENFV-  
EXPLOSIVA

**RODRIGO MOREIRA RIBEIRO**

“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 Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
FEVEREIRO – 2011

GANHOS GENÉTICOS EM GERAÇÃO AVANÇADA DE SELEÇÃO  
RECORRENTE NA VARIEDADE DE MILHO PIPOCA UENFV-  
EXPLOSIVA

**RODRIGO MOREIRA RIBEIRO**

“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 16 de fevereiro de 2011.

Comissão Examinadora:

---

Prof. Ronald José Barth Pinto (D.Sc. em Engenharia Genética Agroflorestal) -  
UEM

---

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

---

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc. em Produção Vegetal) - UENF

---

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

Aos meus pais Domingos e Maria Aparecida,  
Aos meus irmãos Lincoln, Izabella e Pedro.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por permitir que esse sonho se realize;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de cursar o mestrado, bem como a CAPES pela concessão da bolsa;

Ao professor Antonio Teixeira do Amaral Júnior, pela disponibilidade desta orientação, pela amizade nestes dois anos e pela atenção dispendida;

Aos demais professores do programa de Genética e Melhoramento de Plantas, pelos conhecimentos compartilhados e suporte aos alunos;

Aos membros da banca de defesa de projeto e de defesa de dissertação, pela disponibilidade em nos auxiliar neste trabalho;

Ao Técnico Agrícola Sr. Geraldo Francisco de Carvalho e aos seus colaboradores de campo, pelo auxílio na implementação e condução dos ensaios;

Ao meu parceiro e irmão Guilherme Ferreira Pena pelo apoio em todos os momentos de dificuldade e por compartilhar os momentos bons;

Aos pós-doutores do programa de Genética e Melhoramento de Plantas da UENF, Leandro Gonçalves e Liliam Candido, por todo apoio, amizade e boa convivência durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal e colaboradores de campo, Renato Moraes (*in memoriam*), Ismael Freitas, Pablo Cabral, Cássio Vittorazzi, Alexander Carvalho, Thiago Rodrigues, Tacísio Tudéia, Maurício Couto, Wagner Hernandez e Valdinei Azeredo pelo auxílio em diversas

etapas na condução deste trabalho, e ao Dr. Silvério Júnior por toda ajuda e conhecimentos transmitidos;

Aos demais colegas do LMGV, pelo bom convívio;

Ao amigo Reginaldo Fontes pela boa convivência e amizade;

Aos grandes amigos da república Grozop (Viçosa-MG), em especial a Alessandro Guarino e Lucas Takami.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1. Aspectos etno-botânicos.....	05
2.2. Melhoramento do milho pipoca.....	07
2.3. Melhoramento da população UENFV-EXPLOSIVA.....	09
2.4. Aspectos econômicos.....	11
2.5. Índice de seleção e aplicação no melhoramento de <i>Zea mays</i> .....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Locais de instalação dos experimentos.....	16
3.2. Obtenção de progênies e tratos culturais.....	17
3.3. Avaliação e seleção entre progênies em ensaio de competição....	18
3.4 Teste de Shapiro-Wilk (1965).....	20
3.5. Análise estatística.....	21
3.6. Componentes genéticos, fenotípicos e de ambiente.....	24
3.6.1. Estimador da variância genotípica entre famílias.....	24
3.6.2. Estimador da variância fenotípica entre famílias.....	24
3.6.3. Estimador da variância residual.....	24
3.6.4. Estimador da variância da interação genótipo “ <i>versus</i> ” ambiente.....	24

3.6.5. Herdabilidade com base na média de famílias.....	24
3.6.6. Estimador do índice de variação.....	25
3.7. Boxplot.....	25
3.8. Índice de seleção.....	25
3.8.1. Índice de Mulamba e Mock (1978).....	25
3.9. Recombinação das famílias selecionadas.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Análise de variância conjunta.....	28
4.2. Parâmetros genéticos.....	36
4.3. Índice de seleção.....	40
4.4. Amplitude de variação das características avaliadas para a população original, população selecionada e testemunhas.....	43
4.5. Evolução de ganhos para CE e RG com os ciclos de seleção recorrente.....	51
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
6. APÊNDICE.....	66

## RESUMO

RIBEIRO, RODRIGO MOREIRA; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2011. Ganhos genéticos em geração avançada de seleção recorrente na variedade de milho pipoca UENFV-EXPLOSIVA. Orientador: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Prof. Alexandre Pio Viana e Prof. Geraldo de Amaral Gravina.

No Brasil, de 30 cultivares de milho pipoca registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no período de 1998 a 2010, apenas uma foi concedida ao setor público Brasileiro. Não por acaso, há raros programas de melhoramento com a cultura no país, a despeito de prover lucro três vezes superior ao milho comum. A UENF desenvolve o único programa de melhoramento de milho pipoca do Estado do Rio de Janeiro, contendo ações de produção de híbridos, avaliação de acessos por marcadores moleculares para fins de proveito no melhoramento aplicado, bem como o uso da seleção recorrente intrapopulacional. Em particular a esta última ação, no presente trabalho foi implementado o sexto ciclo de seleção recorrente com a população UENFV-EXPLOSIVA. Duzentas famílias de irmãos-completos foram obtidas e avaliadas quanto a dez características de interesse agrônomo, incluindo rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE), em dois ambientes no Estado do Rio de Janeiro, utilizando o delineamento de blocos incompletos com arranjo em repetições dentro de "sets". Foram estimados parâmetros genéticos, os ganhos esperados para as características avaliadas após a seleção, por meio do índice de Mulamba e Mock (1978), a amplitude de

variação da população avaliada, selecionada e das testemunhas por meio de “boxplots”, e a evolução dos ganhos seletivos do ciclo  $C_0$  a  $C_6$ . Foi constatada significância em 5 ou 1% de probabilidade para Famílias/”Sets” em todas as características avaliadas, consequenciando em variabilidade a ser explorada nos sucessivos ciclos. A característica rendimento de grãos (RG) expressou a terceira maior magnitude de herdabilidade e de índice de variação e capacidade de expansão (CE), as maiores estimativas destes parâmetros. A maior estimativa de herdabilidade para CE fornece novos subsídios de sê-la uma característica pouco influenciada por efeitos ambientais. O índice de Mulamba e Mock (1978) com base em pesos arbitrários proporcionou os melhores resultados para a seleção de famílias de irmãos-completos para a constituição do sexto ciclo de seleção recorrente, com ganhos preditos de 15,30% e 10,97% para RG e CE, respectivamente. A mediana do “boxplot” de RG para a população selecionada foi 20,00% superior à da população avaliada. Para CE, esta superioridade foi de 10,52 %. A dispersão interquartil da população selecionada em relação à avaliada foi mais pronunciada em CE do que em RG. Os ganhos percentuais entre  $C_0$  e a média predita em  $C_6$  para RG e CE foram de 85,00% e 56,51%, respectivamente. Acredita-se que a recombinação das famílias de irmãos-completos selecionadas no sexto ciclo de seleção recorrente poderá viabilizar a recomendação de nova cultivar de ciclo avançado de UENFV-EXPLOSIVA para os produtores do Norte e Noroeste Fluminense.

## ABSTRACT

RIBEIRO, RODRIGO MOREIRA; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2010 February. Genetic gains in advanced generation of the recurrent selection in variety of popcorn UENFV-EXPLOSIVA. Adviser: Prof. Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Counsellors: Prof. Alexandre Pio Viana e Prof. Geraldo de Amaral Gravina.

Only one among the 30 varieties of popcorn registered on the National Register of Plant Varieties (RNC) of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) in the period of 1998 to 2010, was given to the public sector in Brazil. There are few breeding programs with the culture in the country, despite profit providing three times the normal maize. The UENF develops the only program of popcorn breeding of Rio de Janeiro, containing stocks of hybrid production, evaluation of requests by molecular markers for purposes of benefit in improving applied as well as the use of intrapopulation recurrent selection. In particular the latter action, in the present work was conducted the sixth cycle of recurrent selection with UENFV-EXPLOSIVA. Two hundred full-sib families were obtained and evaluated for ten agronomic traits including grain yield (GY) and popping expansion (PE), in two locations in the State of Rio de Janeiro, using an incomplete block design with replications within sets. Genetic parameters were estimated; the expected gains for the traits evaluated after selection through the index Mulamba and Mock (1978); the amplitude of variation of the population evaluated, selected and witnesses through "boxplot"; and the evolution of selective earnings cycle  $C_0$  to  $C_6$ . Significance was found in 5 or 1% probability for Families / "Sets" for all traits,

consequential variability to be exploited in successive cycles. The characteristic grain yield (GY), expressed the third largest magnitude of heritability and rate of change and popping expansion (PE), the highest estimates of these parameters. The highest heritability estimate for CE provides new subsidies being it a little feature influenced by environmental effects. The index Mulamba and Mock (1978) based on arbitrary weight gave the best results for selection of full-sib families for the constitution of the sixth cycle of recurrent selection, with predicted gains of 15.30% and 10.97% for GY and PE, respectively. The median of the "boxplot" of GY for the selected population was 20.00% higher than the evaluated population. For CE, this superiority was 10.52%. The dispersion interquartile of the selected population in relation to evaluated population was more pronounced in PE than in GY. The percentage gains between  $C_0$  and average predicted in  $C_6$  for GY and PE were 85.00% and 56.51% respectively. It is believed that recombination of full-sib families selected in the sixth cycle of recurrent selection may enable the recombination of new cultivation cycle advanced of the UENFV-EXPLOSIVA to the producers of the North and Northwest Fluminense.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a possibilidade de total mecanização e a ausência de controle de preço pelo Governo, o valor comercial do milho pipoca é superior ao do milho comum. Com base em informações obtidas no AGRIANUAL (2010), no ano de 2008, o preço médio cobrado pela saca de milho pipoca correspondeu a mais que o triplo quando comparado com o preço do milho comum. No CEAGESP-SP, o preço médio do quilo de milho pipoca comercializado, considerando os meses de janeiro a julho de 2009, foi quase cinco vezes maior em relação ao milho comum (AGRIANUAL, 2010). Vê-se, pois, que, entre o ano de 2008 e sete meses de 2009, houve uma valorização de 26,97% no preço médio de comercialização da saca de milho pipoca.

Não se pode negar, portanto, que o cultivo do milho pipoca proporciona um lucro interessante para o produtor. Em relação ao Norte e Noroeste Fluminense, que possui grande aceitação popular e, em muito, movimentada a economia informal, o milho pipoca é uma opção de diversificação agrícola com elevada rentabilidade.

Até a década de 90, o cultivo do milho pipoca era modesto, apesar de o primeiro híbrido ter sido lançado em 1934, nos EUA e, em 1941, no Brasil (Sawazaki et al., 2000; Sawazaki, 2000; Rangel et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009a; Silva et al., 2010). Atualmente, com o incremento das pesquisas nacionais, pode-se contabilizar quatro híbridos (IAC 112, IAC 125, Zélia e Jade), que resultaram dos trabalhos do IAC e da PIONEER, e três variedades (BRS

ANGELA, RS 20 e UFVM2-Barão Viçosa), recomendados por instituições nacionais (Pacheco et al., 2000; Sawazaki, 2001; Scapim et al., 2002; Cruz e Pereira Filho, 2007; Rangel et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009a). Todavia, essas cultivares ainda são irrelevantes para atender ao mercado brasileiro, não apenas devido ao maior consumo da pipoca em microondas, decorrente do aumento da renda *per capita* (IBGE, 2009; AGRIANUAL, 2010), mas também pelo cultivo regionalizado por produtores parceiros de cultivares produzidas no exterior e registradas no Brasil (Rangel et al., 2008).

Com base no banco de dados do Registro Nacional de Cultivares (RNC), designado *CultivarWeb*, no sítio eletrônico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), durante o período de 1998 a 2010, houve um total de 30 registros de cultivares de milho pipoca. Desses registros, apenas um (IAC-125) proveio do setor público; no caso, o do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), com a concessão efetivada em 13/04/2006. Vinte e nove registros tiveram procedência da iniciativa privada, com prevalência da Yoki Alimentos S/A, detentora de 18 registros.

Já em relação ao milho comum, houve, para o período de treze anos averiguado, 1.605 registros, dos quais 1.400 foram concedidos à iniciativa privada.

Os dados acima revelam que: i) há discrepância na intensidade de implementação de programas de melhoramento entre milho comum e milho pipoca, com menor intensidade para este último; ii) não há parceria público-privada atuando no melhoramento do milho pipoca; iii) a maioria das cultivares de milho pipoca registradas provieram do exterior e aqui foram registradas; iv) a iniciativa pública nacional tem pequena atuação em programas de melhoramento com a cultura do milho pipoca visando ao registro.

O único programa de melhoramento com a cultura, no Estado do Rio de Janeiro, é realizado pela UENF e teve início em 1998 (Pereira e Amaral Júnior, 2001). Atualmente, com a parceria de pesquisadores da EMBRAPA-Milho e Sorgo, UEM e UFV, o programa possui um banco de germoplasma com 40 acessos, incluindo materiais dos E.U.A., de vários países da América Latina e de diferentes regiões do Brasil (Oliveira et al., 2010).

A constituição de banco de germoplasma de milho pipoca é de fundamental importância para o melhoramento aplicado, uma vez que, segundo Kantely et al.

(1995), há reduzida base genética na cultura, por ter advindo, segundo os pesquisadores, apenas da forma *flint* de milho comum.

A despeito das controvérsias da evolução do milho pipoca, há diversos exemplos que constataam a estreita base genética deste tipo especial de milho. Oliveira et al. (2010), por exemplo, na avaliação da diversidade genética de 34 acessos de milho pipoca da UENF, por meio de marcadores ISSR, obtiveram a formação de, apenas, cinco grupos pelo método UPGMA, e o mais intrigante foi que cinco de sete materiais recomendados para diferentes regiões do Brasil reuniram-se em, apenas, um grupo. Assim, toda acuidade é necessária para evitar efeito endogâmico, em programas de melhoramento, sobretudo em geração avançada de seleção recorrente.

Nesse aspecto, Vilela et al. (2008), avaliando três ciclos iniciais de seleção recorrente intrapopulacional do programa de melhoramento de milho pipoca da UENF, por meio de marcadores RAPD, verificaram que não houve redução da base genética entre os ciclos da população sob seleção.

Os resultados de Vilela et al. (2008) corroboram que os ganhos genéticos dos ciclos avaliados não interferiram no estreitamento genético da população. Estudo posterior, implementado por Oliveira et al., (2010), por meio de marcador ISSR, mostrou que os ciclos  $C_0$  e  $C_1$  foram geneticamente mais afastados dos ciclos  $C_2$ ,  $C_3$  e  $C_4$ , de UENF-EXPLOSIVA. Isso revelou que, provavelmente, a distinção dos ciclos pode ser atribuída ao fato de que o avanço de ciclos ( $C_1$  para  $C_2$ ), por meio de famílias  $S_1$ , proporcionou os ganhos preditos mais expressivos favorecendo maior diferenciação na variabilidade genética em relação à geração anterior para as principais características. Nesse aspecto, para rendimento de grãos (RG), o ganho predito foi de 26,95% e para capacidade de expansão (CE) de 17,80%.

Nos ciclos seguintes, os ganhos foram, para CE e RG, respectivamente: 7,16% e 10,00%, em  $C_3$  (Santos et al., 2007); 8,50% e 10,55%, em  $C_4$  (Freitas Júnior et al., 2009a); e de 6,01% e 8,53% em  $C_5$  (Rangel, 2009).

Conforme Oliveira (2010), em particular à consecução do 5º ciclo de seleção recorrente com UENFV-EXPLOSIVA, Rangel (2009) obteve valores preditos de médias das progênies de irmãos-completos de 29,30 mL.g<sup>-1</sup> e de 2920,93 kg.ha<sup>-1</sup>, para capacidade de expansão e rendimento de grãos, respectivamente. Associando-se essas predições às respectivas herdabilidades

com base nas médias das parcelas com estimativas de 0,9680 e 0,6247, obtêm-se os ganhos absolutos de 2,77 mL.g<sup>-1</sup> e 219,41 kg.ha<sup>-1</sup>.

Isso revela uma situação promissora para a futura recomendação e registro de cultivar para o Norte e Noroeste Fluminense.

Por conseguinte, desenvolveu-se esta pesquisa com os seguintes intentos:

- i) obter famílias de irmãos-completos de populações derivadas do quinto ciclo (C<sub>5</sub>) de seleção recorrente de UENFV-EXPLOSIVA, bem como avaliar e recombinar as mesmas; e
- ii) estimar o progresso genético esperado, principalmente para rendimento de grãos e capacidade de expansão com a seleção de famílias de irmãos-completos de populações derivadas do quinto ciclo de seleção (C<sub>5</sub>) de UENFV-EXPLOSIVA, utilizando-se índice de seleção.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos etno-botânicos

O milho pipoca pertence à espécie *Zea mays* L. ssp. *mays* ( $2n=20$ ), à família Poaceae, sub-família Panicoideae, e tribo Maydeae. Quando comparadas ao milho comum, as plantas das populações de milho pipoca normalmente possuem porte menor, colmo mais fino e fraco, maior suscetibilidade a doenças, várias espigas por planta, menor número de folhas e tamanho reduzido do grão (semente), que pode ser redondo, chato ou pontudo (Zinsly e Machado, 1987). Tais plantas possuem, geralmente, um sistema radicular fasciculado e superficial, o que lhes confere pouca tolerância à seca (Goodman e Smith, 1987).

Em relação ao formato, tamanho e cor do grão, o milho pipoca apresenta alta variabilidade. Os tipos de maior aceitação comercial são os de grãos redondos, tipo pérola, e com endosperma alaranjado (Ziegler e Ashman, 1994). Segundo Zinsly e Machado (1987), o milho pipoca apresenta, em termos de comercialização, uma classificação de mercado do seguinte tipo: pipoca americana extra, pipoca americana especial, pipoca amarela extra, pipoca amarela especial. Essa classificação orienta o comércio das principais variedades de milho pipoca, já que existem outras variedades de aceitação local ou regional que são, também, comercializadas.

O milho pipoca difere dos outros tipos de milho devido à sua característica básica do pipocamento ou pipoqueamento (Zinsly e Machado, 1987; Paterniani e

Campos, 1999). A capacidade de expansão do milho pipoca compreende a razão entre o volume de pipoca expandida e o volume ou peso inicial dos grãos submetidos ao pipocamento (Lira, 1983; Guadagnin, 1996). O milho pipoca é capaz de estourar devido à presença de óleo e umidade no grão. Esse pericarpo, quando submetido à temperatura adequada, rompe-se e expõe o endosperma (Machado, 1980; Zinsly e Machado, 1987; Silva, 1993; Paes, 2006).

O melhoramento de plantas busca novos meios para a obtenção de variedades mais produtivas. Muitos programas de melhoramento têm se baseado no histórico da cultura para seleção de plantas, usando, para isso, estudos desenvolvidos sobre origem e evolução da espécie. Engels (2006) propalou que o centro de origem do milho seja Tehuacán, no México. Mas, apesar dos incontáveis estudos de diversas áreas, algumas controvérsias persistem até os dias de hoje, como é o caso sobre o parentesco entre milho (*Zea mays* ssp. *mays*), teosinte (*Zea mays* ssp. *mexicana*) e *Tripsacum*.

Assim como o milho comum, há, também, muito questionamento sobre a origem do milho pipoca. Existem autores que afirmam que o milho pipoca tenha tido como origem o milho comum do tipo *flint* (visto que o mesmo possui capacidade de estourar, mesmo que baixa). Já outros defendem que esta hipótese é pouco provável, pois o mais antigo exemplar de milho encontrado é o milho pipoca e a característica expansão possivelmente seja poligênica (Zinsly e Machado, 1987). Sawazaki (1995) cita estudos de retrocruzamento de progênie entre milho comum e milho pipoca, em que o genitor recorrente milho pipoca revelou recuperação da capacidade de expansão, o que demonstra ser essa característica de herança simples.

Em estudo com 52 acessos da coleção de germoplasma da UENF, incluindo milho pipoca, milho comum, milho farináceo, milho doce, teosinte e *Tripsacum*, Oliveira (2010), utilizando marcadores ISSR, verificou que: i) houve maior proximidade genética do teosinte com o milho comum e com o milho pipoca, em relação ao *Tripsacum*; e ii) *Tripsacum* compartilhou maior número de marcas com milho doce e milho pipoca do que com os demais tipos de milho comum.

Pelos resultados de Oliveira (2010), pode-se supor que o milho pipoca seja ancestral do milho comum, em decorrência da maior proximidade daquele com o milho pipoca. Sabe-se que o mais velho sabugo de milho foi encontrado em

Tehuacán, México (centro de origem e diversidade do milho), na década de 50 e datado com, aproximadamente, 7.000 anos (Galinat, 1979; Engels, 2006). Segundo Oliveira (2010), de acordo com Zinsly e Machado (1987), alguns autores mencionam que o mais antigo é o milho pipoca, visto que, em certas tumbas peruanas pré-históricas, havia utensílios de barro supostamente utilizados para o preparo de pipoca junto com sementes de milho pipoca. Além disso, a mais remota descoberta de milho foi do tipo pipoca, identificado em *Bat Cave*, Novo México, com data estimada em 2.500 a.C.

Quanto ao milho comum tipo dentado, as descrições mais antigas datam de 1.700 a.C., nos Estados Unidos da América. Estudos arqueológicos indicam que o milho dentado desta região é recente, apesar de ter sido encontrado tipo dentado na parte Central e Oeste dos Estados Unidos da América (Goodman, 1980; Wang et al., 1999; Oliveira, 2010).

Todavia, dúvidas persistem sobre a fidedigna evolução do milho, teosinte e *Tripsacum*.

## **2.2. Melhoramento do milho pipoca**

O melhoramento do milho pipoca, no Brasil, teve seu início em 1932, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Em 1941, foi lançada a primeira variedade nacional, a qual se originou de ciclos de seleção massal na população base *South American Mushroom* (SAM), derivada de *South American*, proveniente dos E.U.A. (Rangel et al., 2008).

Entretanto, somente no início dos anos 80, é que os trabalhos foram retomados no país, resultando no lançamento do híbrido simples modificado IAC-112, em 1988, proveniente da combinação de linhagens da variedade SAM com linhagens oriundas do híbrido inter-varietal Guarani x UFV Amarelo e, quase que ao mesmo tempo, do híbrido triplo Zélia, comercializado pela Pioneer (Scapim et al., 2002; Rangel et al., 2008).

Contudo, o milho pipoca não recebeu, no Brasil, a mesma atenção dispensada ao milho comum. Assim, pouco progresso foi obtido no seu melhoramento. Isso se deve ao número limitado de instituições e melhoristas envolvidos com essa cultura, sendo restrito a poucos pesquisadores de instituições oficiais (Freitas Júnior et al., 2009a; Silva et al., 2010).

Nos anos seguintes, poucos foram os materiais melhorados por programas desenvolvidos no Brasil; dentre esses, pode-se citar: IAC-112, da parceria com a empresa Hikari; IAC-125, um híbrido simples derivado do IAC-112, registrado em abril de 2006; a variedade de polinização aberta BRS Angela, oriunda de seleção recorrente no composto CMS-43 e que tem o inconveniente de apresentar grãos de cor branca; RS 20, desenvolvida pela FEPAGRO; e UFVM2-Barão Viçosa. Mais recentemente, um híbrido triplo, denominado Jade, foi disponibilizado pela Pioneer (Pacheco et al., 2000; Sawazaki, 2001; Scapim et al., 2002; Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2008; Cruz e Pereira Filho, 2009).

Apesar de o Brasil estar caminhando para a auto-suficiência no abastecimento de milho pipoca, a produção nacional tem sido obtida com sementes importadas de híbridos norte-americanos, aqui registrados, e usadas por empresas empacotadoras, como a Yoki Alimentos S.A., que estabelece acesso restrito de uso aos produtores parceiros da empresa. Como exemplares desses híbridos, têm-se: P 608, P 608 HT, P 618, P 621, P 625, AP 22217 HT, AP 2501, P 226 HT, AP 8201, P 802, AP 6002, AP 6002, AP 8202 e AP 4505 (Sawazaki, 2001; Sawazaki et al., 2003b).

Tendo em vista esse fato, o lançamento de materiais superiores por empresas públicas tem-se mostrado necessário ao país.

Zinsly e Machado (1987) relatam que todos os métodos aplicados para o melhoramento do milho comum podem, também, ser utilizados para o melhoramento do milho pipoca, tendo-se, porém, cuidado com a correlação negativa entre a produtividade e a capacidade de expansão. Todavia, o emprego de índices de seleção sobrepuja essa correlação negativa, permitindo ganhos simultâneos em ambas as características.

Segundo Pinto (2009), seleção recorrente é um sistema designado a aumentar, gradativamente, a frequência de alelos favoráveis para uma característica quantitativa, por meio de repetidos ciclos de seleção, sem perdas da variabilidade genética da população. Três etapas compõem a seleção recorrente, sendo elas: desenvolvimento de progênies; avaliação das progênies e recombinação das mesmas. Estas são conduzidas de forma cíclica até que se atinjam níveis satisfatórios de frequência de alelos favoráveis na população (Hull, 1945; Hallauer e Miranda Filho, 1988).

Há inúmeras variações no esquema de seleção recorrente. Segundo Paterniani e Miranda Filho (1987), a primeira utilização do cruzamento planta a planta foi realizada sem avaliação das progênes individuais. As sementes obtidas eram misturadas e cultivadas na próxima geração. As progênes de irmãos completos, durante a década de 80, eram obtidas da seguinte maneira: obtinham-se as progênes por meio de polinizações manuais, e, posteriormente, as sementes de cada cruzamento formavam uma família, a qual era avaliada em ensaios de produção. As progênes que, por acaso, sobressaíssem, nesses ensaios, eram, então, recombinadas através das sementes remanescentes de seus genitores, formando, assim, a população de primeiro ciclo de recombinação. Tal processo é, ainda, utilizado nos dias atuais, com sucesso.

No Brasil, tanto para milho comum quanto para milho pipoca, a quase totalidade das estratégias de seleção recorrente utilizadas envolve a seleção de famílias de meios-irmãos, por ser menos trabalhosa (Freitas Júnior et al., 2009a; Rangel, 2009; Amaral Júnior et al., 2010). As estratégias variam se a seleção é feita entre ou entre e dentro de famílias de meios-irmãos (Scapim et al., 2002; Viana, 2007; Pinto, 2009). Todavia, a seleção entre famílias de irmãos-completos é um dos métodos que tem proporcionado excelentes resultados, podendo ser utilizado no melhoramento de milho pipoca (Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009a; Amaral Júnior et al., 2010).

Quanto às intensidades de seleção, embora percentuais tenham sido recomendados, Vilela et al. (2008) confirmaram o propalado por Hallauer e Miranda Filho (1998), de que o mais importante não é um valor percentual e sim um valor absoluto, para evitar estreitamento genético na população sob seleção. Segundo esses autores, o ideal é selecionar entre 30 a 40 progênes.

Mais recentemente, tem sido averiguada a perspectiva de sucesso da seleção recorrente recíproca em milho pipoca. Nesse aspecto, Faria et al. (2008), com o objetivo de avaliar a eficiência da seleção recorrente recíproca em produzir híbridos de milho-pipoca (*Zea mays*) de progênes endógamas superiores, com famílias de irmãos-completos, concluíram que o método de seleção recorrente recíproca foi eficiente em produzir híbridos  $S_1 \times S_1$  superiores aos  $S_0 \times S_0$ .

### **2.3. Melhoramento da população UENFV-EXPLOSIVA**

O programa de melhoramento de milho pipoca da UENF iniciou com uma variedade de polinização aberta, denominada UNB-2U (ora designada UENFV-EXPLOSIVA), originada de dois ciclos de seleção massal de UNB-2, em Campos dos Goytacazes, R.J. A população UNB-2 adveio de seleção em um composto indígena doado à UNB (Brasília) pela ESALQ/USP. Desse procedimento, obteve-se a população UNB-1, a qual foi cruzada com a variedade de milho pipoca Americana. As progênies do referido cruzamento foram selecionadas e cruzadas com uma variedade de milho pipoca de grãos amarelos e com resistência a *Exserohilum turcicum* (helminthosporiose). Decorridos dois ciclos de seleção massal, a população obtida conferia resistência, produtividade superior e grãos amarelos. Após três retrocruzamentos com a variedade Americana, foi obtida a população UNB-2U (hoje UENFV-EXPLOSIVA) (Pereira e Amaral Júnior, 2001).

Segundo Pereira e Amaral Júnior (2001), na etapa seguinte do programa, foram utilizadas progênies de meios-irmãos e irmãos-completos da população UNB-2U (UENFV-EXPLOSIVA), obtidas através de plantas  $S_0$  como genitores, por meio de cruzamentos ao acaso com quatro plantas da população UNB-2U (UENFV-EXPLOSIVA), com um coeficiente de endogamia igual a zero ( $F=0$ ), conforme sistema de acasalamento descrito por Comstock e Robinson (1948), também relatado como Delineamento I (Hallauer e Miranda Filho, 1988).

Com base nos resultados do uso do Delineamento I, os maiores ganhos com UNB-2U foram previstos por percentuais de 9,42% para rendimento de grãos e de 27,09% para capacidade de expansão no uso da estratégia de famílias de irmãos-completos; e de 7,93% para produção de grãos e 19,54% para capacidade de expansão em seleção recorrente com famílias  $S_1$  (Pereira e Amaral Júnior, 2001).

O primeiro ciclo de seleção recorrente na população UNB-2U (aqui designada UENFV-EXPLOSIVA  $C_1$ ) foi implementado por Daros et al. (2002). Um total de 75 famílias de irmãos-completos foi obtido e avaliado em dois ambientes (Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ), em experimentos em blocos ao acaso com duas repetições dentro de sets, em que foi predito progresso genético de 10,39% para capacidade de expansão e 4,69% para rendimento de grãos.

Daros et al. (2004b), dando continuidade ao programa de melhoramento, implementaram o segundo ciclo de seleção na população UNB-2U (ora UENFV-EXPLOSIVA  $C_2$ ), fazendo uso de 222 famílias endogâmicas  $S_1$ . Foram

selecionadas as famílias superiores com base no índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943), que revelaram ganhos preditos de 26,95% para rendimento de grãos (RG) e de 17,80% para capacidade de expansão (CE).

Por conseguinte, Santos et al. (2007) verificaram a possibilidade de ganhos genéticos de 7,16% para capacidade de expansão e 10,00% para rendimento de grãos, com o emprego do índice de Mulamba e Mock (1978), ao conduzirem o terceiro ciclo de seleção recorrente na população UNB-2U (UENFV-EXPLOSIVA C<sub>3</sub>) de milho pipoca. Novamente foi detectada suficiente variabilidade genética a ser explorada em ciclos futuros. Nesse ciclo, foram obtidas e avaliadas 192 famílias de meios-irmãos.

O quarto ciclo de seleção recorrente na população UNB-2U (UENFV-EXPLOSIVA C<sub>4</sub>) foi conduzido por Freitas Júnior et al. (2009a), no qual foram utilizadas 200 famílias de irmãos-completos. Com base no índice de Mulamba e Mock (1978), os autores verificaram a possibilidade de progressos genéticos de 8,50% para capacidade de expansão (CE) e 10,55% para rendimento de grãos (RG).

Rangel (2009), na condução do quinto ciclo de seleção recorrente (UENFV-EXPLOSIVA C<sub>5</sub>), obteve média das famílias de irmãos-completos avaliadas com magnitude de 26,27 mL.g<sup>-1</sup> para a capacidade de expansão (CE) e de 2.569,70 kg.ha<sup>-1</sup> para rendimento de grãos (RG), totalizando um ganho real de 4,83% e 7,34%, para CE e RG, respectivamente. Esses resultados ratificam o progresso genético da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca.

Com base nos resultados alcançados, a expectativa é de que, após o sexto ciclo, resulte nova variedade com maior concentração de alelos favoráveis, possibilitando recomendação aos produtores rurais do Norte e Noroeste Fluminense.

#### **2.4. Aspectos econômicos**

No contexto nacional, o agronegócio tem relevante importância para o PIB, com participação média de 24,5%, nos últimos dez anos (CEPEA, 2009).

Um dos destaques do agronegócio é o milho comum, cuja produção total estimada para a safra 2009/2010 foi de 50,2 milhões de toneladas (AGRIANUAL,

2010). Para cultura do milho pipoca, há carência de informações, tanto sobre área plantada, quanto em relação à produção e quantidade importada (Freitas Júnior et al., 2009a).

Apesar da falta de informações a respeito, o consumo de milho pipoca, no Brasil, é bastante relevante. Um consumo de 80 mil toneladas era estimado na década de 90, e o país importava 75% dessa demanda (Galvão et al., 2000). Essa elevada taxa de importação se deve à limitação de cultivares no país, isto é, híbridos e variedades que apresentem boa produtividade e qualidade da pipoca (Brugnera et al., 2003).

Com relação ao potencial econômico do milho pipoca em comparação ao milho comum, no primeiro semestre de 2009, o milho pipoca nacional estava cotado a R\$ 1,82 o kg, correspondendo a R\$ 54,60 a saca de 30 kg (AGRIANUAL, 2010). Em contrapartida, no mesmo período, o kg de milho comum era comercializado a R\$ 0,38, sendo a saca de 60 kg comercializada a R\$ 22,80 (AGRIANUAL, 2010). Esse fato demonstra o elevado potencial do milho pipoca a ser explorado na agricultura brasileira.

O milho pipoca importado era cotado a R\$ 2,40 o kg, correspondendo a R\$ 60,00 a saca de 25 kg, de acordo com a CEASA-Campinas (2009).

Não se pode negar que a recomendação de novas cultivares de milho pipoca para os agricultores das regiões Norte e Noroeste Fluminense é importante, vez que a cultura constitui-se em relevante opção para os agricultores, favorecendo o surgimento de empresas beneficiadoras de grãos, o que ajudará a impulsionar a cadeia produtiva da cultura.

## **2.5. Índice de seleção e aplicação no melhoramento de *Zea mays***

No melhoramento de culturas como o milho pipoca, a utilização dos índices de seleção são ferramentas de grande valia para o melhorista. Tais índices são técnicas multivariadas que unem as informações relativas a várias características de interesse agrônomo com as propriedades genéticas da população avaliada (Cruz et al., 2004).

Um valor numérico pode ser criado através dos índices de seleção, funcionando como um dado adicional e teórico, em que o melhorista combina

determinadas características sobre as quais se deseja proceder à seleção simultânea.

Com o intuito de selecionar, simultaneamente, duas ou mais características correlacionadas, foi proposta, nos programas de melhoramento de plantas, a utilização do índice de Smith (1936). Hazel (1943) adaptou essa metodologia ao melhoramento animal.

O uso dos índices de seleção tem valor de relevo em programas de melhoramento de milho pipoca, pois possibilita sobrepujar a correlação negativa entre as duas principais características de interesse econômico da cultura, a capacidade de expansão e a produção de grãos (Granate et al., 2002; Daros et al., 2004a; Santos et al., 2007; Freitas Júnior et al., 2009a; Amaral Júnior et al., 2010).

O Programa de Melhoramento de Milho pipoca da UENF tem-se utilizado das vantagens dos índices de seleção. O índice de Smith (1936) e Hazel (1943) foi empregado por Daros et al. (2004a), na seleção das famílias superiores no segundo ciclo de seleção recorrente de UNB-2U.

Avaliando a população de milho CMS-43, Granate et al. (2002) obtiveram sucesso na utilização do índice de Smith (1936) e Hazel (1943) na predição de progresso desejado nas características altura de planta, produção e capacidade de expansão, quando utilizaram pesos obtidos aleatoriamente por tentativas.

O método de seleção direta e indireta (resposta correlacionada), segundo Marques (2000), não possibilitou ganhos simultâneos nessas características, sendo a utilização de índices de seleção o mais indicado.

Foram estimados por Daros et al. (2002), ganhos de 10,39% e 4,69% para capacidade de expansão e produção de grãos, respectivamente, no primeiro ciclo de seleção recorrente da população de milho pipoca UNB-2U (UENFV-EXPLOSIVA C<sub>1</sub>), fazendo uso da seleção direta para recombinação de progênes superiores de primeiro ciclo de seleção. Essas magnitudes são inferiores às preditas por Daros et al. (2004b), para recombinação do segundo ciclo de seleção recorrente (17,80% e 26,95%, respectivamente), utilizando-se o índice de seleção de Smith (1936) e Hazel (1943).

Em sequência, Santos et al. (2007) empregaram, além do índice de Smith (1936) e Hazel (1943), os índices de Williams (1962), Pesek e Baker (1969) e Mulamba e Mock (1978). Os autores concluíram que o índice de Mulamba e Mock

(1978) foi o que permitiu a predição de ganhos em maior número de características; em relação à capacidade de expansão (CE) e rendimento de grãos (RG), foi o índice que proporcionou ganhos superiores aos demais índices.

Freitas Júnior et al. (2009a), na condução do ciclo C<sub>4</sub> de seleção recorrente na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, utilizaram os índices: i) Mulamba e Mock (1978); ii) Smith (1936) e Hazel (1943); iii) Pesek e Baker (1969); e iv) Williams (1962). O índice Mulamba e Mock foi o que proporcionou os melhores resultados, em que foram obtidos os valores preditos de 8,50% e 10,55%, respectivamente, para RG e CE.

No ciclo C<sub>5</sub>, conduzido por Rangel (2009), também foram utilizados os índices de Smith (1936) e Hazel (1943), Williams (1962), Pesek e Baker (1969) e Mulamba e Mock (1978). Os resultados mais promissores foram obtidos utilizando-se o índice de Mulamba e Mock (1978), em que os ganhos preditos para RG e CE, foram, respectivamente, de 8,53% e 6,01%.

A base do índice de Mulamba e Mock (1978) é a soma de *ranks* e consiste em classificar os genótipos em relação a cada uma das características, em ordem, conforme o interesse do melhorista. Estando classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada característica, originando uma medida adicional tomada como índice de seleção (Cruz et al., 2004).

De acordo com Freitas Júnior et al. (2009b), o uso de índices de seleção permitiu a obtenção de ganhos simultâneos para capacidade de expansão e rendimento de grãos na população UENF de milho pipoca. A seleção das 30 famílias superiores foi realizada com base no índice de Mulamba e Mock (1978) e produziu os maiores ganhos preditos, de 10,55% para capacidade de expansão e 8,50% para produção. Nesse contexto, o índice de Mulamba e Mock (1978) foi o mais recomendado com base na seleção das 30 famílias de irmãos-completos.

Com base no índice de Mulamba e Mock (1978), Rangel (2009) obteve ganhos de 8,53% e 6,01% para rendimento de grãos e capacidade de expansão na avaliação de 200 famílias de irmãos-completos do ciclo C<sub>5</sub> da população UENFV-EXPLOSIVA.

Com o intento de selecionar progênes S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> com elevado rendimento de grãos e capacidade de expansão, Vilarinho et al. (2002) aconselharam o emprego do índice de Mulamba e Mock (1978) para a seleção de 30 progênes para melhoramento intrapopulacional.

O índice no qual os pesos econômicos relativos às várias características em estudo podem ser substituídos pelos “ganhos genéticos desejados” pelo melhorista para cada característica foi proposto por Pesek e Baker (1969). Por isso, essa proposta de índice é considerada como índice com base nos ganhos desejados.

Utilizando o índice Pesek e Baker (1969), Freitas Junior et al. (2009b), averiguaram ganhos simultâneos preditos de 7,99% para rendimento de grãos e 10,75% para capacidade de expansão, na avaliação de 200 famílias de irmãos-completos do ciclo  $C_6$  da população UENFV-EXPLOSIVA. O desvio-padrão genotípico foi utilizado como peso econômico.

Um índice que dispensa as estimativas de variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas foi alvitado por Williams (1962). O índice é, assim, estabelecido pela combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, as quais são ponderadas, diretamente, pelos seus respectivos pesos econômicos.

Cardoso et al. (2003), com o propósito de comparar ganhos genéticos preditos utilizando diferentes índices para a seleção simultânea de quatro características em três populações de milho doce, constataram que os maiores ganhos foram preditos pelo índice de Williams (1962).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Locais de instalação dos experimentos

A execução dos experimentos iniciou-se em março de 2009, no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, no município de Campos dos Goytacazes, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, localizado a 21° 45' de latitude sul e 41° 20' W de longitude e a 11 m de altitude (Oliveira, 1996), classificado como tropical chuvoso, clima de bosque com uma precipitação média anual de 1023 mm. Possui evapotranspiração potencial de 1601 mm anuais e temperatura média anual de 23° C (Koeppen, citado por Ometto, 1981). O outro experimento foi implementado na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, em Itaocara, Rio de Janeiro, localizada na Região Noroeste Fluminense, localizado a 21° 39' 12" de latitude sul e 42° 04' 36" W de longitude e a 60 m de altitude, com temperatura média anual de 22,5° C e precipitação média anual de 1041 mm. A distância entre as localidades é de 117 km.

As análises químicas dos solos, para os dois ambientes, foram realizadas pela empresa Fundenor (Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional).

Tabela 1 – Ambiente, ano agrícola e localização dos ensaios experimentais.

Ambiente	Ano Agrícola	Localidade
1	2009/2010	Colégio Agrícola – Campos dos Goytacazes
2	2009/2010	PESAGRO-RIO – Itaocara

A classificação da estrutura morfológica (Santos et al., 2009), de acordo com o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) em paralelo com o Mapa de Solos do Estado do Rio de Janeiro, está disponibilizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação morfológica e análises químicas dos solos dos cinco ambientes estudados.

Ambientes	Classificação Morfológica	Análises Químicas		
		CTC <sup>1/</sup>	SB <sup>2/</sup>	V <sub>(%)</sub> <sup>3/</sup>
1	Alítico	60,0	13,90	23
2	Distrófico e Sódico	45,50	12,70	28

<sup>1/</sup> CTC - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0, em mmol/dm<sup>3</sup>; <sup>2/</sup> SB – Soma de Bases Trocáveis, em mmol/dm<sup>3</sup>; <sup>3/</sup> V<sub>(%)</sub> – Índice de Saturação de Bases, em porcentagem.

### 3.2 Obtenção de Progênies e Tratos Culturais

O método utilizado foi a seleção recorrente entre famílias de irmãos-completos.

Para composição deste experimento foi semeada, em março de 2009, uma amostra da população UENFV-EXPLOSIVA, de quinto ciclo de seleção recorrente. Como espaçamento, utilizaram-se linhas de 5,00 m de comprimento, espaçadas em 0,90 m, com 25 plantas distanciadas em 0,20 m uma da outra, com o uso de três sementes por cova, à profundidade de 0,05m. Aos 21 dias, após a emergência, realizou-se o desbaste, deixando uma planta por cova.

A adubação, no plantio, foi de 350 kg.ha<sup>-1</sup> de N-P-K, da formulação 04-14-08, de acordo com a análise de solo, e, aos 30 dias após a emergência, mais 60 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio foi aplicado em cobertura, na forma de sulfato de amônio. Os tratos culturais foram realizados, sempre que necessários, de acordo com as recomendações para a cultura (Sawazaki, 2001).

Semearam-se 300 linhas compostas da mistura das sementes recombinadas do quinto ciclo de seleção recorrente para obtenção das progênes de irmãos-completos. O seguinte procedimento foi adotado na obtenção de tais progênes: enumeraram-se as fileiras e as plantas de cada fileira para facilitar a identificação dos cruzamentos que seriam feitos aos pares. As espigas foram cobertas com sacolas de plástico antes de liberar os estilo-estigmas, para evitar contaminação. Tal procedimento foi realizado no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em março de 2009.

Ao mesmo passo, foram verificados os pares que estavam aptos para se fazer os cruzamentos. Neste instante, cobriram-se os pendões de forma que não ocorresse contaminação por pólen estranho, identificando para o cruzamento, o número das linhas e o número de cada planta no saco de papel *Kraft* com caneta contendo tinta resistente, para que a identificação não se apagasse. Esse cuidado de cobrir os pendões se faz necessário, visto que o pólen perde sua viabilidade após oito horas (Goodman e Smith, 1987); dessa forma, qualquer pólen viável que se encontre dentro do saco de papel, no dia seguinte, só poderá ter sido proveniente do pendão coberto. No outro dia, após cobertura dos pendões, foram feitos os cruzamentos. Desse procedimento, foram obtidas 200 famílias com duas espigas de irmãos-completos de cada família.

Em prosseguimento, as 200 famílias de irmãos-completos foram avaliadas em ensaios, em Campos dos Goytacazes e em Itaocara, respectivamente Norte e Noroeste Fluminense.

### **3.3 Avaliação e seleção entre progênes em ensaio de competição**

Foram incluídas, na avaliação das 200 famílias de irmãos-completos e para fins de comparação, as populações UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>0</sub>, UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>1</sub>, UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>2</sub>, UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>3</sub>, UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>4</sub>, UENFV-EXPLOSIVA-C<sub>5</sub>, as variedades BRS Angela, da EMBRAPA-CNPMS e a RS 20, da FEPAGRO-RS. Os plantios foram realizados em 30 de outubro de 2009, em Itaocara (Estação Experimental da PESAGRO-RIO, na Ilha do Pomba), e em 11 de novembro de 2009, em Campos dos Goytacazes (Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo), no delineamento em

blocos casualizados com repetições dentro de *sets*. Foram utilizados oito *sets* com duas repetições, sendo que cada *set* conteve 33 tratamentos, ou seja, 25 famílias de irmãos-completos e oito testemunhas. As populações incluídas como testemunhas têm como objetivo avaliar, comparativamente, os ciclos da população UENFV-EXPLOSIVA.

O espaçamento utilizado foi de linhas de 5,00 m de comprimento, espaçadas em 0,90 m, com 25 plantas distanciadas em 0,20 m uma da outra, semeando-se três sementes por cova, à profundidade de 0,05 m, sendo que, aos 21 dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova, totalizando uma população de 55.555 plantas por hectare. A adubação, no plantio, foi realizada de acordo com análise de solo. A adubação de cobertura foi realizada cerca de 30 dias após o plantio. Os tratos culturais foram realizados conforme as necessidades da cultura.

Foram avaliadas as seguintes características: altura média de planta (AP) em cm; altura média de inserção da primeira espiga (AE) em cm; proporção de plantas acamadas (NPA); proporção de plantas quebradas (NPQ); estande final (NP); prolificidade (número médio de espigas por planta) (NE); rendimento de grãos (RG) em  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ; peso médio de espiga (PE) em  $\text{Kg.ha}^{-1}$ ; proporção de espigas doentes (ED), proporção de espigas atacadas por pragas (EP), empalhamento (EMP); número médio de dias para florescimento (FLOR); massa de 100 grãos (M100) em g; e capacidade de expansão dos grãos (CE) em  $\text{mL.g}^{-1}$ .

Para altura média da planta, mediu-se, em cm, a distância do nível do solo à inserção da folha bandeira, logo após o pendoamento, de dez plantas competitivas. Já para altura média da espiga, procedeu-se à quantificação da distância, em cm, do nível do solo à base de inserção da primeira espiga, de dez plantas competitivas.

A percentagem de plantas acamadas foi obtida, visualmente, pela relação entre o número de plantas acamadas na parcela e o estande final. As plantas que estiveram com ângulo de inclinação superior a  $45^{\circ}$ , em relação à vertical, no momento da colheita, foram consideradas plantas acamadas. A percentagem de plantas quebradas foi obtida pela relação entre o número de plantas quebradas na parcela e o estande final. Foram consideradas plantas quebradas aquelas que estavam com o colmo quebrado, abaixo da espiga superior, no momento da colheita.

O número de plantas na parcela, no momento da colheita, foi considerado o estado final. A contagem do número de espigas colhidas em cada parcela forneceu a prolificidade. O rendimento de grãos foi determinado por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expresso em  $\text{Kg.ha}^{-1}$ .

O peso médio de espiga foi obtido depois da colheita por pesagem das espigas despalhadas, em  $\text{kg.parcela}^{-1}$  e, posteriormente, foi transformado para  $\text{kg.ha}^{-1}$ . O número médio de espigas doentes foi obtido pela contagem do número de espigas doentes por parcela dividindo-se pelo número total de plantas da parcela. O número médio de espigas atacadas por pragas foi expresso da mesma forma que para o número de espigas doentes.

O empalhamento foi quantificado pelo número de espigas mal empalhadas por parcela. A média do número de dias para o florescimento foi obtida pela quantificação do período compreendido entre o plantio e a liberação dos estilos de 50% das plantas da fileira.

A massa média de 100 grãos foi quantificada em balança com duas casas decimais, tomando-se 100 grãos, aleatoriamente, de plantas distintas de cada parcela.

A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, fazendo uso de microondas PANASONIC, modelo NN-S65BH, com tempo de pipocamento de 2,5 minutos.

### 3.4. Teste de Shapiro-Wilk (1965)

Tendo como uma premissa da realização da análise estatística a verificação da normalidade das características avaliadas, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (1965) a fim de se retirar das análises as características que não apresentassem normalidade em seus dados.

O método de Shapiro-Wilk (1965) tem como resultado o valor favorecido pela estatística  $W$ , podendo variar de 0 a 1, e a probabilidade (p-valor) que descreve a hipótese da normalidade também varia de 0 a 1.

Segundo Cordeiro (1987), a estatística  $W$  do teste de Shapiro-Wilk é

expressa por: 
$$W = \frac{\left\{ \sum_{i=1}^n a_i z(i) \right\}^2}{\left\{ \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \right\}}$$

Em que:  $z(1) \leq z(2) \leq \dots \leq z(n)$  são os dados ordenados, em ordem crescente e os  $a_i$ 's são constantes tabuladas com nível de significância para  $W$ .

O procedimento para aplicação do teste de normalidade de Shapiro-Wilk (1965) segue os seguintes passos:

- i) ordenam-se as observações amostrais ( $n$ ) em ordem crescente;
- ii) calcula-se a soma do quadrado do erro associado à amostra:

$$\left\{ \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \right\};$$

- iii) calcula-se o valor de  $k$ , quando  $n$  é par, ou seja,  $k = 2n$ , quando  $n$  é ímpar,  $k = 2n + 1$ , em seguida encontra-se o valor de:

$$\left\{ \sum_{i=1}^k a_i z(i) \right\};$$

Os valores de  $a_i$ 's são obtidos em tabelas especiais. Quando o número de observações é ímpar, o valor da mediana não entra nos cálculos;

- iv) calcula-se a estatística  $W$  e compara-se o valor encontrado com o valor obtido em tabelas, caso  $W < W_{\text{tab}}$ ; o teste rejeita a hipótese de nulidade, indicando a normalidade das observações. Sendo que na hipótese de nulidade,  $H_0$  há distribuição normal e  $H_a$  não há distribuição normal.

### 3.5. Análise estatística

A análise de variância dos dados das características foi realizada de acordo com o modelo estatístico  $Y_{ijkl} = \mu + A_i + S_j + AS_{ij} + R/AS_{ijk} + F/S_{jl} + AF/S_{ijl} + \xi_{ijkl}$ , em que  $\mu$  é a média,  $A_i$  é o efeito fixo do  $i$ -ésimo ambiente,  $S_j$  é o efeito do  $j$ -ésimo set,  $AS_{ij}$  é o efeito da interação entre ambientes e sets,  $R/AS_{ijk}$  é o efeito da  $k$ -ésima repetição dentro da interação entre o  $i$ -ésimo ambiente e o  $j$ -ésimo set,  $F/S_{jl}$  é o efeito aleatório da  $i$ -ésima família dentro do  $j$ -ésimo set,  $AF/S_{ijl}$  é o efeito da interação de ambientes e famílias dentro do  $j$ -ésimo set, e  $\xi_{ijkl}$  é o erro experimental (Hallauer e Miranda Filho, 1988).

As esperanças dos quadrados médios das fontes de variação relativas ao modelo estatístico usado estão presentes na Tabela 3. Todas as fontes de variação, com exceção de ambiente, foram consideradas aleatórias.

No procedimento analítico os *sets* foram agrupados nos dois ambientes, para posteriormente ser realizada a análise.

Com base no modelo proposto, os dados das características foram utilizados em análise de variância, empregando-se o Programa SAS® (SAS 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA).

Tabela 3 – Análise de variância e esperança dos quadrados médios.

FV	GL	QM	E(QM)	Teste F
Ambientes (A)	a - 1	$QMA$	$\sigma^2 + fr\theta\sigma_{AS}^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2 + fsr\phi_A$	$\frac{QMA}{QMAxS}$
Sets (S)	s - 1	$QMS$	$\sigma^2 + ar\sigma_{F/S}^2 + far\sigma_S^2$	$\frac{QMS}{QMF / S}$
A x S	(a - 1)(s - 1)	$QMAxS$	$\sigma^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2 + fr\sigma_{AS}^2$	$\frac{QMAxS + QMR}{QM(AxF) / S + QM(R) / AxS}$
Repetições (R)/ A x S	as (r - 1)	$QM(R) / AxS$	$\sigma^2 + f\theta\sigma_{R/AS}^2$	$\frac{QM(R) / AxS}{QMR}$
Famílias (F)/ S	s (f - 1)	$QMF / S$	$\sigma^2 + ar\sigma_{F/S}^2$	$\frac{QMF / S}{QMR}$
(A x F)/ S	s (a - 1)(f - 1)	$QM(AxF) / S$	$\sigma^2 + r\theta\sigma_{AF/S}^2$	$\frac{QM(AxF) / S}{QMR}$
Resíduo	as (f - 1)(r - 1)	$QMR$	$\sigma^2$	
Total	(afrs) - 1			

Em que:

$$\phi_A = \frac{\sum A_i^2}{a-1} \text{ e } \theta = \frac{a}{a-1} \text{ (Cruz, 2005).}$$

### 3.6. Componentes genéticos, fenotípicos e de ambiente

#### 3.6.1. Estimador da variância genotípica entre famílias

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{QMF/S - QMR}{ar},$$

em que:

$QMF/S$  = quadrado médio de Famílias dentro de Sets;

$QMR$  = quadrado médio do resíduo;

$a$  = número de ambientes; e

$r$  = número de repetições.

#### 3.6.2. Estimador da variância fenotípica entre famílias

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{QMF/S}{ar}$$

#### 3.6.3. Estimador da variância média residual

$$\hat{\sigma}_R^2 = QMR$$

#### 3.6.4. Estimador da variância da interação genótipo *versus* ambiente

$$\hat{\sigma}_{GA}^2 = \frac{QM(AxF)/S - QMR}{r} \cdot \frac{a-1}{a},$$

em que:

$QM(FxA)/S$  = quadrado médio da interação Famílias *versus* Ambiente dentro de Sets.

#### 3.6.5. Herdabilidade percentual com base na média de famílias

$$h_x^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{\hat{\sigma}_F^2} = \frac{QMF/S - QMR}{QMF/S} \times 100$$

### 3.6.6. Estimador do índice de variação

$$\hat{I}_v = \frac{CVg}{CVe},$$

em que:

$CVg$  = Coeficiente de Variação Genético; e

$CVe$  = Coeficiente de Variação Experimental.

### 3.7 *Boxplot*

Foram obtidos os *boxplots* para a população avaliada, população selecionada e testemunhas. A população avaliada consistiu-se de 200 genótipos, a população selecionada constituiu-se de 30 genótipos selecionados da população avaliada e as testemunhas constituíram-se de 8 genótipos.

Para confecção dos *boxplots* foi utilizado o programa SigmaPlot (2006).

### 3.8. Índice de seleção

Utilizou-se o índice de Mulamba e Mock (1978), em virtude de suas características e adequação aos propósitos do melhoramento da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca do segundo ao sexto ciclo de seleção recorrente.

No índice de seleção, foram utilizados como pesos econômicos: o desvio-padrão genotípico, o coeficiente de variação genotípico, o índice de variação, a estimativa da herdabilidade e os pesos atribuídos por tentativas.

A seleção das progênes superiores com base em índices de seleção foi realizada, empregando-se os recursos computacionais do programa Genes (Cruz, 2006).

#### 3.8.1. Índice de Mulamba e Mock (1978)

Este índice consiste em classificar as famílias de irmãos-completos em relação a cada uma das quatorze características avaliadas, em ordem favorável

ao melhoramento. Dessa classificação, resulta uma medida adicional tomada como índice de seleção, dada pela soma das ordens de cada família referente a cada característica (Cruz et al., 2004).

O índice de Mulamba e Mock (1978) hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio de atribuição de valores mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos *ranks* que assinala a classificação dos genótipos.

### **3.9. Recombinação das progênies selecionadas**

As sementes remanescentes das famílias de irmãos-completos selecionadas foram utilizadas para a recombinação e formação da população a ser submetida a novo ciclo de seleção recorrente. A recombinação das melhores famílias ocorreu em janeiro de 2011.

A recombinação constituiu-se do plantio das 30 progênies de irmãos-completos correspondentes às progênies selecionadas das melhores famílias de irmãos-completos, as quais constituirão o sexto ciclo de seleção recorrente. O local do plantio foi a Escola Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes-RJ.

A disposição das linhas foi em fileiras de 6,00 metros de comprimento, espaçadas 1,00 metro uma da outra, com 15 plantas distanciadas em 0,40 m entre si. Todos os tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultura (Sawazaki, 2001).

As espigas foram previamente cobertas, ou seja, antes de liberarem os estilo-estigmas, utilizando sacolas de plástico especial para tal fim. As polinizações foram realizadas manualmente.

O esquema utilizado para a recombinação foi o seguinte: assim que observado que as espigas estavam aptas para o cruzamento, ou seja, espigas com emissão do estilo-estigma, que pudessem ser polinizadas, foi realizada, então, a preparação dos pendões, que consistiu em cobrir os mesmos que se encontravam em fase inicial de liberação de grãos de pólen com sacola *kraft*, considerando-se essa fase quando os pendões estavam com 1/3 ou menos das

anteras abertas. No dia seguinte, foram colhidos os grãos de pólen de todos os pendões preparados anteriormente, que foram misturados, e formaram, assim, uma única amostra. Essa amostra de grãos de pólen foi, então, utilizada para polinizar todas as espigas receptivas, excetuando-se aquelas cujas plantas forneceram os grãos de pólen.

Em cada fileira, foram polinizadas, no mínimo, oito espigas, as quais foram debulhadas e as sementes misturadas, formando a população que dará origem ao sexto ciclo de seleção recorrente de UENFV-EXPLOSIVA.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise de Variância Conjunta

Pelo teste de Shapiro-Wilk (1965), verificou-se que as características número médio de espigas mal empalhadas (EMP), número médio de plantas acamadas (NPA), número médio de espigas atacadas por pragas (EP), média de dias para florescimento (FLOR), número médio de espigas doentes (ED) e número médio de plantas quebradas (NPQ) não seguiram distribuição normal. Essas características foram, então, submetidas à transformação por meio da equação  $X_j = \sqrt{X_i + 0,5}$ , sendo  $X_j$  = variável transformada e  $X_i$  = variável original; a fim de obter a normalização. Mesmo após a transformação dos dados, as características EMP, NPA, EP e FLOR não seguiram distribuição normal e, portanto, foram excluídas da análise de variância.

Pela análise de variância, apenas não foram verificadas diferenças significativas pelo teste F em nível de 1 e 5% de probabilidade para as características número médio de espigas doentes (ED) e capacidade de expansão (CE) em relação à fonte de variação Ambiente (Tabela 4). Para as demais características, a significância demonstra que os ambientes foram suficientemente distintos para promover diferenças entre as características avaliadas. Esse resultado também ratifica a representatividade dos municípios Campos dos Goytacazes e Itaocara, enquanto locais distintos para a avaliação de

progênies em seleção recorrente, bem como genótipos em ensaios de comparação de desempenho agrícola.

Tabela 4 – Estimativas dos quadrados médios, das médias e dos coeficientes percentuais de variação experimental de dez características avaliadas em 200 famílias de irmãos-completos na avaliação de progênies para obtenção do sexto ciclo de seleção recorrente na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2010.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1/</sup>				
		NP	NPQ	AP	AE	NE
Ambiente (A)	1	2184,61 <sup>**</sup>	105,53 <sup>**</sup>	380206,45 <sup>**</sup>	142597,87 <sup>**</sup>	1335,01 <sup>**</sup>
Set (S)	7	14,28 <sup>**</sup>	2,61 <sup>**</sup>	294,94 <sup>ns</sup>	730,47 <sup>**</sup>	116,96 <sup>**</sup>
A x S	7	5,28 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>**</sup>	3084,07 <sup>**</sup>	1259,73 <sup>**</sup>	195,39 <sup>**</sup>
Repetição (R)/A x S	16	17,98 <sup>**</sup>	2,56 <sup>**</sup>	2360,96 <sup>**</sup>	735,92 <sup>**</sup>	183,10 <sup>**</sup>
Famílias (F)/ S	192	6,49 <sup>*</sup>	0,73 <sup>**</sup>	559,54 <sup>**</sup>	342,45 <sup>**</sup>	77,52 <sup>**</sup>
(A x F)/ S	192	5,38 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	229,26 <sup>*</sup>	121,64 <sup>ns</sup>	19,94 <sup>ns</sup>
Resíduo	384	5,09	0,36	183,35	111,88	27,17
Média		24,25	1,81	206,21	120,90	29,32
CVe (%)		4,65	16,64	3,28	4,37	8,89

<sup>1/</sup> NP = número médio de plantas por parcela; NPQ = número médio de plantas quebradas; AP = altura média de planta em cm; AE = altura média de inserção da primeira espiga em cm; NE = número médio de espigas.

<sup>\*\*</sup> = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

<sup>\*</sup> = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e

<sup>ns</sup> = Não Significativo.

Tabela 4, Cont.

FV	GL	Quadrados Médios <sup>1/</sup>				
		ED	PE	RG	M100	CE
Ambiente (A)	1	0,43 <sup>ns</sup>	471589,25*	14452101,40**	36,14**	15,41 <sup>ns</sup>
Set (S)	7	0,85*	505105,62**	1622606,10**	9,05**	51,16**
A x S	7	0,91*	1182300,45**	2853361,40**	5,98**	16,98*
Repetição (R)/A x S	16	1,36**	1365034,86**	1945743,10**	3,62**	9,99 <sup>ns</sup>
Famílias (F)/ S	192	0,47*	322639,69**	1024943,10**	4,84**	71,42**
(A x F)/ S	192	0,47*	111473,85 <sup>ns</sup>	305887,00 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	10,69**
Resíduo	384	0,36	108603,00	295058,50	1,06	7,79
Média		1,52	3178,09	2453,95	12,11	27,69
CVe (%)		19,84	11,52	11,12	4,25	5,01

<sup>1/</sup> ED = número médio de espigas doentes; PE = massa média de espigas em kg.ha<sup>-1</sup>; RG = rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; M100 = massa média de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g<sup>-1</sup>.

\*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F;

\* = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; e

<sup>ns</sup> = Não Significativo.

No que tange à fonte de variação *Set*, os quadrados médios foram significativos em  $p \leq 0,01$  para todas as características, excetuando-se número médio de espigas doentes (ED), que obteve significância em nível de 5% de probabilidade e altura média de plantas (AP), que não foi significativa em 5% de probabilidade. Segundo Rangel (2009), a significância para as demais características é um forte indício da necessidade e da importância da utilização do delineamento em blocos casualizados com arranjo dos tratamentos em *sets*, tendo em vista que a ausência dessa fonte de variação poderia produzir variações que resultariam em perda de precisão dos experimentos.

No que se refere à interação Ambiente *versus Set* houve ausência de significância apenas para número de plantas (NP) (Tabela 4). As demais características foram significativas em 1 ou 5% de probabilidade, confirmando que as famílias foram aleatoriamente distribuídas nos *sets* e exibiram modificações fenotípicas impulsionados pelas mudanças edafoclimáticas dos ambientes.

Pela fonte de variação Famílias dentro de *Set* (F/S), foi possível verificar que a maioria das características avaliadas revelou significância ( $p < 0,01$ ) para essa fonte de variação, com exceção de NP e ED que expressaram significância em nível de 5% de probabilidade, fato que comprova haver variabilidade genética suficiente a ser explorada na seleção das famílias neste e nos próximos ciclos.

De acordo com Paterniani (1980), a variabilidade genética, o método de seleção empregado, o tamanho da população, e a influência do ambiente são fatores que interferem na taxa de elevação das frequências gênicas favoráveis como efeito da seleção. O aumento nas frequências gênicas favoráveis equivale a uma maior concentração de alelos favoráveis na população melhorada a cada ciclo de seleção recorrente e traz, como consequência, o incremento da média populacional para as diversas características (Hallauer e Miranda Filho, 1988). Nesse contexto, a implementação do sexto ciclo de seleção recorrente entre famílias de irmãos-completos na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca logrou êxito, haja vista que as práticas inerentes à realização deste ciclo não reduziram a variabilidade genética da população em estudo.

Ainda que a variabilidade seja necessária para a condução de um programa de seleção recorrente, a significância para características como NP, NPQ e ED são consideradas variações indesejáveis quando se faz referência a uma população sob seleção, da qual se espera que, após alguns ciclos,

apresente aumento de alelos favoráveis e, por conseguinte, menor variabilidade genética.

Porém, não convém desconsiderar que NPQ e ED são características fortemente influenciadas pelo ambiente. Contudo, mesmo diante dessa variação, ao se observar a média para essas características, constata-se que expressaram magnitudes consideradas aceitáveis, respectivamente, 3,46 e 2,26, correspondendo a 14,26% de plantas quebradas e 9,32% de espigas doentes. Esses percentuais revelam que houve redução na média de plantas quebradas e de espigas doentes, em comparação à consecução do ciclo C<sub>2</sub>, em que Daros et al. (2004b) obtiveram valores médios de 7,46 e 8,87 plantas por parcela, respectivamente para plantas quebradas e espigas doentes.

Em relação ao estande final (NP), a variação ocorreu devido às falhas de plantas nas parcelas. Essas falhas são consideradas um problema que ocorre com frequência em experimentos realizados no campo (Coimbra, 2000), e dificultam a comparação entre tratamentos, pois reduzem a confiabilidade das análises biométricas e dos testes de hipóteses.

Entretanto, progressos quanto a NP vêm sendo observados no melhoramento da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca sob seleção recorrente. Santos (2005) avaliou 192 famílias de meios-irmãos no terceiro ciclo da referida população e identificou uma variação entre 2,00 a 32,00 plantas por parcela. Freitas Júnior (2008), na condução do quarto ciclo, avaliou 200 famílias de irmãos-completos e verificou número médio de plantas entre 12,00 e 28,00 por parcela. Já Rangel (2009), avaliando 200 famílias de irmãos-completos, constatou, no quinto ciclo, a variação entre 18,50 e 26,25 plantas por parcela. No presente trabalho, também foram avaliadas 200 famílias de irmãos-completos, em que houve a menor variação, com limites de 19,75 a 27,25 plantas por parcela. De todo modo, a característica revela estar sob influência ambiental, a qual pode ser confirmada pela significância em nível de 1% para Ambiente.

Para a fonte de variação Ambiente *versus* Famílias dentro de Set, somente houve significância em nível de 1% para CE, enquanto, em 5%, foi observada somente para as características AP e ED. Para as demais características, não foi observada significância. A significância quanto à interação (Ax<sub>F</sub>)/S indica que as famílias avaliadas comportaram-se, distintamente, nos dois ambientes avaliados. Das características avaliadas, capacidade de expansão (CE) e rendimento de

grãos (RG) são as de maior preocupação por parte dos melhoristas de milho pipoca e, por isso, são as que justificariam um estudo mais aprofundado das interações, tendo em vista que RG não foi significativa. Resultados semelhantes foram obtidos no quinto ciclo de seleção recorrente, no qual, verificou-se significância em nível de 5% para CE e ausência de significância para RG, corroborando os resultados obtidos no presente trabalho.

Tendo como base a CE, a interação Ambiente *versus* Famílias dentro de *Set* revela que as famílias comportaram-se de forma dissimilar em relação às mudanças das condições edafoclimáticas, corroborando a idéia inicial de Brunson (1937), o qual afirmou ser a CE fortemente influenciada pelo ambiente. Segundo Robbins e Ashman (1984) e Linares (1987), a influência do ambiente na capacidade de expansão do milho pipoca é justificada pelo fato de que nem todos os genes que contribuem para dureza do endosperma contribuem para a capacidade de expansão dos grãos. Os autores argumentaram, *ainda*, que a adaptação às regiões de crescimento influencia a capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca. Mas, os grãos de milho podem ser comprometidos para CE por diversos fatores, incluindo trincamento no momento de colheita e armazenamento, bem como a umidade. Nesse aspecto, o trincamento dos grãos, bem como a umidade devem merecer acuidade, uma vez que essas características podem estar vinculadas às diferenças nas estimativas das médias de Campos dos Goytacazes e Itaocara, com valores de 27,57 mL.g<sup>-1</sup> e 27,80 mL.g<sup>-1</sup>, respectivamente.

Ainda com foco na Tabela 4, atenção deve ser dispensada para com as estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) das características avaliadas. Isso se deve à importância que essa estatística constitui para estimativa do erro experimental em relação à média geral do experimento, sendo muito utilizada na avaliação da qualidade experimental.

Pelas estimativas dos coeficientes de variação experimental (CVe%) das características avaliadas, verificaram-se maiores CVe(s) para ED e NPQ, com valores de 19,84 e 16,65, respectivamente, sendo considerados como médios segundo a classificação proposta por Gomes (2000) (Tabela 2).

Porém, quando se observam os CVe(s) para ED e NPQ dos ciclos anteriores, pode-se perceber que houve valores bem mais elevados. Rangel (2009), na condução do quinto ciclo de seleção recorrente, obteve valores para o

coeficiente de variação experimental de 60,73% para ED e 58,56% para NPQ. Essas mesmas características, no quarto ciclo de seleção, conduzido por Freitas Júnior et al. (2009a), foram, respectivamente, de 84,82% e 54,15%, para ED e NPQ.

Os bons resultados observados no presente trabalho, no que se refere ao coeficiente de variação experimental, devem-se ao procedimento adotado de transformar as estimativas de médias de características que não apresentaram distribuição normal antes de serem realizadas as análises estatísticas, denotando, assim, a importância da verificação de normalidade das características antes de serem submetidas à análise de variância.

Nos experimentos agrícolas, os coeficientes de variação experimental são, geralmente, classificados de acordo com Gomes (2000), sendo considerados baixos quando inferiores a 10%, médios quando se situam entre 10% a 20%, altos quando variam entre 20% a 30% e muito altos quando superiores a 30%. Por ser muito ampla essa subdivisão em faixas, essa generalização propiciou críticas à classificação de Gomes (2000), levando ao surgimento de novas sugestões de faixas de coeficientes de variação (Amaral et al., 1997; Judice et al., 1999; Judice, 2000; Judice et al., 2002).

De acordo com Garcia (1989), citado por Scapim et al. (1995), a classificação de Gomes (2000) é muito abrangente, não levando em consideração as particularidades da cultura estudada e, principalmente, não fazendo distinção entre a natureza da característica avaliada. Assim, Scapim et al. (1995) propuseram uma classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho, a qual tem sido utilizada no melhoramento de plantas.

Apesar da menor abrangência da classificação de Scapim et al. (1995), as características AP, AE e M100 apresentaram CVe considerados baixos. De acordo com Scapim et al. (1995), para estas características consideradas menos influenciadas pelo ambiente, o método por eles utilizado, que leva em conta o critério de Garcia (1989), é mais adequado que o de Gomes (2000). Para as características de rendimento como NE, PE e RG, houve concordância quanto à magnitude dos coeficientes de variação entre ambas as classificações, sendo considerados médios.

Para elaboração do intervalo dos coeficientes de variação por Scapim et al. (1995), foram utilizados dados oriundos de 66 teses na área de Genética e

Melhoramento com a cultura do milho comum. Com o crescente avanço dos estudos com milho pipoca no Brasil, é provável que, no futuro, haja uma classificação que englobe as demais características, principalmente a capacidade de expansão. Sendo assim, pela classificação de Gomes (2000), as características NP e CE apresentaram valores considerados baixos.

Sawazaki et al. (2003a) avaliando 22 híbridos *top crosses* de milho pipoca obtiveram CVe para porcentagem de espigas doentes e porcentagem de plantas acamadas e quebradas com estimativas de 17,90% e 20,70%, respectivamente. Nesse caso, para realização da análise de variância, os dados de porcentagem foram transformados em  $(\% + 0,5)^{1/2}$ , conforme Steel e Torrie (1980), o que contribuiu para redução do CVe.

#### **4.2. Parâmetros genéticos**

O conhecimento das estimativas dos parâmetros genéticos permite ao melhorista gerar informações de grande utilidade a respeito das diferentes características avaliadas na população com a qual se trabalha, orientando, assim, quanto à estratégia mais apropriada de seleção e na predição de êxito em programas de melhoramento (Cruz e Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004).

Analisando a Tabela 5, observa-se elevada variância genotípica para as características AP, AE, NE, PE, RG, M100 e CE, acompanhadas de valores de herdabilidade com base na média de famílias, acima de 60,00%, e índice de variação com magnitudes superiores a 0,60. Esses resultados corroboram a possibilidade de identificação de famílias ou genótipos superiores para as características mencionadas, principalmente quanto a rendimento de grãos e capacidade de expansão, que são as características de maior interesse para os produtores e consumidores, respectivamente.

Tabela 5 - Estimativas da variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_F^2$ ), da variância genotípica ( $\hat{\sigma}_G^2$ ), da variância residual ( $\hat{\sigma}_r^2$ ), da variância da interação genótipo *versus* ambiente ( $\hat{\sigma}_{GA}^2$ ), da herdabilidade com base na média de famílias ( $\hat{h}_x^2$ ), do coeficiente de variação genético ( $\hat{CVg}$ ) e do índice de variação ( $\hat{I}_v$ ), para dez características avaliadas em 200 famílias de irmãos-completos na consecução do sexto ciclo de seleção recorrente na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2010.

Características <sup>1/</sup>	$\hat{\sigma}_F^2$	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_r^2$	$\hat{\sigma}_{GA}^2$	$\hat{h}_x^2$	$\hat{CVg}$	$\hat{I}_v$
NP	1,62	0,35	1,27	0,07	21,43	2,43	0,52
NPQ	0,18	0,09	0,09	0,02	50,52	16,82	1,01
AP	139,88	94,05	45,84	11,48	67,23	4,70	1,43
AE	85,61	57,64	27,97	2,44	67,33	6,28	1,43
NE	19,38	12,59	6,79	0,00	64,94	12,09	1,36
ED	0,12	0,03	0,09	0,02	23,93	11,13	0,56
PE	80659,92	53509,17	27150,75	717,71	66,34	16,18	1,40
RG	256235,80	182471,20	73764,63	2707,12	71,21	17,49	1,57
M100	1,21	0,94	0,26	0,00	78,13	8,03	1,89
CE	17,85	15,91	1,95	0,72	89,09	14,31	2,86

<sup>1/</sup> NP = número médio de plantas por parcela; NPQ = número médio de plantas quebradas; AP = altura média de planta em cm; AE = altura média de inserção da primeira espiga em cm; NE = número médio de espigas; ED = número médio de espigas doentes; PE = peso médio de espigas em kg.ha<sup>-1</sup>; RG = rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; M100 = massa média de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g<sup>-1</sup>.

A capacidade de expansão expressou o maior valor para a herdabilidade e para o índice de variação, com magnitudes respectivas de 89,09% e 2,8585. Tais resultados concordam com os obtidos por Pereira e Amaral Júnior (2001), empregando o Delineamento I (Comstock e Robinson, 1948) nos estudos iniciais da população UENFV-EXPLOSIVA. A elevada estimativa da herdabilidade com base na seleção entre famílias de irmãos-completos para constituição do ciclo (C<sub>6</sub>) favorece a hipótese da característica ser mais influenciada por efeitos genéticos do que ambientais.

Neste aspecto, Miranda et al. (2008), avaliando vinte genótipos (incluindo híbridos, linhagens e variedades de polinização aberta) nas localidades de

Coimbra e Viçosa, no Estado de Minas Gerais, não constataram influência do ambiente sobre CE.

Na condução do primeiro ciclo de seleção recorrente na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, Daros et al. (2002) avaliaram famílias de irmãos-completos e obtiveram estimativa de herdabilidade para CE igual a 77,75%. No segundo ciclo, com famílias endogâmicas, Daros et al. (2004b) detectaram valor de 82,91%. Já Santos et al. (2008), no terceiro ciclo, com famílias de meios-irmãos, obtiveram estimativa de 68,41%. No quarto ciclo, Freitas Junior et al. (2009a) avaliaram famílias de irmãos-completos e obtiveram estimativa de 90,19%. Rangel (2009) conduziu o quinto ciclo de seleção recorrente e obteve o valor de 90,68%.

Com exceção do terceiro ciclo, no qual houve redução na estimativa da herdabilidade, provavelmente atribuída à influência ambiental (Santos et al., 2008), nota-se um aumento progressivo e significativo quanto à magnitude dos valores, confirmando a predominância de efeitos genéticos aditivos na expressão da característica (Scapim et al., 2002; Simon et al., 2004; Freitas Júnior et al., 2009a).

Em se tratando de rendimento de grãos, os valores de herdabilidade ao longo dos ciclos foram, respectivamente, 57,48% (Daros et al., 2002), 84,15% (Daros et al., 2004b), 50,17% (Santos et al., 2008), 56,88% (Freitas Júnior et al., 2009a) e 62,47% Rangel (2009). Tais valores são superiores aos observados por Pereira e Amaral Júnior (2001), que estimaram magnitude de 44,88% em famílias de irmãos-completos.

No ciclo atual, a magnitude da herdabilidade para RG foi de 71,21%, favorecendo a predição de aumento na concentração de alelos favoráveis na população sob seleção na composição do sexto ciclo de seleção recorrente (Hallauer e Miranda Filho, 1988). Ainda que RG tenha maior predominância de efeitos gênicos dominantes (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Andrade et al., 2002; Simon et al., 2004), a manifestação da ação gênica aditiva tem sido observada para tal característica (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Scapim et al., 2002).

A maior magnitude dos valores de herdabilidade para CE em relação a RG eram esperados ocorrerem na população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, como demonstrado por Pereira e Amaral Júnior (2001). Estes resultados entre estimativas de herdabilidade para capacidade de expansão e rendimento de

grãos são confirmados por outros autores em outras populações (Lira, 1983; Pacheco et al., 1998).

Na avaliação de duas populações de milho pipoca no segundo ciclo de seleção recorrente, Pacheco et al. (1998) obtiveram estimativas de herdabilidade para capacidade de expansão de 27,40% e 42,90%, e para rendimento de grãos de 57,60% e 60,10%, respectivamente.

Comparando os valores observados por Pacheco et al. (1998) aos obtidos a partir da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, confirma-se a possibilidade de ganhos genéticos com a seleção para ambas as características, tendo como objetivo a recomendação de uma variedade para o Norte e Noroeste Fluminense.

Quanto a NP e ED, em virtude dos valores de  $\hat{I}_v$  serem de 0,5222 e 0,5609, respectivamente, e apresentarem baixas magnitudes de herdabilidade, os progressos genéticos por meio de métodos simples de melhoramento não são muito promissores. Tal fato demonstra a importância da utilização da seleção recorrente como método de melhoramento. Para essas características, houve estimativas de variância residual superior à genotípica, mostrando-se tratar de características altamente influenciadas pelo ambiente; principalmente para ED, onde a ocorrência de significância, na interação Ambiente *versus* Famílias dentro de *Set* (Tabela 4), pode ser atribuída à forte influência do ambiente.

Com base no parâmetro referente à variância da interação genótipo *versus* ambiente (Tabela 5), observa-se baixa magnitude do valor para RG e CE, sendo inferiores à variância genotípica. Esse resultado ratifica a ausência da interação Ambiente *versus* Famílias dentro de *Set* para RG e a interação em nível de 1% de probabilidade para CE (Tabela 4).

A falta de dados, na literatura, quanto à variância aditiva para CE, afirmam Pacheco et al. (1998), é o que dificulta a visualização da real magnitude das estimativas desse parâmetro, bem como de seu efeito em um programa de seleção.

Segundo Vencovsky (1978), em um programa de seleção recorrente entre famílias de irmãos-completos, que possuem variância genética igual a  $1/2\hat{\sigma}_A^2 + 1/4\hat{\sigma}_D^2$ , a variância de dominância não é utilizada neste processo de seleção, sendo somente a variância aditiva e em, apenas, 50%. Entretanto, há consenso de que não se deve desconsiderar o componente de dominância,

principalmente em se tratando de características com maior predominância de efeitos gênicos dominantes, como é o caso do rendimento de grãos.

A fim de estimar a variância aditiva para características de importância agroeconômica nos sucessivos ciclos de UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, haverá necessidade de se utilizar o mesmo testador como genitor masculino em recombinação com progênes de C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub>, constituindo uma estrutura populacional de famílias de meios-irmãos. Com isso, aplicando-se a relação de que  $\hat{\sigma}_a^2 = 1/4\hat{\sigma}_g^2$ , poder-se-á inferir, de forma fidedigna, a estimação dos efeitos aditivos.

Nesse aspecto, a sugestão do testador é a própria população recombinada na obtenção de C<sub>6</sub>, de modo a evitar efeitos expressivos endogâmicos, sobretudo nas populações iniciais.

### 4.3. Índice de seleção

Na Tabela 6, há as estimativas dos ganhos percentuais pelo índice de Mulamba e Mock (1978), utilizando diferentes pesos econômicos para dez características avaliadas. O índice de Mulamba e Mock (1978) vem revelando bons resultados no programa de melhoramento de milho pipoca da UENF, sendo, então, uma ferramenta de auxílio no processo de seleção.

Após cinquenta tentativas de atribuição de peso econômico arbitrário, chegou-se aos valores que possibilitaram melhores resultados, a saber: 2,5, 17, 14, 14, 10, 11, 16, 35, 1, e 30. Esses pesos econômicos obtidos por tentativas (PT) revelaram os melhores ganhos percentuais, tanto negativo quanto positivos, para a maioria das características (Tabela 6). Para as duas características de maior importância para milho pipoca, verificaram-se ganhos percentuais de 10,97% e 15,30% para capacidade de expansão e rendimento de grãos, respectivamente (Tabela 6).

Quanto ao NPQ e à ED, as estimativas de ganhos percentuais foram de -5,18% e -1,49%, respectivamente (Tabela 6). A redução do número de plantas quebradas e do quantitativo de espigas doentes contribuirá para o incremento em rendimento e qualidade da pipoca na continuidade dos ciclos

Tabela 6 - Estimativas de ganhos percentuais, por diferentes índices de seleção e pesos econômicos<sup>1/</sup>, em dez características avaliadas em 200 famílias de irmãos completos, no sexto ciclo de seleção recorrente na população UENF de milho pipoca. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2010.

Características <sup>2/</sup>	Mulamba e Mock				
	DPg	CVg	Iv	h <sup>2</sup>	PT
NP	0,50	0,45	0,29	0,29	0,59
NPQ	2,43	-7,73	-4,72	-6,42	-5,18
AP	2,95	-0,17	-2,48	-2,75	-0,29
AE	3,20	-0,96	-3,43	-4,63	-0,67
NE	9,43	3,13	1,55	0,85	8,59
ED	-0,10	-2,45	-1,48	-1,29	-1,49
PE	20,58	10,28	2,18	2,29	12,84
RG	22,69	12,11	4,05	4,24	15,30
M100	3,76	-0,75	-4,48	-4,16	-0,73
CE	2,69	10,57	13,34	10,12	10,97

<sup>1/</sup>Pesos econômicos utilizados nos índices de seleção: DPg = desvio-padrão genotípico; CVg = coeficiente de variação genotípico; Iv = índice de variação (relação CVg/Cve); h<sup>2</sup> = herdabilidade; e PT = Pesos atribuídos por tentativas (2,5, 17, 14, 14, 10, 11, 16, 35, 1, 30).

<sup>2/</sup>NP = estande final; NPQ = número médio de plantas quebradas; AP = altura média de planta em cm; AE = altura média de inserção da primeira espiga em cm; NE = número médio de espigas; ED = número médio de espigas doentes; PE = peso médio de espigas em kg.ha<sup>-1</sup>; RG = rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; M100 = massa média de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g<sup>-1</sup>.

Outras características que, também, revelaram estimativas de ganhos percentuais satisfatórios, usando pesos econômicos atribuídos por tentativas, foram AP com magnitude de -0,29% e AE com -0,67%. Ganhos negativos para AP e AE são desejáveis devido à necessidade em reduzir o porte das plantas para evitar fragilidade no acamamento e quebramento, devido aos fortes ventos que ocorrem nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Embora o índice de Mulamba e Mock (1978), usando pesos econômicos por tentativas, possibilitasse a obtenção de ganhos satisfatórios para as características estudadas, é de relevo destacar que, com base na premissa de Cruz (1990), no melhoramento de plantas, há dificuldade em se estabelecer pesos econômicos. Segundo Cruz (1990), os pesos econômicos poderiam ser estimados a partir de estatísticas dos próprios dados experimentais. Dessa forma, o coeficiente de variação genotípico (CVg) se constituiu em um bom referencial, pelo fato de ser um parâmetro adimensional e diretamente proporcional à variância genética.

Muito embora o uso do CVg tenha favorecido a obtenção de ganhos positivos para CE e RG, respectivamente, 10,57% e 12,11%, pelo índice de Mulamba e Mock (1978), estes foram menores quando comparados aos obtidos pelo uso dos pesos econômicos atribuídos por tentativas. Entretanto, ganhos percentuais favoráveis com boas magnitudes foram identificados para NPQ, AP, AE, ED e PE (Tabela 6). Assim, o emprego do CVg como peso econômico deve ser considerado com atenção na condução dos próximos ciclos com a população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca.

A utilização do desvio-padrão genotípico como peso econômico apresentou um dos maiores ganhos percentuais para rendimento de grãos (22,69%), dentre os índices utilizados. Entretanto, quanto à capacidade de expansão, o ganho percentual foi de, apenas, 2,69%. Ademais, ganhos não desejáveis foram obtidos para outras características, como NPQ, AP e AE. Assim, pode-se concluir que, para o índice de Mulamba e Mock (1978), a utilização do desvio-padrão genotípico como peso econômico não se constituiu em boa opção para a seleção de genótipos superiores.

O uso do índice de variação ( $lv$ ) e da herdabilidade ( $h^2$ ) como pesos econômicos constituiu uma alternativa interessante para o uso do índice de Mulamba e Mock (1978). Embora o ganho percentual previsto para RG tenha sido muito aquém do que o predito usando pesos econômicos atribuídos por tentativa, em relação a CE, o  $lv$  e  $h^2$  constituíram-se em boas alternativas como pesos econômicos. Ganhos desejáveis, também, foram obtidos para NPQ, AP, AE e ED (Tabela 6).

Tais resultados corroboram a eficiência do índice de Mulamba e Mock (1978) na estimativa dos ganhos percentuais preditos para as características avaliadas e designam a importância da estimação dos parâmetros genéticos na condução dos ciclos de seleção.

Com a população UENFV-EXPLOSIVA, na condução do quinto ciclo de seleção recorrente, Rangel (2009) concluiu ser o índice de Mulamba e Mock (1978) o que proporcionou maiores ganhos preditos, sendo 8,53% para RG e 6,01% para CE. Freitas Júnior et al. (2009a), inferiram para o quarto ciclo de seleção recorrente, ganhos de 8,50% para RG e 10,55% para CE, optando, também, pela escolha do referido índice. O índice Mulamba e Mock (1978), forneceu os melhores ganhos preditos, também, para o terceiro ciclo de seleção

recorrente, conduzido por Santos et al. (2007), em que 10,00% e 7,16% foram, respectivamente, os ganhos preditos para RG e CE. Esses ganhos preditos para os ciclos  $C_5$ ,  $C_4$  e  $C_3$  com a utilização do índice de Mulamba e Mock (1978) foram obtidos com base em pesos arbitrários atribuídos por tentativas.

Arnhold e Viana (2007) empregaram o índice de Mulamba e Mock (1978) para a seleção entre e dentro de famílias  $S_4$ , na população Beija-Flor de milho pipoca, tendo como objetivo a obtenção de linhagens, em que magnitudes dos ganhos preditos e realizados evidenciaram, em geral, eficiência da seleção dentro.

#### **4.4. Amplitude de variação das características avaliadas para a população avaliada, população selecionada e testemunhas**

Na figura 1, há os *boxplots*, para um intervalo de confiança de 95% de probabilidade que representam as amplitudes de variação de dez características para a população avaliada (200 famílias de irmãos-completos - FIC), população selecionada (30 FIC) e as testemunhas.

Como houve reduzido número de testemunhas em relação às populações avaliada e selecionada; a amplitude de variação das testemunhas não foi suficiente para proporcionar a formação de linhas à esquerda e à direita do primeiro e terceiro quartil dos *boxplots*, respectivamente.

De forma análoga, a maior variação, na população avaliada, favoreceu a formação de *outliers* (valores menores que a diferença entre o primeiro quartil e uma vez e meia o intervalo interquartil; bem como valores superiores à soma entre o terceiro quartil e uma vez e meia o intervalo interquartil) mais extremos em relação à população selecionada.

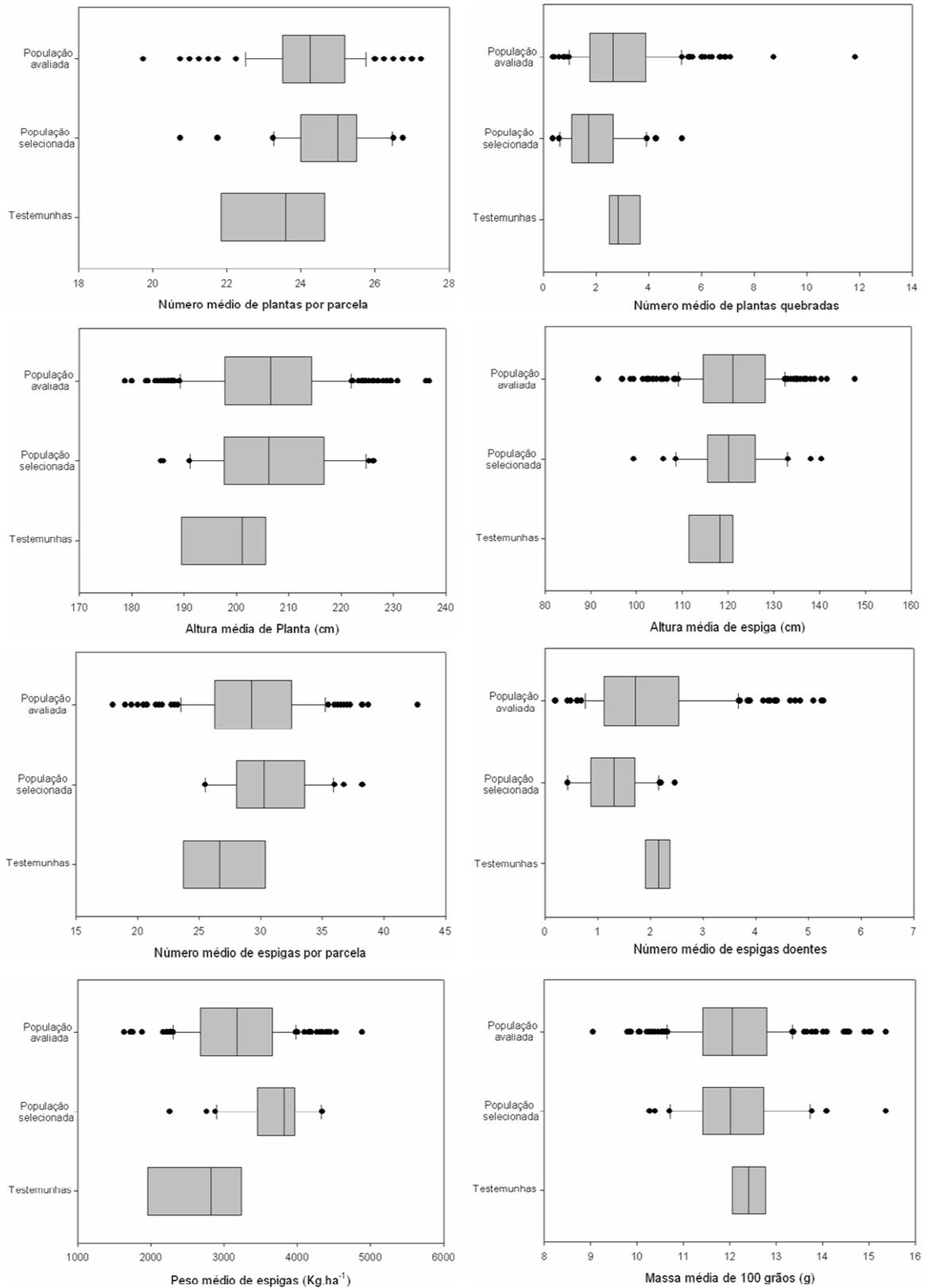


Figura 1 - *Boxplot* para as características número médio de plantas por parcela, número médio de plantas quebradas, altura média de plantas, altura média de espiga, número médio de espigas por parcela, número médio de espigas doentes, peso médio de espigas e massa média de 100 grãos, na população original (200 genótipos), na população selecionada (30 genótipos) e nas testemunhas (8 genótipos).

Analisando-se a característica número médio de plantas por parcela (NP), ou estande, verifica-se que a maior média estimada ocorreu para a população selecionada, com 24,99 plantas.parcela<sup>-1</sup>, enquanto, na população avaliada e nas testemunhas, essas estimativas foram de 24,25 e 23,24 plantas.parcela<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7). De fato, a média da população selecionada foi a que mais se aproximou do número ideal de plantas.parcela<sup>-1</sup>, qual seja, de 25,00. Não por acaso, a população selecionada possuiu a maior mediana, decorrente de reunir um conjunto de valores com as maiores médias.

Tabela 7 - Estimativas das médias da população avaliada ( $\bar{X}_o$ ), da população selecionada ( $\bar{X}_s$ ), de todas as testemunhas ( $\bar{X}_T$ ) e das testemunhas separadamente. Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. 2010.

Características <sup>1/</sup>	$\bar{X}_o$	$\bar{X}_s$	$\bar{X}_T$	RS 20	BRS ANGELA	CICLOS*
NP	24,25	24,99	23,24	21,32	23,55	23,51
NPQ	3,46	2,58	3,48	5,29	3,61	3,10
AP	206,21	205,31	198,89	186,02	183,98	203,45
AE	120,90	119,66	116,85	110,38	106,94	119,54
NE	29,33	33,01	26,71	23,35	24,77	27,58
ED	2,26	1,84	3,03	6,37	2,87	2,39
PE	3178,09	3767,95	2637,15	1238,71	2415,05	2902,96
RG	2453,95	2987,84	1975,86	826,95	1660,72	2215,99
M100	12,11	11,99	12,06	9,01	12,22	12,53
CE	27,69	31,13	23,08	22,04	25,47	22,87

<sup>1/</sup> NP = número médio de plantas por parcela; NPQ = número médio de plantas quebradas; AP = altura média de planta em cm; AE = altura média de inserção da primeira espiga em cm; NE = número médio de espigas; ED = número médio de espigas doentes; PE = peso médio de espigas em kg.ha<sup>-1</sup>; RG = rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; M100 = massa média de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g<sup>-1</sup>.

\* Ciclos: C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>

A maior variação interquartil para as testemunhas, em relação a NP revela que houve valores discrepantes entre as médias de plantas.parcela<sup>-1</sup> dentro do intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Todavia, não se pode negar que a presença de *outliers* para as populações avaliada e selecionada revela que

houve médias inferiores ao extremo do primeiro quartil e superiores ao extremo do terceiro quartil.

Tanto na população avaliada quanto na selecionada, os *outliers* mais extremos representam os limites inferior e superior (LI e LS), respectivamente. De outra forma, constituem os pontos mais distantes da amplitude do primeiro e terceiro quartil, respectivamente.

No que se refere ao número médio de plantas quebradas (NPQ), a menor mediana da população selecionada em relação à população avaliada e às testemunhas denota que as 30 famílias de irmãos-completos selecionadas constituíram-se por valores que, em conjunto, foram menores em comparação à população avaliada e às testemunhas.

Nesse aspecto, em relação a NPQ, a menor média foi expressa pela população selecionada, com valor de 2,58; enquanto a população avaliada revelou média de 3,46 e as testemunhas, 3,48 (Tabela 7). Em relação à consecução do ciclo  $C_5$  por Rangel (2009), valores médios de 4,15 e 5,19 ocorreram, respectivamente, para a população selecionada e a população melhorada.

Com base em NPQ, pode-se deduzir que a concentração de alelos favoráveis tem ocorrido de forma evidente na sucessão dos ciclos de seleção recorrente em UENFV-EXPLOSIVA, favorecendo a redução de quebra de plantas.

Mesmo assim, há nítida variabilidade para NPQ na constituição do sexto ciclo, ratificada pela dispersão do *boxplot* da população selecionada, que foi de amplitude próxima à da população avaliada, além da presença de *outliers* na população selecionada.

Situação semelhante a NPQ ocorreu com ED (número médio de espigas doentes), em que a menor mediana foi detectada na população selecionada, mas com presença de, apenas, um *outlier* no extremo do terceiro quartil.

Para ED, a estimativa da média da população selecionada foi de 1,84; enquanto para a população avaliada e para as testemunhas, as estimativas foram de 2,26 e 3,03 respectivamente (Tabela 7). Comparando-se com o ciclo  $C_5$ , em que a estimativa da população selecionada foi de 4,02 e da avaliada, de 4,39, denota-se redução de espigas doentes, evidenciando que o procedimento seletivo

tem sido eficiente na constituição de população superior em ciclo avançado de seleção recorrente.

Analisando os *boxplots* de altura média de plantas (AP) e altura média de espigas (AE), pode-se verificar que: i) para AP, a maior variação interquartil ocorreu na população selecionada, enquanto para AE, a população selecionada revelou a segunda maior variação interquartil; e ii) medianas semelhantes ocorreram para AP nas populações avaliada e selecionada, ao passo que, para AE, na comparação dessas populações, a selecionada revelou mediana um pouco inferior.

Por esses resultados, mesmo com a precisão do índice de seleção, há que se ter cuidado de reduzir a altura média da planta e da inserção da primeira espiga. No ciclo anterior ( $C_5$ ), as médias para AP na população avaliada e selecionada foram de 194,55 e 192,7; as populações avaliada e selecionada exibiram valores respectivos de 120,74 e 120,58, para AE.

Na formação deste ciclo  $C_6$ , as estimativas de médias para as populações avaliada e selecionada, em relação a AP, resultaram em estimativas respectivas de 206,21 e 205,31; por sua vez, a estimativa de média de AE, na população avaliada, foi de 120,90, enquanto, na população selecionada, expressou média de 119,66.

Sendo assim, observa-se que houve aumento nas médias de AP, o que não é desejável devido aos fortes ventos que ocorrem na região Norte e Noroeste Fluminense. Dessa maneira, atenção especial deve ser dada a esta característica, posto que é intento a redução do porte das plantas de milho pipoca, pois as mesmas são mais frágeis que as plantas de milho comum.

Mesmo atentando-se para a necessidade de se reduzir o porte das plantas, percebe-se que o número de plantas quebradas (NPQ) reduziu significativamente tanto na população avaliada quanto na população selecionada, em relação ao ciclo anterior ( $C_5$ ), denotando que, apesar do aumento médio da AP, os problemas em relação ao quebramento de plantas reduziram.

Quanto à altura média de espiga (AE), o ciclo atual revelou valores muito próximos ao do ciclo anterior ( $C_5$ ), e, assim como a AP, o intento para os futuros ciclos é a redução de sua magnitude.

Ambas as características, número e peso médio de espigas por parcela, ou seja NE e PE, revelaram maiores medianas nas populações selecionadas. Para

NE, houve variação interquartil da população selecionada de amplitude semelhante à população avaliada, embora, nesta última, o quantitativo de *outliers* tenha sido mais expressivo que na população selecionada. De forma contraditória, para PE, a população selecionada exibiu a menor variação interquartil na comparação não apenas com a população avaliada, mas também para com as testemunhas. Há que se mencionar, ainda, que, na população selecionada, enquanto para NE houve dois *outliers* apenas para com o terceiro quartil, em PE, os dois últimos *outliers* foram visualizados para com o primeiro quartil. Significa que houve maior dispersão das médias em NE para os maiores valores enquanto o contrário ocorreu com PE.

Para NE, as estimativas das médias da população avaliada e selecionada foram de 29,33 e 33,01, respectivamente (Tabela 7). Em C<sub>5</sub>, esses valores foram de 28,63 e 30,11 (Rangel, 2009).

Quanto a PE, as estimativas de médias da população avaliada e selecionada exibiram valores de 3178,09 kg.ha<sup>-1</sup> e 3767,95 kg.ha<sup>-1</sup> (Tabela 7); em C<sub>5</sub>, esses valores respectivos foram de 3426,53 kg.ha<sup>-1</sup> e 3791,85 kg.ha<sup>-1</sup>.

Pode-se notar que ocorreu um incremento em NE, no ciclo atual, em comparação com o ciclo anterior. Esse fato vem ao encontro do esperado, haja vista que a planta do milho pipoca é mais prolífica que a do milho comum. No ciclo C<sub>5</sub>, averiguou-se uma média de 1,22 espigas por planta na população avaliada e 1,26 espigas para a população selecionada. No ciclo C<sub>6</sub>, para a população avaliada e a selecionada, observou-se, respectivamente, 1,21 e 1,32 espigas por planta (Tabela 7), denotando um incremento desejável na população melhorada.

Referindo-se a PE, constata-se uma ligeira queda na mesma característica entre os ciclos C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub>, tanto para a população avaliada quanto para a população selecionada.

No que se refere à massa de 100 grãos (M100), a população selecionada exibiu comportamento semelhante à população original quanto à alocação da mediana (segundo quartil) e ao intervalo interquartil. Denota-se que a população UENFV-EXPLOSIVA, no sexto ciclo de seleção recorrente, tende a manter a média semelhante ao ciclo C<sub>5</sub>. De fato, em C<sub>6</sub>, a média da população avaliada e selecionada foi de 12,11 e 11,99 (Tabela 7); em C<sub>5</sub> (Rangel, 2009), esses valores foram, respectivamente, 12,95 e 13,22.

Na Figura 2, observa-se a superioridade da população em estudo sobre as testemunhas para as características rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE). Quanto ao RG, a média da população selecionada está próxima de 3000,00 kg.ha<sup>-1</sup>, destacando-se quando comparada às médias da população original e testemunhas, 2453,95 kg.ha<sup>-1</sup> e 1975,86 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5).

Para a CE, a população selecionada conteve média predita de 31,13 mL.g<sup>-1</sup> contra 23,08 mL.g<sup>-1</sup> das testemunhas e 27,69 mL.g<sup>-1</sup> da população avaliada. Rangel (2009), no ciclo anterior, obteve média de 26,56 mL.g<sup>-1</sup> (obtida da ponderação de 29,30 mL.g<sup>-1</sup> para a população selecionada pela estimativa de herdabilidade de 0,9068) para a população recombinada, corroborando com os avanços obtidos neste ciclo de seleção recorrente. É de relevo mencionar que, em C<sub>5</sub>, a média predita para RG foi de 2929,93 com estimativa de herdabilidade de 0,6247, o que resulta no valor de 2824,70 kg.ha<sup>-1</sup> na população após a recombinação, que dará origem à população avaliada (200 famílias de irmãos-completos) para serem selecionadas e, assim, recombinar as 30 superiores e obter C<sub>6</sub>. Ocorre que a média da população avaliada para originar o ciclo C<sub>6</sub> foi de 2453,95 kg.ha<sup>-1</sup>, cujo valor é diferente de 2824,70 kg.ha<sup>-1</sup>. Duas considerações merecem destaque para a média de RG da população avaliada em C<sub>6</sub>: i) a herdabilidade é própria de determinadas condições edafoclimáticas e não pode ser extrapolada para as condições em que foram feitas as recombinações; ii) RG é característica de amplo proveito da heterose com a realização do lote de recombinação.

É importante perceber que, o valor predito ponderado pela herdabilidade para CE em C<sub>5</sub>, com estimativa de 26,56 mL.g<sup>-1</sup> se traduziu em valor superior após a recombinação, haja vista que a população avaliada para compor C<sub>6</sub> exibiu média de 27,69 mL.g<sup>-1</sup>, revelando que a recombinação, mesmo favorecendo a heterose, possibilitou, também, o encontro de alelos favoráveis para característica mais influenciada por efeitos aditivos. Isso talvez se deva à contínua concentração de alelos favoráveis nos consecutivos ciclos de seleção recorrente.

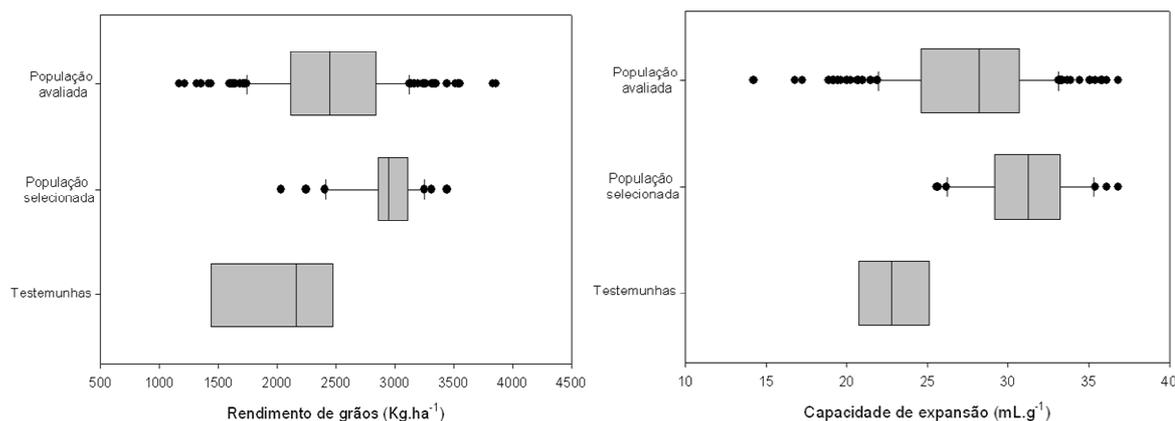


Figura 2 - *Boxplot* para as características rendimento de grãos e capacidade de expansão, na população avaliada, na população selecionada e nas testemunhas.

Nesse aspecto, a predominância de efeitos genéticos aditivos para CE (Simon et al., 2004; Rangel et al., 2007) e elevadas magnitudes de herdabilidade (Pereira e Amaral Júnior, 2001), associadas ao avanço das gerações de seleção e recombinação podem estar contribuindo para a redução da amplitude de variação quanto à capacidade de expansão e concorrendo para o estabelecimento de um nível de pipocamento adequado à população de sexto ciclo, em virtude do acúmulo de alelos aditivos favoráveis.

Com base nos *boxplots* para RG (Figura 2), houve pequena dispersão interquartil para a população selecionada, com maior variação para médias inferiores ao terceiro quartil. Como se trata de estratégia de seleção absoluta de 30 famílias entre as 200 progênes de irmãos-completos e não de valores percentuais, pode-se deduzir que haverá ganhos seletivos sem estreitamento genético da população UENFV-EXPLOSIVA.

A análise dos *boxplots* em relação a CE (Figura 2) traduz uma situação vantajosa para ganhos nessa característica. O segundo quartil (mediana) na população selecionada foi o de maior magnitude, com visualização de três *outliers* no extremo do terceiro quartil, denotando que houve concentração de maiores valores do que de valores com médias inferiores.

Pelas Figuras 1 e 2, verifica-se que a mediana das testemunhas exibiu valores inadequados para a maioria das características, excetuando-se altura média de plantas (AP) e altura média de espiga (AE). No conjunto dos resultados, houve uma situação favorável ao melhoramento da população UENF de milho pipoca, indicando que as famílias contiveram menor quebramento de plantas e

melhor estande, sanidade, capacidade de expansão e rendimento de grãos, corroborando o bom desempenho da população UENF diante das testemunhas.

No que se refere a CE, o desempenho médio das testemunhas foi inferior ao das famílias avaliadas. Segundo os autores Robbins e Ashman (1984) e Linares (1987), o desempenho inferior das testemunhas comerciais pode ser explicado pela adaptação às regiões de crescimento, a qual influencia a capacidade de expansão dos grãos de milho pipoca. Além disso, seis das oito testemunhas que compuseram o presente trabalho foram os próprios ciclos anteriores da população em estudo, ratificando, assim, o progresso alcançado no sexto ciclo de seleção recorrente da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca devido ao acúmulo de alelos favoráveis.

Com base nos dados referentes aos da população avaliada, população selecionada e testemunhas, conclui-se pelo progresso genético do melhoramento da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, traduzido em ganhos genéticos com os ciclos de seleção recorrente. Porém, há que se enfatizar que, para a avaliação do real ganho genético entre os sucessivos ciclos de seleção recorrente, existe a necessidade de se conduzir ensaios de avaliação em maior número de ambientes, de modo a se ter resultados mais consistentes.

#### **4.5. Evolução de ganhos para CE e RG com os ciclos de seleção recorrente**

Ao se comparar a evolução das médias obtidas para CE e RG nos ciclos  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  e predita para  $C_6$ , observa-se que houve aumento crescente tanto para CE quanto para RG, conforme Tabela 8. Este aumento linear também foi constatado por Freitas Júnior et al. (2009a) na consecução do ciclo  $C_4$ , em que, mesmo havendo mudança de estratégia de  $C_3$  com famílias de meios-irmãos para famílias de irmãos-completos em  $C_4$ , os ganhos para rendimento de grãos e capacidade de expansão continuaram crescentes. Resultados semelhantes foram observados por Santos (2005), em que o autor afirmou que, com a mudança da estratégia de seleção de famílias endogâmicas, realizada por Daros et al. (2002) para seleção entre famílias de meios-irmãos (Santos et al., 2007), os ganhos para capacidade de expansão continuaram satisfatórios, assim como o aumento no rendimento de grãos.

Tabela 8 - Estimativas de médias de capacidade de expansão ( $\text{mL.g}^{-1}$ ) e rendimento de grãos ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) obtidas para os ciclos C0, C1, C2, C3, C4, C5 e preditas para C6, na população UENFV-EXPLOSIVA submetida à seleção recorrente intrapopulacional. Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2010.

CICLO	ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO	RG ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ )	Ganho* (%)	CE ( $\text{mL.g}^{-1}$ )	Ganho* (%)
C0	Massal	1.615,00		19,89	
C1	Irmãos-completos	2.222,00	37,58	21,60	8,60
C2	S <sub>1</sub>	2.356,00	6,03	23,46	8,61
C3	Meios-irmãos	2.401,00	1,91	24,17	3,02
C4	Irmãos-completos	2.534,00	5,54	24,79	2,56
C5	Irmãos-completos	2.774,00	9,47	28,04	13,11
C6	Irmãos-completos	2.987,84	7,71	31,13	11,02

CE = capacidade de expansão e RG = rendimento de grãos.

\* Ganho percentual por ciclo

A Figura 3 representa a evolução da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca, em relação ao rendimento de grãos, em seis ciclos de seleção recorrente. Nota-se, também, que a estimativa de  $R^2$  (0,88) foi elevada. O ciclo C<sub>0</sub> da população expressou rendimento médio de  $1.615,00 \text{ Kg.ha}^{-1}$ ; já no ciclo C<sub>6</sub>, a estimativa de rendimento predito foi de  $2.987,84 \text{ Kg.ha}^{-1}$ , o que representa uma perspectiva de aumento de 85,00% no rendimento médio em seis ciclos, confirmando que os métodos de melhoramento utilizados foram eficientes para seleção de famílias altamente produtivas. Todavia, considerando-se o valor predito ponderado pela herdabilidade, o ganho percentual passa a ser de 75,50%.

Já a Figura 4 revela o desempenho da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca em relação à capacidade de expansão. Vê-se que o  $R^2$  foi elevado (0,93), indicando que o modelo da equação ficou bem ajustado. Nessa Figura, percebe-se a evolução nos ciclos de seleção recorrente intrapopulacional, na qual a população base (C<sub>0</sub>) deteve capacidade de expansão de  $19,89 \text{ mL.g}^{-1}$ . Quando se observou o C<sub>6</sub>, esta expressou uma CE predita de  $31,13 \text{ mL.g}^{-1}$ , ou seja, houve um incremento de 56,51% na capacidade de expansão em seis ciclos de seleção recorrente, ratificando a premissa do aumento gradativo na frequência de alelos favoráveis nessa população.

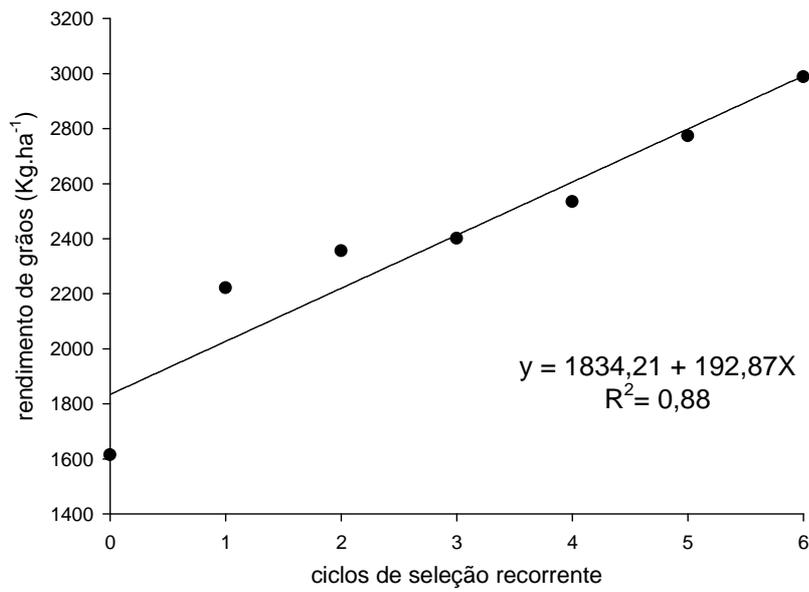


Figura 3 - Evolução das médias obtidas nos ciclos C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> e predita em C<sub>6</sub> para a característica rendimento de grãos (Kg.ha<sup>-1</sup>).

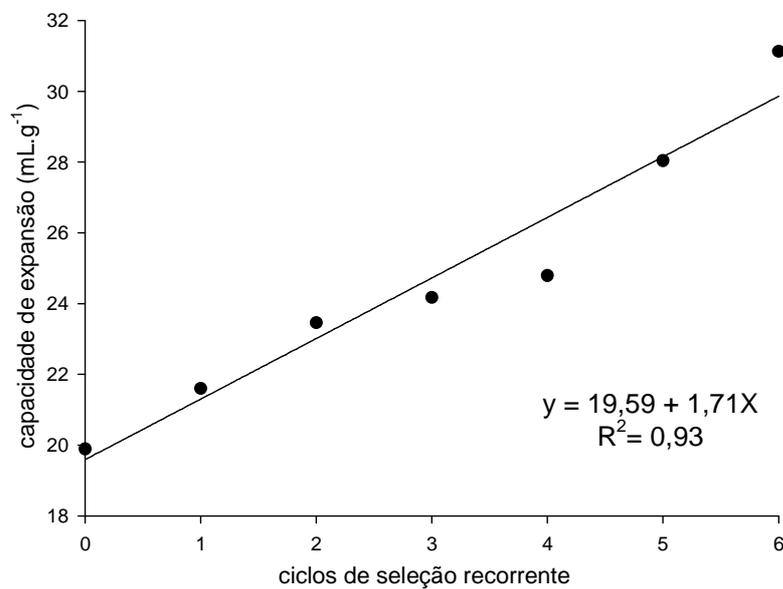


Figura 4 - Evolução das médias obtidas nos ciclos C<sub>0</sub>, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> e predita em C<sub>6</sub> para a característica capacidade de expansão (mL g<sup>-1</sup>).

No ciclo C<sub>1</sub>, Daros et al. (2002) avaliaram 75 famílias de irmãos-completos com as correspondentes sementes S<sub>1</sub>, e obtiveram ganhos preditos em 10,39% (CE) e 4,69% (RG). Pode-se observar, nas Figuras 3 e 4, que, na população recombinada, a produção de grãos correspondente a esse ciclo foi de 2.222,00 kg.ha<sup>-1</sup> e a capacidade de expansão foi de 21,60 mL.g<sup>-1</sup>.

Daros et al. (2004b) conduziram o ciclo C<sub>2</sub> com 222 famílias endogâmicas S<sub>1</sub>. Nesse ciclo, foram obtidos os maiores ganhos preditos, com magnitudes de 26,95% para CE e 17,80% para RG. A produção de grãos e a capacidade de expansão foram, respectivamente, 2.356,00 kg.ha<sup>-1</sup> e 23,46 mL.g<sup>-1</sup> na população recombinada.

Na condução do ciclo C<sub>3</sub>, Santos *et al.* (2007) relataram ganhos preditos em 7,16% para CE e 10,00% para RG, utilizando como estratégia a avaliação de 192 famílias de meios-irmãos. Pelas Figuras 3 e 4, constata-se que os valores 2.401,00 kg.ha<sup>-1</sup> e 24,17 mL.g<sup>-1</sup> foram obtidos para RG e CE, respectivamente, após recombinação das famílias selecionadas.

O ciclo C<sub>4</sub>, conduzido por Freitas Júnior et al. (2009a), revelou ganhos preditos de 8,50% para CE e 10,55% para RG, na avaliação de 200 famílias de irmãos-completos. Nesse ciclo, 2.534,00 kg.ha<sup>-1</sup> e 24,79 mL.g<sup>-1</sup> foram observados, respectivamente, para RG e CE, com a produção da população recombinada.

O ciclo C<sub>5</sub> de seleção recorrente, conduzido por Rangel (2009), previu ganhos de 6,01% para CE e 8,53% para RG. Nesse ciclo, foram avaliadas 200 famílias de irmãos-completos. Os valores observados após a recombinação foram 2.774,00 kg.ha<sup>-1</sup> para RG e 28,04 mL.g<sup>-1</sup> para CE.

Na composição do ciclo atual (C<sub>6</sub>), também avaliando 200 famílias de irmãos-completos, nota-se, pelas Figuras 3 e 4, que o valor predito para capacidade de expansão foi 31,13 mL.g<sup>-1</sup> e para a produção de grãos 2987,84 kg.ha<sup>-1</sup>. Os ganhos preditos para o presente ciclo são de, respectivamente, 15,3% e 10,97%, para RG e CE. Tais dados corroboram que os ciclos de seleção recorrente vêm aumentando, gradativamente, a concentração de alelos favoráveis na população.

Assim, pode-se concluir que, em relação a RG e CE, resultados alvissareiros têm sido angariados, haja vista o bom desempenho da população nos sucessivos ciclos de seleção recorrente intrapopulacional. Espera-se, pois, que, tão logo seja possível, a UENF possa disponibilizar aos produtores do Norte

e Noroeste Fluminense uma variedade produtiva e com alta capacidade de expansão.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que os ambientes foram suficientemente distintos para promover diferenças nas características avaliadas, bem como foi averiguada suficiente variabilidade genética na população de sexto ciclo de seleção recorrente a ser explorada em ciclos futuros de seleção. O índice de Mulamba e Mock (1978), com base em pesos arbitrários, proporcionou os melhores ganhos em todas as características, com percentuais de 15,30% e 10,97% para RG e CE. A recombinação do sexto ciclo poderá viabilizar a recomendação de nova cultivar a partir da população UENFV-EXPLOSIVA de milho pipoca.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

- AGRIANUAL (2010). *Anuário da Agricultura Brasileira*. FNP Consultoria & Comércio; M&S Mendes & Scotini. Editora Argos, 521p.
- Amaral Júnior, 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, A.M.; Muniz, J.A.; Souza, M. (1997) Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão na experimentação com citros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 32 (12):1221-1225.
- Andrade, R.A.; Scapim, C.A.; Silvério, L.; Pinto, R.J.B.; Tonet, A (2002). Análise dialéctica da capacidade combinatória de variedades de milho pipoca. *Acta Scientiarum.Agronomy*, 24:1197-1204.
- Arnhold, E.; Viana, J.M.S (2007) Eficiência da seleção dentro de famílias S<sub>4</sub> de milho pipoca, visando à obtenção de linhagens. *Revista Ceres*, Viçosa, 54 (312):107-111.
- Brunson, A.M. (1937) Popcorn breeding. *Yearbook Agricultural*. 1:395-404.
- Brugnera, A.; Von Pinho, R.G.; Pacheco, C.A.P.; Alvarez, C.G. D. (2003) Resposta de cultivares de milho pipoca a doses de adubação de semeadura. *Revista Ceres*, 50 (290):417-429.

- Cardoso, E.T.; Sereno, M.J.C.M.; Barbosa Neto, J.F. (2003) Estimativa de ganho genético em três populações de milho doce utilizando índices de seleção. *Revista Brasileira de Agrociência*, 9 (4):337-341.
- CEASA-Campinas (2009) *Boletim informativo diário de preços*. Disponível em <http://www.ceasacampinas.com.br/cotacoes/documentos/cotacao.pdf> Acesso em 11 Mar. 2009.
- CEPEA (2009) *Participação do PIB do agronegócio no PIB do Brasil*. Disponível em <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/> Acesso em 11 Mar. 2009.
- Coimbra, R.R. (2000) *Seleção entre famílias de meios irmãos da população DFT-1 Ribeirão de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa, 54p.
- Comstock, R.E.; Robinson, H.F. (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, 4:254-266.
- Cordeiro, G. M. (1987) On the corrections to the likelihood ratio statistics. *Biometrika*, 74 (3):265-274.
- Cruz, C.D. (1990) *Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Piracicaba - SP, Universidade de São Paulo, 188p.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV, 579p.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J.; Carneiro, P.C.S. (2004). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, v.1480p.
- Cruz, C. D. (2006) *Programa Genes: Biometria*. Viçosa: Editora UFV, 648p.
- Cruz, J.C.; Pereira, F.T.F.; Pereira Filho, I.A.; Oliveira, A.C.; Magalhães, P.C. 2007. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 6:60-73.
- Cruz, J.C.; Pereira Filho, I.A. (2009). *Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2008/2009*. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>. Acesso em 13 Mar. 2009.

- 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.; Scapim, C.A.; Freitas Júnior, S.P.; Daher, R.F.; Ávila, M.R. (2004a) Correlações entre características agrônômicas em dois ciclos de seleção recorrente em milho pipoca. *Ciência Rural*, 34 (5):1389-1394.
- Daros, M.; Amaral Júnior, A.T.; Pereira, M.G.; Santos, F.S.; Grabiél, A.P.C.; Scapim, C.A.; Freitas Júnior, S.P.; Silvério, L. (2004b) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola*, 61 (6):609-614.
- Engels, J.M.M.; Ebert, A.W.; Thormoann, I.; Vicente M.C. (2006) Centre of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Genetic Resources and Crop Evolutions*, 53:1675-1688.
- Faria, R.F.; Viana, J.M.S.; Sobreira, F.M.; Silva, A.C. (2008) Seleção recorrente recíproca na obtenção de híbridos interpopulacionais de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43 (12): 1749-1755.
- Freitas Júnior, S.P.; Amaral Junior, A.T.; Pereira, M.G.; Cruz, C.D.; Scapim, C.A. (2006) Capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (11): 1599-1607.
- Freitas Júnior, S.P. (2008) *Seleção recorrente entre famílias de irmãos completos em geração avançada da população UNB-2U de milho pipoca*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 96p.
- Freitas Junior, S.P.; Amaral Junior, A.T.; Rangel, R.M.; Viana, A.P. (2009a) Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9:1-7.
- Freitas Junior, S.P.; Amaral Junior, A.T.; Rangel, R.M.; Viana, A.P. (2009b) Predição de ganhos genéticos na população de milho pipoca UNB-2U sob seleção recorrente utilizando-se diferentes índices de seleção. *Semina*, 30: 803-814.

- Galinat, W. C. (1979) *Ciba-Geigy Agrochemicals*. Maize. Basle, Switzerland: Ciba-Geigy Agrochemicals. 105p.
- Galvão, J.C.C.; Sawazaki, E.; Miranda, G.V. (2000) Comportamento de híbridos de milho pipoca em Coimbra, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 47 (270):201-218.
- Garcia, C.H. (1989) *Tabelas para classificação do coeficiente de variação*. Piracicaba: IPEF, 1989. (Circular Técnica, 171).
- Goodnam, M.M. (1980) *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Botânica. Piracicaba/ESALQ, Marprint, 2ª impressão. 650 p. ilustr.
- Goodnam, M.M.; Smith, J.S.C. (1987) Botânica In: Paterniani, E. e Viegas, G.p. eds. *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargil, 1:41-78.
- Gomes, P.G. (2000) *Curso de Estatística Experimental*. 14. ed. Piracicaba: USP/ESALQ, 477p.
- Guadagnin, J.P. (1996) *Milho pipoca*. Porto Alegre: FEPAGRO, 9, 11p.
- Granate, M.J.; Cruz, C.D.; Pacheco, C.A P. (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (7):101-108.
- Hallauer, A.R.; Miranda Filho, J.B. (1988) *Quantitative genetics in maize breeding*. Ames: Iowa State University Press, 468p.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28:476-490.
- Hull, F.H. (1945) Recurrent selection and specific combining ability in corn. *Journal Am. Agron.*, Madison, 37:134-145.
- IBGE (2009) Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.
- Judice, M.G.; Muniz, J.A.; Carvalheiro, R. (1999) Avaliação do coeficiente de variação na experimentação com suínos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras: UFLA, 23 (1):170-173.
- Judice, M.G. (2000) *Avaliação do coeficiente de Variação em Experimentos Zootécnicos*. Tese (Dissertação de Mestrado em Agronomia/Estatística e Experimentação Agropecuária) – Lavras - MG, UFLA, 40p.

- Judice, M.G.; Muniz, J.A.; Aquino, L.H.de; Bearzoti, E. (2002) Avaliação da precisão experimental em ensaios com bovinos de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 26 (5):1035-1040.
- 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.
- Linares, E. (1987) *Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba - SP, ESALQ, 78p.
- Lira, M.A. (1983) *Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Fitotecnia) - Lavras - MG, UFLA, 62p.
- Machado, J.A. (1980) *Melhoramento genético de milho doce (Zea mays L.)*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Piracicaba - SP, ESALQ, 78p.
- Marques, M.J.B.S.G.S.M. (2000) *Número mínimo de famílias de meios-irmãos de milho pipoca: critério de seleção e predição de ganhos por seleção*. Tese (Doutorado) - Viçosa – MG, UFV, 236p.
- Miranda, G.V.; Souza, L.V.; Galvão, J.C.C.; Guimarães, L.J.M.; Melo, A.V.; Santos, I.C. 2008. Genetic variability and heterotic groups of Brazilian popcorn populations. *Euphytica*, 159:123-132.
- 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.
- Oliveira, E.C.; Amaral Júnior, A.T.; Gonçalves, L.S.A.; Pena, G.F.; Freitas Júnior, S.P.; Ribeiro, R.M. ; Pereira, M.G. (2010) Optimizing the efficiency of the touchdown technique in ISSR markers in corn (*Zea mays* L.). *Genetics and Molecular Research*, 9:835-842,
- Oliveira, E.C. (2010) *Marcadores ISSR na formação de grupos heteróticos e na inferência evolutiva de milho pipoca*. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 95p.

- Oliveira, V.P.S. (1996) *Avaliação do sistema de irrigação por sulco da Fazenda do Alto em Campos dos Goytacazes - RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 94p.
- Ometto, J.C. (1981) *Bioclimatologia tropical*. São Paulo: Agronômica Ceres, p.390-398.
- Pacheco, C.A.P.; Gama, E.P.; Guimarães, P.E.O.; Santos, M.X.; Ferreira, A.S. (1998) Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33 (12):1995-2001.
- Pacheco, C.A.P.; Gama, E.E.G.; Parentoni, S.N.; Santos, M.S.; Lopes, M.A.; Ferreira, A.S.; Fernandes, F.T.; Guimarães, P.E.O.; Correa, L.A.; Meirelles, W.F.; Feldman, R.O.; Magnavaca, R. (2000) *BRS ANGELA: Variedade de milho pipoca*. Comunicado Técnico, EMBRAPA/CNPMS, p.1-6.
- Paes, M.C.D. (2006) Circular Técnica 75: Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG*.
- Paterniani, E. (1980) *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Fundação Cargil. v. único, 650p.
- Paterniani, E.; Miranda Filho, J.B. (1987) Melhoramento de populações. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. (eds). *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, 1:217-274.
- Paterniani, E.; Campos, M.S. (1999) Melhoramento do milho. In: Borém, A. (Org.). *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, p. 429-485.
- 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 (1):3-10.
- Pesek, J.; Baker, R.J. (1969) Desired improvement in relation to selected indices. *Can. J. Plant. Science*, Ottawa, 49:803-804.
- Pinto, R.J.B. (2009) *Introdução ao melhoramento genético de plantas*. 2. Ed. Maringá: Editora Eduem, p. 351.

- Rangel, R.M.; Amaral Junior, A.T.; Viana, A. P.; Freitas Junior, S.P.; Pereira, M.G. (2007) Prediction of popcorn hybrid and composite means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 7:288-296.
- Rangel, R.M.; Amaral Junior, 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*, 7 (4):1020-1030.
- Rangel, R. M. (2009) *Análise Biométrica na população UENF de Milho Pipoca sob Seleção Recorrente*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 83p.
- Robbins, W.A.; Ashman, R.B. (1984) Parent-offspring popping expansion correlation in progeny of dent x popcorn crosses. *Crop science*, 24:119-121.
- Santos, F.S. (2005) *Seleção Recorrente entre famílias de meios-irmãos da população UNB-2U de milho pipoca (Zea mays L.)*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 97p.
- Santos, F.S; Amaral Júnior, A.T.; Freitas Júnior, S.P.; Rangel, R.M.; 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.
- Santos, F.S; Amaral Junior, A.T.; Freitas Junior, S.P.; Rangel, R.M.; Scapim, C.A.; Mora, F. (2008) Genetic gain prediction of the third recurrent selection cycle in a popcorn population. *Acta Scientiarum*, 66:651-655.
- Santos, H.G. dos, Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C. dos, Lumbreras, J.F., Oliveira, J.B., Oliveira, V.A., Coelho, M.R., Almeida, G.A., Cunha, T.J.F. (2009) Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: <http://cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html> em 21/12/09 página mantida pela INFORMS.
- SAS (1985) SAS user's guide: statistics. NC Cary, New York, 958p.
- Sawazaki, E. (1995) *Melhoramento do milho pipoca*. Instituto Agrônomo, Campinas, 21p.
- 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 (2):143-151.

- Sawazaki, E. (2001) A cultura do milho pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, Campinas, 53 (2):11-13.
- Sawazaki, E.; Castro, J.L.; Gallo, P.B.; Paterniani, M.E.A.G.Z.; Silva, R.M.; Luders, R.R. (2003a) Potencial de híbridos temperados de milho pipoca em cruzamentos com o testador semitropical IAC12. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2 (2):61-70.
- Sawazaki, E.; Fantin, G. M.; Dudienas, C.; Castro, G. de. (2003b) Resistência de genótipos de milho pipoca a doenças. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 78 (1):149-164.
- Scapim, C.A.; Carvalho, C.G.P. de; Cruz, C.D. (1995) Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 30 (5):683-686.
- Scapim, C.A.; Pacheco, C.A.P.; Tonet, A.; Braccini, A.L.; Pinto, R.J.B. (2002) Análise dialélica e heterose de populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 61 (3): 219-230.
- Shapiro, S. S.; Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591-611.
- SigmaPlot, 2006. SigmaPlot for Windows. Ver. 10. Systat Software, Point Richmond, CA.
- Silva, V.Q.R; Amaral Júnior, A.T.; Scapim, C.A.; Freitas Júnior, S.P.; Gonçalves, L.S.A. (2010) Inheritance for Economically Important Traits in Popcorn from Distinct Heterotic Groups by Hayman's Diallel. *Cereal Research Communications*, 38:273-285.
- 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.
- Simon, G.A.; Scapim, C.A.; Pacheco, C.A.P.; Pinto, R.J.B.; Braccini, A.L.; Tonet, A. (2004) Depressão por endogamia em populações de milho pipoca. *Bragantia*, Campinas, 63 (1):55-62.
- Smith, H.F. (1936) A discriminant function for planta selection. *Ann. Eugen.* 7: 240-250.

- Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. (1980) *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw-Hill Book Company, 633p.
- Vencovsky, R. (1978) Herança Quantitativa. In: Paterniani, E. (Ed.) *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba: Editora USP, p. 122-201.
- Viana, J.M.S. (2007) Breeding strategies for recurrent selection of maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 42 (10):1383-1391.
- Vilarinho, A.A.; Viana, J.M.S.; Câmara, T.M.M.; Santos, J.F. (2002) Seleção de progênies endogâmicas S<sub>1</sub> e S<sub>2</sub> em um programa de melhoramento intrapopulacional de milho pipoca. *Acta Scientiarum.Agronomy*, 24:1419-1425.
- Vilela, F.O.; Amaral Junior, A.T.; Pereira, M.G.; Scapim, C.A.; Viana, A.P.; Freitas Junior, S.P.F. (2008) Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. *Acta Scientiarum.Agronomy*, 30:25-30.
- Wang, R. L.; Steca; Hey, J.; Lukens, L.; Doebley, J. (1999) The limits of selection during maize domestication. *Nature*, 398:236-239.
- Williams, J.S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, North Carolina, 18:375-393.
- 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. (1987) Milho pipoca. In: Paterniani, E.; Viegas, G.P. eds. *Melhoramento e produção do milho*. Campinas, Fundação Cargill, p. 413 - 421.

## 6. APÊNDICES

Tabela 7: Estimativas das médias de cinco características<sup>1/</sup> avaliadas em 200 famílias de irmãos-completos de milho pipoca e testemunhas. Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2010.

Tratamentos	Características avaliadas				
	NP	NPQ	AP	AE	NE
1*	25,50	1,48	200,63	119,38	29,75
2	23,00	3,52	185,00	110,63	25,00
3	24,00	0,90	205,21	117,29	28,25
4	24,25	1,87	201,04	122,50	23,75
5	24,25	1,80	204,58	120,83	29,75
6	23,50	4,27	208,75	129,38	36,75
7	24,25	1,16	204,58	110,63	25,75
8	23,75	2,28	209,79	130,83	31,00
9	24,25	2,38	194,38	113,33	31,25
10	21,50	4,44	204,58	115,83	23,75
11	24,25	3,82	197,08	121,46	27,25
12	22,75	3,42	196,46	121,25	23,50
13	24,00	3,37	197,50	111,88	26,00
14	24,50	3,52	184,54	111,23	26,00
15	22,50	1,95	211,67	117,92	24,00
16	25,50	1,51	226,04	135,83	32,50
17	24,50	5,02	228,75	132,92	42,75
18*	20,75	2,61	185,63	105,83	25,50
19	24,00	0,90	201,46	111,25	22,75
20	23,75	1,74	187,50	110,63	24,00
21	19,75	3,97	196,04	116,46	24,00
22	25,50	5,59	224,58	135,00	37,25
23	23,75	3,17	201,88	117,92	31,25
24	24,50	3,08	209,58	132,50	23,50
25	24,75	4,87	202,08	113,13	23,50
26	23,50	0,61	236,88	136,88	20,50
27	24,00	2,38	202,29	114,38	30,00
28	25,25	2,53	216,04	123,96	35,25
29	24,50	4,20	211,88	128,54	32,75
30	25,25	2,56	190,00	106,67	23,25
31*	25,50	3,64	195,63	115,00	37,25
32	24,25	3,99	218,33	121,88	29,25
33*	24,75	1,77	215,83	132,29	28,75
34	22,75	8,75	217,29	128,13	27,00
35	26,75	6,90	224,17	128,13	34,75
36	25,75	4,95	212,50	129,38	30,50
37*	25,75	1,05	213,33	125,83	35,25
38	24,00	2,49	201,67	113,54	27,00
39	24,75	3,62	198,13	120,63	27,00

Cont. Tabela 7

Trata- mentos	Características avaliadas				
	NP	NPQ	AP	AE	NE
40	24,50	6,93	216,04	123,96	28,00
41	23,50	5,67	219,17	129,38	29,25
42	25,00	4,87	223,96	126,46	32,50
43	23,75	2,08	187,92	113,96	27,25
44*	25,00	3,94	207,71	124,79	32,00
45	24,75	6,75	208,75	120,63	30,00
46	22,25	0,92	203,54	127,92	31,75
47	22,50	2,77	196,67	112,29	23,50
48	21,00	3,63	180,00	114,79	21,75
49	23,75	2,80	203,33	117,71	21,75
50	24,00	4,24	208,54	120,83	22,00
51	25,25	1,77	216,04	126,04	28,00
52	22,25	2,53	196,46	110,63	23,00
53	24,25	4,45	201,04	118,96	24,50
54	25,00	2,23	200,42	126,04	29,75
55	21,75	3,62	209,58	125,00	21,50
56	23,25	3,74	186,04	115,00	27,75
57	23,25	2,38	210,83	136,46	26,00
58	25,25	1,31	217,71	135,21	31,33
59	25,50	3,71	206,88	123,54	33,25
60	24,25	2,89	186,88	113,75	29,50
61	24,25	4,07	197,29	122,92	32,25
62	24,50	1,90	196,67	123,33	35,00
63	25,00	0,98	205,83	122,92	26,25
64	23,25	6,15	210,00	127,92	28,25
65	24,50	4,69	208,13	120,83	30,00
66	23,50	4,05	194,58	118,33	28,00
67	25,25	3,18	213,75	128,33	30,00
68	24,75	2,76	229,38	136,88	29,00
69	23,75	1,86	213,13	123,33	28,25
70	23,25	11,85	226,25	130,00	29,00
71	22,25	6,41	207,50	129,79	27,75
72	22,50	4,08	191,46	118,96	29,00
73	26,00	4,95	216,04	132,29	35,00
74	20,75	4,24	185,63	110,00	20,75
75	23,75	2,49	212,29	134,79	26,75
76	23,25	3,48	216,46	122,08	30,25
77	22,25	2,31	203,75	114,79	28,00
78	24,50	4,69	187,08	112,50	36,25
79	25,00	0,43	206,04	126,25	31,50
80	26,00	1,81	187,71	104,38	32,75
81	23,75	2,39	214,17	133,75	27,00

Cont. Tabela 7

Trata- mentos	Características avaliadas				
	NP	NPQ	AP	AE	NE
82	25,75	2,35	236,25	138,96	31,75
83	22,75	4,72	228,13	137,08	27,25
84	23,75	1,05	218,96	130,42	37,25
85*	24,75	2,93	208,33	130,00	35,50
86	25,00	2,94	207,08	121,67	34,50
87	27,25	5,56	200,83	118,54	37,00
88	23,50	2,58	208,96	128,13	25,50
89	25,25	1,87	210,00	130,00	32,75
90*	25,50	2,36	191,25	115,21	35,00
91*	23,75	2,84	194,58	120,21	34,25
92*	23,25	2,80	198,75	120,00	30,50
93	24,25	3,86	202,50	119,17	26,00
94	23,75	5,58	197,08	122,92	31,75
95	23,75	4,11	207,08	128,54	30,00
96	26,50	4,21	203,54	127,71	24,50
97	23,00	5,51	205,00	131,04	30,75
98	23,00	1,77	199,38	103,75	26,50
99	23,50	2,15	201,88	119,79	25,25
100	22,25	6,69	199,79	122,29	31,75
101	25,75	1,93	214,38	124,17	23,25
102	24,00	3,33	198,75	122,92	30,25
103	24,00	2,32	193,33	114,38	32,00
104	23,50	3,53	189,17	114,58	23,25
105	21,75	2,22	197,71	108,33	24,25
106	21,50	1,31	205,63	118,33	19,50
107	23,50	2,76	205,63	113,75	27,25
108	25,75	2,63	224,79	125,83	33,75
109*	25,00	2,53	193,96	112,92	36,75
110	24,50	0,36	216,46	138,13	35,00
111	24,75	0,92	202,50	123,96	29,25
112	21,75	0,90	212,50	116,25	19,00
113*	25,50	0,36	214,38	119,17	29,25
114*	25,50	3,88	204,58	117,50	34,25
115	24,50	3,88	200,83	123,75	35,25
116	24,00	2,73	208,54	130,42	30,50
117	23,75	1,12	200,63	128,54	36,00
118	23,25	1,16	213,54	132,08	31,75
119	24,00	1,97	185,63	121,46	35,25
120*	24,25	3,20	207,08	122,29	36,50
121*	21,75	2,14	200,00	114,38	31,00
122	22,75	1,87	220,42	130,21	36,25
123	24,00	3,75	213,54	129,58	29,00

Cont. Tabela 7

Trata- mentos	Características avaliadas				
	NP	NPQ	AP	AE	NE
124*	25,75	2,35	226,04	129,79	33,25
125	24,25	1,16	214,79	130,00	33,50
126	23,25	3,09	194,58	117,71	35,25
127*	25,00	2,61	218,96	125,42	29,00
128	23,75	3,52	178,75	101,46	33,25
129	24,50	1,24	212,92	118,75	29,25
130	24,00	4,36	227,08	134,38	34,25
131	23,25	3,89	206,46	114,58	23,75
132	24,25	0,90	196,46	110,21	25,25
133	24,50	2,45	203,13	116,46	26,25
134	23,00	1,31	208,54	117,50	29,25
135	23,25	2,48	203,33	121,67	26,25
136	23,50	0,61	183,13	91,67	29,75
137*	26,75	1,12	217,71	133,13	38,25
138*	25,75	1,69	226,25	122,71	34,50
139	23,75	2,35	194,79	114,38	28,00
140	25,50	1,56	208,33	118,13	27,50
141*	26,75	1,95	216,46	120,42	36,00
142*	26,25	1,05	219,58	140,42	33,50
143	25,50	1,00	219,17	138,13	29,75
144	24,75	1,87	208,96	125,21	33,00
145	24,50	0,77	209,17	118,54	22,00
146*	25,00	4,28	205,42	121,67	32,50
147	23,75	1,08	210,63	125,83	25,50
148	24,75	1,51	206,04	121,04	26,50
149	25,25	1,86	207,50	123,96	31,50
150	24,25	3,03	207,50	126,88	30,00
151	21,25	2,09	186,46	102,29	29,25
152	26,25	1,64	215,63	102,71	23,75
153	21,75	3,14	203,33	117,08	18,00
154*	25,00	0,61	191,04	99,38	27,50
155*	26,25	1,97	193,96	103,54	38,75
156*	24,75	3,76	200,67	119,58	34,75
157	25,00	1,66	186,04	112,29	27,25
158	24,25	6,69	217,50	137,08	25,50
159	27,00	2,69	209,58	118,96	28,25
160	23,75	2,20	204,38	109,38	31,50
161	26,25	2,94	215,42	118,75	23,00
162	25,00	1,31	216,67	122,71	23,00
163	25,00	4,62	208,13	121,88	33,00
164	26,25	2,23	203,96	110,00	30,75
165	25,50	2,32	197,08	105,42	26,50

Cont. Tabela 7

Trata- mentos	Características avaliadas				
	NP	NPQ	AP	AE	NE
166	26,00	2,47	223,33	122,50	29,25
167	26,00	7,10	208,75	121,04	29,00
168	24,50	6,02	214,17	129,17	31,25
169	22,50	3,72	229,58	147,71	30,75
170	24,00	2,58	201,25	113,96	27,75
171	26,00	4,65	213,33	123,54	33,00
172	23,75	2,90	217,29	129,17	29,00
173*	26,00	0,92	219,79	129,17	37,25
174	21,25	1,80	198,54	110,00	20,00
175	24,25	3,80	202,71	108,13	29,25
176	24,25	0,61	187,50	106,67	30,75
177*	24,50	1,63	206,67	116,25	33,75
178	24,00	1,08	213,54	117,29	25,75
179	25,50	0,81	218,96	115,83	23,75
180	25,25	5,27	225,42	126,25	33,00
181	24,50	0,90	182,71	96,88	24,00
182	24,75	1,56	200,63	98,75	26,00
183*	24,50	0,61	191,88	108,54	30,00
184	25,50	3,74	207,92	121,04	28,25
185	23,50	0,81	207,92	125,83	29,50
186	23,75	3,52	188,13	106,67	30,75
187*	24,50	1,42	193,13	115,83	31,25
188*	26,50	3,10	200,21	109,17	28,50
189	24,50	6,93	210,42	128,75	34,00
190	23,25	3,01	210,21	117,29	30,00
191	25,00	3,43	196,67	113,96	25,75
192	25,50	3,17	216,67	128,54	30,00
193	24,75	4,12	202,29	120,42	26,75
194	25,25	2,73	222,29	119,79	30,25
195	24,50	6,33	230,83	141,67	37,25
196	24,25	4,22	222,08	127,71	26,75
197	25,50	1,48	197,08	99,38	27,75
198	23,50	4,19	216,04	129,38	29,50
199	24,25	6,07	214,58	123,96	28,75
200	25,75	3,90	190,00	111,46	30,50

<sup>1/</sup>NP = número médio de plantas por parcela; NPQ = número médio de plantas quebradas; AP = altura média de planta; AE = altura média de espiga; e NE = número médio de espigas por parcela.

\* Famílias selecionadas.

Tabela 8: Estimativas das médias de cinco características<sup>1/</sup> avaliadas em 200 famílias de irmãos-completos de milho pipoca e testemunhas. Campos dos Goytacazes e Itaocara, 2010.

Tratamentos	Características avaliadas				
	ED	PE	RG	P100	CE
1*	0,43	1546,25	3244,44	12,17	26,17
2	2,69	996,25	1644,44	13,18	28,78
3	1,31	1493,75	2888,89	11,98	25,56
4	1,23	1095,00	1686,11	11,27	30,00
5	1,16	1268,75	2194,44	10,97	27,75
6	5,29	1450,00	2452,78	9,83	35,08
7	3,33	1036,25	2166,67	9,79	31,94
8	3,10	1655,00	2911,11	12,80	20,96
9	4,85	1201,25	1841,67	11,62	21,94
10	4,27	1018,75	1708,33	11,23	26,94
11	2,54	1480,00	2419,44	11,75	28,11
12	3,09	1075,00	2137,04	10,75	24,50
13	1,14	1435,00	2472,22	13,13	24,96
14	1,74	1238,75	2013,89	12,47	23,56
15	1,74	1355,00	2640,74	14,02	23,44
16	2,08	1661,25	2816,67	12,57	30,28
17	1,95	2200,00	3858,33	11,58	30,06
18*	0,92	1016,25	3105,56	10,39	33,29
19	2,58	1117,50	1844,44	11,83	23,79
20	2,30	1105,00	2359,26	10,55	24,44
21	1,05	1291,25	2511,11	12,41	23,94
22	1,16	1978,75	3830,56	12,44	23,22
23	2,00	1418,75	2338,89	11,63	28,46
24	2,64	1112,50	1727,78	10,74	30,67
25	1,16	1103,75	1766,67	12,61	29,72
26	1,74	1203,75	1944,44	12,84	25,06
27	2,39	1230,00	2161,11	10,62	30,83
28	2,78	1657,50	2897,22	11,55	28,78
29	4,37	1646,25	2850,00	13,36	31,25
30	1,48	1131,25	1813,89	11,47	22,89
31*	3,23	1603,75	2694,44	11,17	31,50
32	3,20	1248,75	2134,44	11,68	21,00
33*	2,21	1728,75	2847,22	13,77	35,42
34	1,47	1785,00	3141,67	14,91	29,28
35	1,08	1782,50	2725,00	11,55	27,58
36	1,48	1395,00	2386,11	12,25	29,72
37*	1,51	1641,25	2838,89	11,92	29,11
38	2,64	1445,00	2252,78	11,82	35,83
39	0,98	1370,00	2413,89	11,52	32,53

Cont. Tabela 8

Trata- mentos	Características avaliadas				
	ED	PE	RG	P100	CE
40	2,72	1178,75	1850,00	9,05	21,94
41	2,78	1377,50	2266,67	11,62	31,56
42	4,39	1663,75	2625,00	13,37	33,38
43	1,86	1308,75	2169,44	12,56	30,56
44*	1,51	1788,75	3080,56	10,79	32,17
45	1,88	1543,75	2658,33	11,46	29,44
46	0,98	1306,25	2222,22	11,20	23,17
47	2,90	1087,50	1738,89	10,86	26,67
48	5,25	788,75	1313,89	10,67	24,11
49	1,48	995,00	1708,33	11,22	27,33
50	0,92	1015,00	1597,22	11,46	23,94
51	3,85	1216,25	1980,56	10,46	30,71
52	3,56	1067,50	1783,33	10,56	26,11
53	2,53	1055,00	1747,22	10,61	33,06
54	0,90	1442,50	2336,11	13,86	30,42
55	0,98	1027,50	1611,11	13,07	35,04
56	1,51	1025,00	1722,22	11,11	29,00
57	0,20	1308,75	2188,89	11,81	31,29
58	3,68	1528,33	2592,59	11,86	31,39
59	1,24	1560,00	2688,89	12,04	24,71
60	1,12	1198,75	2329,63	12,35	25,00
61	1,31	1518,75	2603,89	13,11	28,22
62	1,90	1783,75	2905,56	11,24	22,56
63	0,90	1403,75	2463,89	11,01	29,28
64	1,87	1572,50	2550,00	14,50	25,44
65	1,33	1601,25	2630,56	12,56	33,33
66	3,89	1312,50	2208,33	12,89	26,44
67	1,69	1616,25	2875,00	11,58	28,33
68	1,87	1596,25	2522,22	13,31	29,22
69	2,73	1256,25	2005,56	11,05	29,89
70	0,86	1216,25	2016,67	13,09	27,39
71	0,77	1362,50	2225,00	10,59	17,22
72	0,43	1096,25	1763,89	10,39	33,22
73	1,31	1871,25	3197,22	13,07	27,61
74	0,92	773,75	1352,78	10,91	31,94
75	0,81	1540,00	2638,89	11,82	28,21
76	3,12	1130,00	1827,78	12,19	24,44
77	0,61	1655,00	2811,11	15,00	19,22
78	1,28	1698,75	2780,56	11,94	26,44
79	0,20	1495,00	2405,56	11,61	25,08
80	3,42	1388,75	2222,22	11,34	20,00
81	0,70	1130,00	1891,67	11,82	26,44

Cont. Tabela 8

Tratamentos	Características avaliadas				
	ED	PE	RG	P100	CE
82	0,90	2003,75	3350,00	13,24	21,92
83	2,60	1572,50	2622,22	15,04	30,78
84	1,93	1598,75	2583,33	12,79	29,94
85*	0,92	1588,75	2811,11	13,04	31,56
86	3,07	1640,00	2844,44	10,65	30,17
87	1,42	1871,25	3236,11	13,87	23,67
88	1,97	1768,75	2933,33	15,37	30,56
89	2,23	1463,75	2558,33	12,14	27,11
90*	1,36	1432,50	2400,00	12,22	31,56
91*	2,47	1887,50	3166,67	11,07	33,22
92*	0,43	1695,00	2863,89	12,05	31,11
93	2,41	1126,25	1788,89	12,12	20,22
94	3,08	1533,75	2652,78	13,61	27,22
95	3,71	1356,25	2336,11	12,16	29,88
96	1,77	1326,25	2366,67	11,07	28,00
97	2,96	1493,75	2605,56	11,79	23,00
98	1,48	1116,25	1863,89	12,15	28,83
99	1,08	1381,25	2363,89	14,59	31,00
100	3,89	1118,75	1813,89	12,66	23,44
101	0,61	1172,50	1983,33	13,26	33,11
102	1,05	1225,00	2574,07	11,65	35,78
103	1,36	1465,00	3000,00	12,32	21,50
104	2,35	1056,25	2348,15	12,90	25,33
105	1,24	1017,50	1783,33	10,85	25,56
106	0,43	1146,25	2340,74	14,49	29,56
107	2,31	1612,50	3262,96	13,67	25,29
108	5,10	1801,25	3533,33	11,65	23,67
109*	2,18	1735,00	2911,11	10,28	28,22
110	1,97	1552,50	2722,22	10,80	30,67
111	0,77	1556,25	2680,56	13,30	19,44
112	1,42	783,75	1213,89	12,09	30,56
113*	1,18	1707,50	3048,15	11,79	36,11
114*	1,87	1921,25	3341,67	13,21	27,63
115	3,85	1795,00	2833,33	12,51	26,17
116	2,20	1300,00	2191,67	14,53	23,43
117	4,85	1792,50	3038,89	14,56	24,44
118	2,09	1343,75	2230,56	11,12	32,39
119	2,21	1597,50	2627,78	12,61	14,22
120*	3,06	1730,00	3544,44	10,07	28,44
121*	0,77	1648,75	2925,00	11,40	26,94
122	4,75	1877,50	3069,44	13,13	26,78
123	2,63	1136,25	1780,56	11,13	36,11

Cont. Tabela 8

Tratamentos	Características avaliadas				
	ED	PE	RG	P100	CE
124*	0,98	1950,00	3197,22	12,26	32,33
125	2,17	1538,75	2616,67	12,73	18,89
126	2,49	1528,75	2719,44	10,22	28,28
127*	1,31	1780,00	3047,22	13,25	30,89
128	3,52	1373,75	2455,56	11,48	22,78
129	2,17	1467,50	2536,11	11,53	30,39
130	1,42	2037,50	3516,67	13,07	20,63
131	2,10	735,00	1166,67	10,34	29,11
132	2,21	1107,50	1886,11	11,43	28,33
133	2,28	1213,75	2005,56	12,59	27,67
134	0,98	1415,00	2236,11	11,82	28,22
135	1,12	1275,00	2113,89	11,92	29,33
136	4,66	1191,25	1975,00	11,25	23,17
137*	1,33	1583,75	3125,93	11,53	33,00
138*	1,31	1776,25	2980,56	12,38	31,75
139	1,05	1320,00	2266,67	11,79	32,94
140	4,40	1425,00	2213,89	11,42	28,33
141*	0,63	1956,25	3250,00	12,35	34,44
142*	1,88	1702,50	2861,11	11,45	36,83
143	1,51	1790,00	2966,67	12,95	28,89
144	2,92	1738,75	2825,00	12,07	26,22
145	1,64	1147,50	2277,78	13,07	24,39
146*	0,61	1955,00	3444,44	12,69	28,89
147	0,90	1558,75	2736,11	12,70	25,67
148	0,98	1425,00	2422,22	13,11	29,06
149	4,15	1556,25	2558,33	12,65	25,28
150	2,35	1470,00	2525,00	11,42	25,83
151	2,39	1093,75	1822,22	11,77	30,56
152	1,12	1015,00	1636,67	11,53	29,17
153	1,86	847,50	1416,67	12,75	20,04
154*	1,87	1295,00	2247,22	10,70	32,50
155*	4,24	1537,50	2733,33	10,04	30,67
156*	1,42	1940,00	3311,11	12,71	31,33
157	0,43	1243,75	2036,11	11,51	32,44
158	0,90	1495,00	2541,67	14,46	30,56
159	1,18	1365,00	2197,22	11,27	24,50
160	0,86	1378,75	2269,44	12,21	20,75
161	1,31	1002,50	1619,44	12,71	26,44
162	0,92	977,50	1438,89	11,81	21,44
163	1,33	1648,75	2677,78	12,77	25,92
164	1,14	1372,50	2200,00	10,53	33,89
165	2,21	1093,75	1816,67	11,97	33,67

Cont. Tabela 8

Trata- mentos	Características avaliadas				
	ED	PE	RG	P100	CE
166	0,50	1402,50	2416,67	12,92	23,58
167	0,20	1383,75	2261,11	10,54	32,25
168	1,12	1356,25	2305,56	11,67	19,11
169	1,48	1885,00	3322,22	13,33	21,88
170	1,12	1526,25	2622,22	12,14	23,61
171	3,21	1718,75	3066,67	12,78	24,72
172	3,27	1390,00	2427,78	12,47	22,00
173*	0,86	1843,75	3002,78	13,23	25,92
174	0,90	1033,75	1719,44	12,81	27,06
175	0,43	1538,75	2669,44	11,35	26,22
176	1,12	1301,25	2144,44	12,18	30,33
177*	0,50	1681,25	2863,89	13,35	29,89
178	1,97	1451,25	2408,33	11,42	29,39
179	2,39	1017,50	1680,56	11,93	26,04
180	1,66	1757,50	3030,56	11,64	34,44
181	2,54	1032,50	1722,22	9,87	25,83
182	0,61	1400,00	2325,00	12,72	27,44
183*	1,36	1686,25	3038,89	11,72	33,33
184	1,56	1413,75	2405,56	12,18	28,72
185	1,56	1322,50	2244,44	11,99	34,44
186	1,77	1618,75	2702,78	11,67	16,79
187*	1,16	1757,50	2900,00	14,09	30,11
188*	1,31	1751,25	2808,33	12,76	29,72
189	3,86	1558,75	2641,67	12,06	25,00
190	1,48	1612,50	2702,78	12,70	24,58
191	0,20	1523,75	2508,33	13,33	24,39
192	2,38	1518,75	2436,11	12,65	22,33
193	0,61	1251,25	2202,78	13,18	27,58
194	1,68	1652,50	2705,56	12,84	32,39
195	1,95	1991,25	3558,33	12,44	32,61
196	1,90	1272,50	2097,22	11,98	25,00
197	2,17	1308,75	2102,78	13,09	19,61
198	1,74	1427,50	2944,44	12,11	32,28
199	2,70	1500,00	2550,00	12,71	25,33
200	3,21	1146,25	2422,22	12,05	25,58

<sup>1/</sup>ED = número médio de espigas doentes; PE = peso médio de espigas em kg.ha<sup>-1</sup>; RG = rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; M100 = massa média de 100 grãos em gramas; e CE = capacidade de expansão em mL.g<sup>-1</sup>.

\* Famílias selecionadas.