

POTENCIAL DE HÍBRIDOS E VARIEDADES DE MILHO-PIPOCA NO
NORTE E NOROESTE FLUMINENSE EM ENSAIOS DE VCU E DHE

THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO SILVA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO - 2012

POTENCIAL DE HÍBRIDOS E VARIEDADES DE MILHO-PIPOCA NO
NORTE E NOROESTE FLUMINENSE EM ENSAIOS DE VCU E DHE

THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO SILVA

“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
MARÇO – 2012

POTENCIAL DE HÍBRIDOS E VARIEDADES DE MILHO-PIPOCA NO NORTE E NOROESTE FLUMINENSE EM ENSAIOS DE VCU E DHE

THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO SILVA

“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 19 de março de 2012

Comissão Examinadora:

Prof. Adésio Ferreira (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UFES

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

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

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

Aos meus pais Tânia e Reinaldo,
Aos meus irmãos Reinaldo, Bruno e Joana,
Às minhas princesas Aline e Ana Luíza e
Aos meus queridos sobrinhos Bernardo e Clara,

DEDICO

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram
para o sucesso dos muitos objetivos
traçados na minha passagem pela terra,

OFEREÇO

“Nenhum sucesso na vida compensa o fracasso do lar.”

(David O. Mcklay)

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora, por me conceberem esta oportunidade;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), por tornar possível a realização de um sonho;

Ao Programa de Genética e Melhoramento de Plantas e a seus membros, por todo empenho;

À Faperj, pela concessão da bolsa, pois sem ela meus estudos estariam comprometidos;

Ao Professor Antônio Teixeira do Amaral Júnior, pelos ensinamentos, orientação, amizade, incentivo e confiança no meu potencial;

Aos pós-doutorandos Lílian e Leandro, por toda ajuda e amizade;

Ao Daniel, da Secretaria do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas, pelo seu magnífico trabalho e dedicação;

A todos os professores que participaram da minha formação durante o mestrado;

Ao Neri (*in memoriam*) e à Iolanda (*in memoriam*), meus tão queridos avós;

Aos amigos e irmãos de “república” Aylton, Luciano, Wellington, Weverton, Tarcísio, Jean, Marlin e Daniel, pela respeitosa convivência durante minha caminhada;

Aos Funcionários do Colégio Agrícola e da Pesagro-RJ, pelo auxílio na
Condução dos Experimentos, principalmente o Sr. Geraldo;

Aos meus amigos Roberto (Fufu), Janeo, Cássio, Arnaldo Sá, Guilherme,
Lílian, Leandro, Silvério, Ismael, Rodrigo, Rodolfo, Pablo, Higino (Sumido),
Vagner, Validoro e Wellington, parceiros e amigos de todas as horas; e

Aos companheiros de mestrado, pelo companheirismo e amizade.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MILHO-PIPOCA: CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	4
2.2. ABORDAGEM ECONÔMICA DO MILHO-PIPOCA.....	5
2.3. HISTÓRICO DO MELHORAMENTO DA CULTURA DO MILHO-PIPOCA...6	
2.4. MELHORAMENTO DE MILHO-PIPOCA NA UENF POR MEIO DE SELEÇÃO RECORRENTE.....	7
2.6. INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES	11
2.7. ÍNDICE DE SELEÇÃO.....	14
2.7.1 DETALHAMENTO DA OBTENÇÃO DO ÍNDICE DE GARCIA (1998). .16	
3. TRABALHOS	19
SELEÇÃO DE PRÉ-CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA BASEADA EM ÍNDICES NÃO-PARAMÉTRICOS	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÕES	26
REFERÊNCIAS	26
DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE MILHO-PIPOCA NO	

NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	46
DIVERSIDADE ENTRE VARIEDADES DE MILHO-PIPOCA EM ENSAIOS DE DISTINGUIBILIDADE, HOMOGENEIDADE E ESTABILIDADE.....	50
RESUMO	50
ABSTRACT	51
INTRODUÇÃO	51
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
CONCLUSÃO	58
4. RESUMO E CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

RESUMO

SILVA, THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Março de 2012, Potencial de híbridos e variedades de milho-pipoca no norte e noroeste fluminense em ensaios de VCU e DHE. Orientador: Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Conselheiros: Alexandre Pio Viana e Geraldo de Amaral Gravina.

A expansão do mercado agrícola no Brasil vem permitindo que outras culturas, antes pouco cultivadas, ganhem mercado, entre elas a cultura do milho-pipoca. Essa cultura vem despertando o interesse dos produtores, pois seu produto é muito apreciado pela população brasileira e pode gerar renda até três vezes superior ao milho comum, tornando-se uma alternativa para produtores rurais agregarem valores a seus produtos e aumentarem sua renda. Entretanto, a limitação de cultivares que reúnam características agrônômicas favoráveis como alto índice de capacidade de expansão e rendimento de grão é considerada o principal entrave para a expansão do cultivo do milho-pipoca no País. Diante disso, os objetivos gerais desse trabalho foram avaliar a potencialidade de pré-cultivares de milho-pipoca oriundas dos cruzamentos $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_9$, $P_3 \times P_7$ e UNB2U-C5 para plantio nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro e verificar se os descritores morfológicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), nos ensaios de distinguibilidade, estabilidade e adaptabilidade (DHE), foram eficientes para distinguir a população UNB-2U das demais variedades. Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011 em cinco ambientes

representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense. Foram avaliados 16 genótipos de milho-pipoca: oito variedades e oito híbridos. As pré-cultivares foram selecionadas para o registro no Mapa, com base em diferentes características, utilizando o índice de Garcia (1998) e o de soma de classificação Mulamba e Mock (1978), tendo sido priorizados o rendimento de grãos e a capacidade de expansão. Posteriormente, foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das pré-cultivares nos cinco ambientes avaliados pela metodologia não paramétrica de Lins e Binns (1988). Por fim, a população UNB-2U, variedade de polinização aberta, foi caracterizada com base nos descritores morfológicos estabelecidos pelo Mapa nos ensaios para proteção de cultivares. Os índices de Garcia e de soma de classificação foram concordantes na classificação dos genótipos de milho-pipoca, tendo a variedade UNB2U-C5 e o híbrido $P_1 \times P_7$ obtido os melhores desempenhos, podendo ser recomendados para plantio nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Os descritores morfológicos foram suficientes para distinguir as variedades de milho-pipoca estudadas, incluindo a população UNB-2U do programa de melhoramento da UENF, demonstrando a eficácia do programa em desenvolver uma variedade distinguível, conforme um dos requisitos para proteção de cultivares.

Palavras-chave: Variabilidade, registro e proteção de cultivares, adaptabilidade, valor de cultivo e uso e capacidade de expansão.

ABSTRACT

SILVA, THIAGO RODRIGUES DA CONCEIÇÃO, M.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, March 12, Hybrid potencial and popcorn varieties of north and northwest fluminense regions on VCU and DHE tests. Advisor: Antonio Teixeira do Amaral Júnior. Counselors: Alexandre Pio Viana and Geraldo Amaral Gravina.

The expansion of the agricultural market in Brazil has allowed cultures little cultivated before, including popcorn, to conquer the market. This culture has aroused the interest of producers, because the product is much appreciated by the Brazilian population and can generate income up to three times higher than common corn, which makes it an alternative for farmers to aggregate value to their products and increase their income. However, the limited number of cultivars comprising favorable agronomic traits, such as high rate of scalability and grain yield, is the main obstacle to the expansion of popcorn cultivation in the country. Therefore, the overall objectives of this study were to evaluate the potential of pre-popcorn cultivars derived from crosses $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_9$, $P_3 \times P_7$ and UNB2U-C5 to be planted in the Northern and Northwestern State of Rio de Janeiro, and assess whether the morphological descriptors established by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), in the tests for distinctness, stability and adaptability (DHE), were effective in distinguishing the UNB-2U population from other varieties. The experiments were carried out in the agricultural years 2009/2010 and 2010/2011 in five environments of the Northern

and Northwestern Rio de Janeiro. We evaluated 16 genotypes of popcorn; eight varieties and eight hybrids. The pre-cultivars were selected for recording on the MAPA, based on different characteristics, using the Garcia index (1998) and the rank-sum index of Mulamba and Mock (1978). Priority was given to grain yield and scalability. Then, the parameters of adaptability and stability of the pre-cultivars were estimated in the five environments, by the nonparametric methodology of Lins and Binns (1988). Finally, the UNB-2U population, an open-pollinated variety, was characterized based on the morphological descriptors established by the MAPA in the tests for cultivar protection. The Garcia and rank-sum indices were concordant on the classification of the popcorn genotypes. The variety UNB2U-C5 and the hybrid P1 x P7 achieved the best performance and can be recommended to be planted in the Northern and Northwestern state of Rio de Janeiro. The morphological descriptors evaluated were sufficient to distinguish the varieties of popcorn studied, including the population UNB-2U of the UENF breeding program, thus demonstrating that the program is effective to develop a distinguishable variety, which is one of the requirements for cultivar protection.

Keywords: *Zea mays* L, variability, registration and protection of plant varieties, adaptability, value for cultivation and use and popping expansion

1. INTRODUÇÃO

A pipoca é um alimento bastante apreciado no Brasil tanto por crianças quanto por adultos e, embora o valor do grão do milho-pipoca proporcione lucro até três vezes superior ao milho comum, o plantio comercial do milho-pipoca ainda é bastante modesto entre os produtores brasileiros, devido, principalmente, à limitação de cultivares disponíveis no mercado.

Para os agricultores do Norte e Noroeste Fluminense, o cultivo do milho-pipoca é alternativa viável de diversificação agrícola, permitindo elevado lucro por unidade de cultivo, sobretudo em relação ao monocultivo da cana-de-açúcar, que ainda prevalece nestas regiões. Com o estabelecimento da cultura do milho-pipoca nas regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro, a agricultura familiar terá disponível mais uma opção de cultivo, o que impulsionará a cadeia produtiva da cultura, aumentando a renda de muitas famílias com a comercialização dos grãos e dos subprodutos.

Ações de pesquisa com o melhoramento do milho-pipoca vêm sendo desenvolvidas pela UENF (Santos et al., 2007; Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009; Silva et al., 2011), todavia, é necessário que sejam intensificadas para o desenvolvimento de cultivares que possam se estabelecer no Norte e Noroeste Fluminense.

Segundo os dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), existe 46 cultivares de milho-pipoca registradas: 38 híbridos e oito variedades. Entre os híbridos, seis são nacionais - RS 20, da Fundação Estadual

de Pesquisa Agropecuária-RS; IAC 112 e IAC 125, do Instituto Agrônomo de Campinas; BRS ÂNGELA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; UFVM2, da Universidade Federal de Viçosa e POP TOP, da Seedco do Brasil - e as outras 32 são de origem estrangeira.

Para a obtenção do registro que permite a comercialização de cultivares no país é necessária a realização de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU). Nesses ensaios, são avaliados dezenas de caracteres agrônômicos predeterminados pelo Mapa, em vários anos e locais, visando a determinar o valor intrínseco da cultivar com suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e, ou, de consumo (Brasil, 2000). Dessa forma, a utilização de índices não paramétricos que visam a combinar informações dos diversos caracteres num único valor torna-se relevante para comparar e classificar os genótipos em teste de um programa de melhoramento (Garcia e Souza Júnior, 1999).

De maneira geral, nos programas de melhoramento genético de plantas, a seleção dos genótipos é conduzida em diferentes localidades de uma região de interesse para cultivo e é interessante que esses genótipos não apresentem alterações significativas de desempenho, significando maior segurança na recomendação. Entretanto, na maioria das vezes, o desempenho dos genótipos varia, conforme o ambiente, de modo que uma cultivar dificilmente é a melhor em todas as condições de cultivo (interação genótipos x ambientes). Dessa forma, é necessário identificar cultivares adaptadas às condições específicas de cada ambiente. Além disso, a cultivar deve ser altamente produtiva e apresentar previsibilidade de comportamento, ou seja, ser estável. Assim, torna-se fundamental obter estimativas de parâmetros de adaptabilidade e estabilidade nas etapas avançadas dos programas de melhoramento.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) desenvolve o único programa de melhoramento de milho-pipoca do Estado do Rio de Janeiro em duas vertentes: emprego de seleção recorrente na população UNB-2U, denominada para fins de registro e proteção como UENF-14 (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Daros et al., 2002; Daros et al., 2004; Santos et al., 2007; Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009; Rangel et al., 2011; Ribeiro, 2011), e obtenção de híbridos simples comerciais por meio da avaliação da capacidade combinatória por dialelo circulante (Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2007;

Rangel et al., 2008) ou convencional (Silva et al., 2011), além da formação de compostos para uso em programas de seleção recorrente intrapopulacionais (Rangel et al., 2007).

Em relação ao programa de seleção recorrente de milho-pipoca da UENF, a população UNB-2U de sexto ciclo, ora designada UENF-14, atingiu médias preditas de $31,13 \text{ mL.g}^{-1}$ e de $2.987,84 \text{ kg.ha}^{-1}$, para capacidade de expansão e rendimento de grãos, respectivamente (Ribeiro, 2011). Estes valores são próximos dos considerados ideais para fins de recomendação de variedade, o que leva, então, à necessidade de avaliação desta população em ensaios para obtenção do registro para comercialização, por meio dos ensaios de VCU. Não obstante, torna-se importante a condução de ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE), que garantirão a propriedade intelectual à instituição que desenvolveu a cultivar.

Assim, os objetivos do presente trabalho foram: a) avaliar o potencial agrônomo da variedade UNB2U-C5 (UENF-14), bem como de cinco híbridos obtidos pelo programa da UENF através de contatos com pesquisadores do programa de melhoramento da cultura na UEM (Universidade Estadual de Maringá-PR), a fim de verificar a viabilidade de registro dessas cultivares no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa); b) selecionar pré-cultivares de milho-pipoca para registro no Mapa, com base em diferentes caracteres, utilizando índices de seleção não-paramétricos; c) verificar se os descritores morfológicos qualitativos estabelecidos pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC) do Mapa são eficientes para distinguir os genótipos avaliados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Milho-Pipoca: classificação Botânica e principais características

O milho-pipoca [*Zea mays* L. var. *everta* (Sturtev) L. H. Bailey] é da família Poaceae, uma gramínea da subfamília Panicoide, tribo Maydeae, gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L., assim como o milho comum. No entanto, o milho-pipoca possui grãos menores, maior prolificidade, menor vigor e maior suscetibilidade a doenças. De todo modo, a capacidade de o grão do milho-pipoca se expandir é a principal diferença em relação ao milho comum. Sua expansão ocorre quando seu grão é submetido à pressão de 135 psi, decorrente do aquecimento em torno de 177° C (Hoseney et al., 1983).

Em relação à arquitetura e à fisiologia das plantas, geralmente as cultivares de milho-pipoca são mais prolíficas, superprecoces na maturação e na secagem dos grãos, além de produzirem perfílios com maior frequência, têm um sistema radicular menos desenvolvido, sofrem maior dano com o ataque de larvas de diabrótica e nematoides, tornando a planta mais suscetível, também, ao acamamento e à seca (Fantin et al., 1991). Possivelmente isso ocorre devido ao fato de normalmente os caracteres agrônômicos do milho-pipoca se correlacionarem negativamente com os caracteres de qualidade da pipoca (Carpentieri-Pípolo et al., 2005).

2.2. Abordagem econômica do milho-pipoca

No Brasil, o cultivo de milho-pipoca ocorre principalmente por meio do sistema integrado entre as empresas empacotadoras e os produtores. Após selecionarem a região onde querem produzir, as empresas fornecem as sementes e a tecnologia ao produtor, favorecendo o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção.

Quanto ao potencial econômico do milho-pipoca, no primeiro semestre de 2009, a maior produtividade alcançada variou entre 50 a 60 sacas por hectare, e as empacotadoras pagaram cerca de R\$ 45,00 por saca de 25 kg aos cooperados. O custo de produção variou entre R\$ 800,00 a R\$ 1.200,00/ha, em função da tecnologia utilizada (Freitas Júnior et al., 2009). Nesse mesmo período, o milho-pipoca nacional estava cotado a R\$ 1,82 kg⁻¹, correspondendo a R\$ 54,60 a saca de 30 kg. Já o milho comum, no mesmo período, era comercializado a R\$ 0,38 kg⁻¹, sendo a saca de 60 kg comercializada a R\$ 22,80 (Ribeiro et al., 2011). Segundo o Conselho Monetário Nacional (CMN), o preço mínimo estipulado pelo governo para o milho-pipoca no início do ano de 2012 foi de R\$ 0,53 kg⁻¹, enquanto para o milho comum a média foi em torno de R\$ 0,27 kg⁻¹ (MAPA, 2012). Dessa maneira, é possível constatar o alto valor de mercado do milho-pipoca no cenário nacional, mostrando seu elevado potencial para ser explorado na agricultura brasileira.

Para os pequenos agricultores das regiões Norte e Noroeste Fluminense, a cultura é uma nova alternativa, visto que a quase totalidade da estrutura fundiária da região é constituída por agricultores que detêm o máximo de 10 ha, com forte vocação para a agricultura familiar (Rangel et al., 2007). O aumento da demanda de milho-pipoca e da respectiva importação bem como o potencial econômico dessa cultura ratificam a necessidade do desenvolvimento de cultivares regionais de alta qualidade (Segundo Rangel et al., 2008).

Por tudo isso, o milho-pipoca é alternativa para fixar o homem no campo, sendo uma boa opção econômica para pequenos produtores, em especial nos assentamentos que são em números consideráveis nas regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro. Para estes produtores, a melhor opção são as variedades, por serem mais rústicas, dispensarem alta tecnificação, além de permitirem o replantio com as sementes guardadas de um ano para outro.

2.3. Histórico do melhoramento da cultura do milho-pipoca

O desenvolvimento da indústria do milho-pipoca na América do Norte teve início na segunda metade do século XIX (Willier, 1927). Sabe-se que os primeiros trabalhos de produção de linhagens nos E.U.A. começaram em 1925 (Brunson, 1937). O milho híbrido, utilizado desde a década de 1930 para o melhoramento do milho-pipoca, foi responsável pelo grande progresso obtido nessa cultura nos Estados Unidos da América para produtividade e qualidade da pipoca (Ziegler e Ashman, 1994). No Brasil, o melhoramento do milho-pipoca teve impulso a partir de 1990, embora o primeiro programa de milho híbrido tenha se iniciado em 1932, no Instituto Agrônomo de Campinas, tendo em 1941 sido lançada a primeira variedade nacional, que se originou de ciclos de seleção massal na população-base *South American Mushroom* (SAM), derivada de *South American*, proveniente dos E.U.A. Mas apenas em 1988 é que ocorreu o lançamento do primeiro híbrido simples, designado IAC-112 (Sawazaki, 2001; Freitas Júnior et al., 2009). Porém, conforme os registros mais fidedignos, o primeiro lançamento de híbrido no país ocorreu mesmo em 1941, pela PIONEER, que foi denominado de Zélia.

Em abril de 2006, foi registrado o IAC 125, híbrido *topcross* (híbrido simples x variedade), resultado do cruzamento do IAC 112 com um sintético obtido de um híbrido norte-americano. O IAC 125 é uma versão de híbrido simples do IAC 112. Atualmente, o IAC 112 é o híbrido de melhor sanidade de espiga com grande estabilidade de produção, devido à resistência às principais doenças foliares, viroses e a podridões de grãos.

Entre as cultivares de polinização aberta de milho-pipoca, a variedade RS-20 apresenta capacidade de expansão dos grãos em magnitude semelhante aos híbridos, porém com baixos valores de produção (Miranda et al., 2008).

Uma estratégia pertinente para o lançamento de cultivares é a obtenção de variedade melhorada a partir de composto. Um exemplo é a variedade BRS Ângela, oriunda de ciclos de seleção recorrente do composto CMS-43, da Embrapa/CNPMS (Pacheco et al., 2000). BRS Ângela é uma variedade produtiva e com boa qualidade de pipoca, apesar de seus grãos serem brancos, limitando sua difusão no mercado (Sawazaki, 2001).

2.4. Melhoramento de milho-pipoca na UENF por meio de seleção recorrente

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem desenvolvendo um Programa de Seleção Recorrente em milho pipoca, visando à obtenção de progênies superiores para lançamento como nova variedade para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. O Programa foi iniciado com a variedade UNB-2U, de polinização aberta, originada da UNB2, após dois ciclos de seleção massal em Campos dos Goytacazes, RJ. A população UNB2 originou-se da seleção em um Composto Indígena, que a ESALQ/USP, de Piracicaba, SP, doou à UNB, de Brasília, DF. Com isso, gerou-se a população UNB-1, que foi cruzada com uma variedade de milho-pipoca americana, cujas progênies selecionadas foram cruzadas com uma variedade de milho-pipoca de grãos amarelos, resistentes à *Exserohilum turcicum*. Após dois ciclos de seleção massal, foi obtida uma população formada por plantas resistentes, com alta produção e com grãos amarelos. Tal população foi retrocruzada, por três vezes, com uma variedade americana, originando, assim, a população UNB2, de polinização aberta (Pereira e Amaral Júnior, 2001).

Com o intuito de buscar a melhor estratégia para o estabelecimento de um programa de melhoramento que maximizasse os ganhos desejados de milho-pipoca na UENF, Pereira e Amaral Júnior (2001) utilizaram o Delineamento I, de Comstock e Robinson (1948), e avaliaram 92 famílias de irmãos completos em dois ambientes contrastantes. Evidenciaram a existência de suficiente variabilidade genética para capacidade de expansão e produção de grãos. Segundo os autores, a herança para capacidade de expansão foi tipicamente aditiva e, conseqüentemente, maiores ganhos para estas características seriam possíveis com o método de seleção recorrente intrapopulacional entre famílias de irmãos completos.

Por conseguinte, Daros et al. (2004) implementaram o primeiro ciclo de seleção recorrente em UNB-2U. Para tanto, foram avaliadas 75 famílias, em dois ambientes: Campos dos Goytacazes e Itaocara, RJ. Os resultados do ciclo C1 revelaram a possibilidade de progresso genético de 4,69 % para produção de grãos e de 10,39 % para capacidade de expansão.

Em continuidade ao programa, Daros et al. (2004) implementaram o segundo ciclo de seleção recorrente, contudo, utilizando famílias endogâmicas (S1), que revelaram suficiente variabilidade genética a ser explorada em ciclos futuros, o que é essencial para o sucesso do programa. A seleção das famílias superiores, realizada com base no índice de seleção Smith (1936) e Hazel (1943), proporcionou ganhos preditos de 26,95 % para produção de grãos e de 17,8 % para capacidade de expansão.

Santos et al. (2007), trabalhando com famílias de meios-irmãos obtidas do híbrido UNB2U-C2, predisseram a possibilidade de progressos genéticos de 5,70 % para a característica capacidade de expansão e de 8,98 % para produção de grãos no terceiro ciclo de seleção recorrente. A seleção das famílias superiores, realizada com base no índice de Mulamba e Mock (1978), produziu ganhos preditos de 7,16 % para capacidade de expansão e de 10,00 % para produtividade, além de ganhos negativos para espigas doentes e atacadas por pragas e plantas acamadas e quebradas, sendo, portanto, o procedimento mais adequado na seleção de progênes superiores para constituírem o terceiro ciclo de seleção recorrente.

Freitas Júnior et al. (2009) implementaram o quarto ciclo de seleção recorrente, utilizando progênes de irmãos completos, a partir de uma população UNB2U-C3. A utilização do índice de seleção Mulamba e Mock (1978) permitiu a predição de ganhos negativos para número de espigas doentes e atacadas por pragas, número de plantas quebradas e acamadas e espigas mal empalhadas. Já para capacidade de expansão e rendimento dos grãos, tal índice de seleção proporcionou ganhos superiores aos demais índices, com valores respectivos de 10,55 % e 8,50 %, permitindo, assim, a seleção das 30 melhores famílias para a continuidade do programa.

Rangel et al. (2011), na condução do quinto ciclo de seleção recorrente, obtiveram média das famílias avaliadas com magnitude de 26,27 mL.g⁻¹ para a capacidade de expansão (CE) e de 2.569,70 kg.ha⁻¹ para rendimento de grãos (RG), totalizando um ganho real de 4,83 % e 7,34 %, para CE e RG, respectivamente.

O sexto ciclo foi obtido por Ribeiro (2011), tendo sido preditas médias de 31,13 mL.g⁻¹ para capacidade de expansão e de 2.987,84 kg.ha⁻¹ para rendimento de grãos.

Com o alcance desses resultados, vislumbrou-se a possibilidade de realização de ensaios de VCU (valor de cultivo e uso) e DHE (distinguilidade, homogeneidade e estabilidade), visando à recomendação de variedade produtiva e adaptada para as regiões Norte e Noroeste Fluminense.

2.5. Registro e Proteção de Cultivares

Para organizar, sistematizar e controlar a produção e comercialização de sementes e mudas, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) instituiu, por meio da Portaria nº 527, de 30 de dezembro de 1997, o Registro Nacional de Cultivares (RNC). O RNC tem por finalidade habilitar previamente cultivares e espécies para a produção e a comercialização de sementes e mudas no país independentemente do grupo a que pertencerem, sejam esses grupos florestais, forrageiras, frutíferas, grandes culturas, olerícolas, ornamentais ou outros.

O registro emitido pelo Ministério da Agricultura confere ao produto, serviço ou estabelecimento a garantia de qualidade e conformidade técnica e legal. Dessa forma, para orientar os obtentores de cultivares, o RNC estabeleceu as normas para determinar o valor de uma nova cultivar visando ao registro, denominado Valor de Cultivo e Uso (VCU).

Assim, para receberem o certificado de registro, as cultivares de milho precisam ser avaliadas por meio do VCU em três locais por região edafoclimática de importância para a cultivar, pelo período mínimo de dois anos ou duas estações de cultivo, em delineamento experimental de blocos casualizados, com o mínimo de três repetições. As parcelas úteis devem ter no mínimo duas fileiras de quatro metros de comprimentos, sendo utilizadas apenas as duas centrais como úteis, e as testemunhas deverão ser, no mínimo, duas cultivares inscritas no RNC, identificadas entre aquelas mais representativas da região de realização dos testes, sendo pelo menos uma da mesma categoria da cultivar objeto de registro. São mensurados mais de vinte caracteres de desempenho agrônomo.

Já os chamados testes de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE) são capazes de comprovar que a cultivar é distinguível de outra, homogênea e estável quanto às suas características em cada ciclo reprodutivo,

sendo estes testes indispensáveis para a concessão do Certificado de Proteção da Cultivar.

O principal objetivo da proteção é resguardar o conhecimento científico, permitindo às pessoas físicas e instituições que fazem melhoramento de plantas a cobrança de *royalties* sobre as novas variedades comercializadas, garantindo, assim, o retorno dos altos investimentos efetuados, motivando a cadeia produtiva. Mas a obtenção do certificado de proteção não habilita o titular a produzir e comercializar a cultivar.

Os requisitos mínimos para que uma cultivar seja protegida são: ser produto de melhoramento, ser uma espécie passível de proteção, não ter sido comercializada no exterior há mais de quatro anos, não ter sido comercializada no Brasil há mais de um ano, e ser distinta, homogênea e estável.

No Brasil, o número de cultivares protegidas é de 1265, existindo para cultura do milho 47 proteções, das quais 87,23% são provenientes do setor público (Marinho et al., 2011). Esse fato se deve à maioria das cultivares comercializadas serem híbridos, não necessitando, portanto, da proteção.

Para a realização dos testes de DHE, é necessário estudar criteriosamente as normas estabelecidas pelo Mapa para a cultivar candidata, bem como observar fatores como número de ciclos de crescimento, delineamento experimental dos ensaios, número de repetições e parcelas, número de plantas a serem avaliadas e métodos adequados para mensuração das características (Brasil, 2011).

Estes testes se baseiam, principalmente, em características morfológicas de sementes, plântulas e plantas adultas e, em alguns casos, na resistência a determinadas doenças. Para o milho, o teste de DHE se baseia em 56 descritores, avaliados desde a fase de plântula, passando pelas fases de antese, metade da antese, grão leitoso, grão pastoso, colheita e pós-colheita. Como para o certificado de proteção não é importante que a cultivar seja necessariamente produtiva, os testes de DHE englobam poucas características agronômicas de natureza quantitativa.

Nos testes de DHE, a caracterização morfoagronômica baseia-se na caracterização botânica das plantas. Entretanto, discute-se se os inúmeros descritores morfológicos estabelecidos pelo Mapa são realmente eficientes para distinguir as diferentes cultivares, principalmente para diferenciar cultivares relacionadas ou que possuam a mesma genealogia. Uma alternativa para esse

possível problema pode ser avaliar a diversidade genética entre as cultivares por meio de informações obtidas em estudos moleculares.

2.6. Interação genótipos x ambientes

A produtividade de uma cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente de produção e o manejo. Altos rendimentos são facilmente obtidos quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da cultura, logicamente vinculado ao potencial genético.

Um dos grandes problemas do melhoramento genético de plantas ocorre quando os genótipos são colocados em competição em vários ambientes, e a classificação relativa entre eles não coincide nos ambientes, situação comum em ensaios de VCU, que são instalados em diferentes localidades de uma região de cultivo. A principal causa dessa falta de correlação entre os genótipos nos ambientes é a chamada interação genótipos x ambientes. Como o fenótipo é produto dos efeitos genéticos com o ambiente, uma variedade extremamente produtiva em um ambiente pode não se sobressair em outro.

Quanto à interação genótipos x ambientes (G x A), podem ocorrer três situações: ausência de interação, interação do tipo simples e interação do tipo complexa. Somente essa última causa problemas para a recomendação de genótipos aos produtores, pois indica a inconsistência da superioridade dos genótipos frente às variações ambientais, dificultando sensivelmente a seleção e a recomendação de cultivares (Cruz et al., 2004).

Apesar de ser de grande importância para o melhoramento, o estudo da interação G x A não proporciona informações pormenorizadas sobre o desempenho de cada genótipo em relação às variações ambientais. Para tal objetivo, são feitas análises de adaptabilidade e estabilidade, os meios mais utilizados para amenizar as consequências da interação G x A. As análises de adaptabilidade e estabilidade são procedimentos estatísticos que permitem, de algum modo, identificar as cultivares de comportamento mais estável e que respondem previsivelmente às variações ambientais. Algumas dessas análises permitem, também, dividir os efeitos da interação G x A em efeitos de genótipos e de ambientes, revelando a contribuição relativa de cada um para a interação total (Rocha, 2002). Assim, a estimação dos parâmetros de adaptabilidade e

estabilidade fenotípica tem sido uma forma muito difundida, entre os melhoristas de plantas, de avaliar novos genótipos antes de sua recomendação como cultivares

As metodologias para as análises de estabilidade e adaptabilidade fenotípica destinam-se à avaliação de um grupo de genótipos testados em vários ambientes. Tais metodologias são fundamentadas na existência da interação genótipo-ambiente. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. Deve-se também considerar que alguns métodos são alternativos, enquanto outros são complementares, podendo ser utilizados conjuntamente (Cruz *et al.*, 2004).

Os melhoristas vêm estudado a estabilidade fenotípica por várias décadas e desenvolvido inúmeros métodos de análise deste fenômeno, existindo atualmente inúmeras metodologias para estimar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade. Apesar de os métodos embasados na análise de regressão terem sido os mais utilizados, nem todos os dados se ajustam a modelos lineares, requerendo a utilização de outras metodologias como as não-paramétricas.

Na metodologia proposta por Lin e Binns (1988), o comportamento dos genótipos é quantificado pelo índice P_i , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de um genótipo para um dado ambiente e a resposta máxima para um mesmo ambiente entre todos os ambientes avaliados. Desta forma, o quadrado médio menor indica uma superioridade geral da cultivar em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima. Assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (Farias *et al.*, 1996; Carneiro, 1998; Daros *et al.*, 2000; Cruz e Carneiro, 2006).

Sabe-se que a estatística P_i , por considerar o rendimento do genótipo e sua resposta relativa como coeficiente de regressão igual à unidade, é uma medida de adaptabilidade, e a sua flutuação é a medida da estabilidade fenotípica (Scapim *et al.*, 2000). De fato, como a estatística P_i , ao assumir a resposta relativa do genótipo como coeficiente de regressão igual à unidade, é uma medida de adaptabilidade, sua flutuação se refere à estabilidade fenotípica. Tais propriedades fazem de P_i uma estatística eficiente para avaliar os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade fenotípica, mesmo não sendo o conceito mais atual

para adaptabilidade (Cruz et al., 2004).

Com o intuito de incrementar a metodologia de Lin e Binns (1988) com propriedades que avaliassem o comportamento genotípico de modo mais adequado, Carneiro (1998) sugeriu a decomposição da estatística P_i em ambientes favoráveis e desfavoráveis. Tais modificações trouxeram vantagens ao método, como maior facilidade na interpretação e a particularização da recomendação das cultivares a grupos de ambientes favoráveis e desfavoráveis. Além disso, contempla o genótipo desejado, já que classifica os genótipos de média alta e constante em ambientes desfavoráveis e com capacidade de resposta à melhoria da condição ambiental, tendo sido preferida por muitos pesquisadores (Murakami et al., 2004; Amorim et al., 2006; Albrecht et al., 2007; Cargnin et al., 2008).

Diversos autores têm destacado a metodologia de Lins e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998), eficiente para recomendação de cultivares de milho tanto em ambientes favoráveis como em ambientes desfavoráveis (Scapim et al., 2000; Nunes et al., 2002; Cargnelutti Filho et al., 2009; Franceschi et al., 2010; Schmildt et al., 2011). Pena (2011) comparou diversas metodologias de adaptabilidade e estabilidade para cultivares de milho-pipoca. Segundo o autor, a metodologia de Lins e Binns (1988), modificada por Carneiro (1998), foi eficiente na discriminação dos genótipos avaliados, oferecendo segurança na recomendação de cultivares com maior estabilidade.

A facilidade de se trabalhar com a estatística P_i , conseguindo recomendar genótipos promissores para diferentes ambientes, torna essa metodologia bastante aplicável (Farias et al., 1996; Daros et al., 2000; Botrel et al., 2005).

A análise de adaptabilidade e estabilidade de Lin e Binns (1988) é expressa por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

em que:

P_i = índice de superioridade da i -ésima cultivar; quanto menor, melhor é a cultivar;

X_{ij} = produtividade da i -ésima cultivar plantada no j -ésimo local;

M_j = resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j -ésimo local; e

n = número de locais.

Essa expressão é desdobrada em:

$$P_i = \left[n(\bar{X}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2 \right] / 2n$$

em que:

$$\bar{X}_j = \sum_{j=1}^n X_{ij} / n \text{ e } \bar{M} = \sum_{j=1}^n M_j / n.$$

sendo:

X_i a média da cultivar i obtida em n ambientes e M a média da máxima resposta de todas as cultivares em todos os ambientes.

O primeiro termo da equação representa a soma dos quadrados relacionada ao efeito genético, e o segundo é a soma dos quadrados da interação $G \times A$.

2.7. Índice de seleção

Em programas de melhoramento de plantas, a seleção de genótipos baseada em apenas uma característica normalmente não é a melhor alternativa, uma vez que o valor genético dos genótipos está estreitamente relacionado a várias características de interesse. Assim, ao se decidir quais os melhores genótipos, seja para serem usados como genitores ou ainda para recomendação de cultivares, é racional que o melhorista leve em consideração as características de maior interesse, as quais podem não ter o mesmo peso econômico, mas agregam valores àqueles genótipos.

Nesse contexto, para obter cultivares realmente superiores, é necessário que o material selecionado reúna, simultaneamente, uma série de atributos favoráveis que lhe confirmem rendimento mais elevado e que satisfaçam eventuais exigências dos pesquisadores, produtores e consumidores.

Nos ensaios de VCU, o uso de índices de seleção torna-se relevante, vez que o intento é a fidedigna indicação de genótipos superiores, levando-se em

consideração um conjunto de características avaliadas (Garcia e Souza Júnior, 1999).

Existem inúmeras metodologias para a estimação de índices de seleção com base em estatísticas paramétricas e não-paramétricas. O índice de Smith (1936) foi o primeiro a ser utilizado no melhoramento de plantas. Em seguida, Hazel (1943) adaptou essa metodologia ao melhoramento animal. A partir daí, foram desenvolvidos outros métodos para o uso em situações específicas, como os de Willians (1962) e Pesek & Baker (1969), que requerem estimativas de parâmetros, sendo denominados de índices paramétricos (Vilarinho et al., 2003). Com base nisso, o emprego desses índices é apropriado quando os genótipos formam uma amostra aleatória.

Nos ensaios de VCU e DHE, a utilização de métodos não-paramétricos não tem se mostrado adequada à seleção de cultivares (Garcia, 1998). Dessa forma, é necessário utilizar metodologias que permitam ao pesquisador avaliar as diferenças entre os genótipos com rigor estatístico, que prescindam da estimação de parâmetros genéticos, que indique a fixação de valores mínimos aceitáveis e que seja de fácil utilização (Farias, 2005; Santos, 2005).

Para tanto, existe o grupo de índices denominados não-paramétricos que não requerem tais estimativas. Eles podem ser aplicados tanto em amostras aleatórias quanto em genótipos selecionados, ou seja, amostras fixas (Lessa, 2010). São exemplos de índices de seleção não-paramétricos: índices multiplicativos (Elston, 1963), de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978), medida de distância (Schwarzbach, 1972, citado por Wricke e Weber, 1986) e o índice proposto por Garcia (1998), que recebe a denominação de índice de seleção de cultivares.

Mulamba e Mock (1978) propuseram um índice com base na soma de postos (ou "ranks") que consiste em classificar os materiais genotípicos em relação a cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Uma vez classificadas, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada caráter, resultando em uma medida adicional, tomada como índice de seleção. Desde os ciclos iniciais, o programa de melhoramento de milho-pipoca da UENF vem utilizando o índice de Mulamba e Mock (1978) para seleção de genótipos promissores da população UNB-2U (Santos et al., 2007; Freitas Júnior et al., 2009; Rangel et al., 2011; Ribeiro, 2011).

Para o cálculo do índice de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978), é adotada a seguinte expressão: $I_{MMi} = \sum_{j=1}^n n_{ij}$ em que I_{MMi} é o índice de soma de classificação e n_{ij} é o número de classificação do genótipo i com relação ao caráter j .

Já o índice proposto por Garcia (1998) foi desenvolvido com o objetivo de atender as exigências da seleção de genótipos em pré-recomendação de cultivares. Essa metodologia requer a fixação de valores mínimos de desempenho e utilização de testes de médias, concebendo embasamento estatístico aos resultados. Dessa forma, este índice incorpora informações multivariadas, levando em consideração as diferenças estatísticas entre as características. Ele é embasado no cálculo da distância do genótipo ao ideótipo.

As etapas para obtenção do índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998) são: i) agrupamento de médias (Scott e Knott, 1974) e obtenção dos recíprocos; ii) definição dos níveis mínimos aceitáveis para cada caráter; iii) transformação dos dados; iv) definição do ideótipo; v) cálculo das distâncias euclidianas médias em relação ao ideótipo; e vi) classificação dos genótipos superiores.

2.7.1 Detalhamento da obtenção do índice de Garcia (1998).

a) Agrupamento das médias e obtenção dos inversos

As médias das características estudadas são agrupadas por meio do teste de Scott-knott (Scott e Knott, 1974) de forma a não acarretar sobreposição de classes. Após este procedimento, os valores originais dos caracteres sobre os quais a seleção tem como objetivo a diminuição da média são transformados por meio da obtenção dos inversos ($1/P_i$), de tal forma que, para todos os caracteres, sempre os maiores valores serão os de interesse.

Em seguida, são calculados o desvio padrão, a média de cada uma das classes (formadas pelo teste de Scott-Knott) e a média geral de cada caráter. Os valores individuais dentro de um mesmo grupo de classificação são substituídos pela média do grupo a que ele pertence, considerando que as possíveis

diferenças entre as médias individuais não são estatisticamente significativas dentro do grupo.

b) Definição dos níveis mínimos aceitáveis (N_m)

Um genótipo, para ser recomendado, necessita de um desempenho mínimo para cada caráter, de maneira que aqueles que apresentarem valores menores do que estes níveis previamente estabelecidos, de acordo com o interesse do melhorista, não poderão ser selecionados, pois não possuirão atributos aceitáveis pelos agricultores e consumidores.

Sendo assim, os níveis mínimos aceitáveis (N_m) são considerados como valores de descarte, que são atribuídos pelo pesquisador. Geralmente, podem ser consideradas as médias dos experimentos ou incluir testemunhas comerciais e tomar suas médias como valores de descarte para cada caráter.

c) Estandarização dos dados

Esta etapa é feita no intuito de conceder que todos os caracteres apresentem a mesma influência sobre a classificação final dos genótipos. As médias fenotípicas (P_m) de cada caráter são transformadas pela seguinte expressão:

$$P'_m = \frac{P_m - N_m}{s_m},$$

em que:

P'_m é a média transformada do caráter m ;

P_m é a média do caráter m , após agrupamento e a obtenção dos inversos quando necessário;

N_m é o nível mínimo de desempenho exigido para o caráter m , ou seja, o menor valor fenotípico aceito; e

s_m é o desvio padrão do caráter m .

Este processo de estandarização faz com que as observações fenotípicas passem a ser expressas em unidades de desvio padrão, porém, centradas nos níveis mínimos aceitáveis e não na média amostral. Dessa forma, são indicados

para descarte os genótipos que tenham P'_m negativo ($P'_m < N_m$) para pelo menos um caráter, por não atingirem o desempenho mínimo estabelecido pelo melhorista (Santos, 2005).

d) Definição do ideótipo

O ideótipo é um genótipo que possui melhor valor para todos os caracteres considerados na obtenção do índice, podendo existir ou não entre os genótipos que estão sendo testados (Santos, 2005). Normalmente, o desempenho máximo de cada caráter é agrupado para formação desse genótipo ideal.

e) Cálculo do índice de seleção de cultivares (I_{sc})

O índice de Seleção de Cultivares é fundamentado na escolha de genótipos que apresentam maior proximidade com o genótipo considerado ideal, sendo assim, utiliza-se uma medida de distância genética para cálculo do índice. Portanto, quanto menor o valor da distância, melhor será considerado o genótipo.

f) Classificação e seleção dos genótipos superiores

Após a aplicação de todos os passos descritos anteriormente, efetua-se a classificação dos genótipos com base na distância com relação ao ideótipo. A classificação é dada em ordem crescente de distância, ou seja, os genótipos com melhor classificação (menor distância) devem ser selecionados. Aqueles que apresentarem valores negativos nos dados transformados para alguma variável são sugeridos para o “descarte”.

3. TRABALHOS

SELEÇÃO DE PRÉ-CULTIVARES DE MILHO-PIPOCA BASEADA EM ÍNDICES NÃO-PARAMÉTRICOS¹

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo selecionar pré-cultivares de milho-pipoca para o registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) com base em diferentes caracteres, utilizando o índice de Garcia e o de soma de classificação, tendo sido priorizados rendimento de grãos e capacidade de expansão. Para tanto, foram avaliados 16 genótipos de milho-pipoca: oito variedades - BRS Ângela, UFVM2 – Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 - e oito híbridos - Zélia, Jade, IAC 112, $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_9$ e $P_3 \times P_7$ - em cinco ambientes. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, tendo sido avaliadas as características altura de planta, estande, tombamento, capacidade de expansão e rendimento de grãos. Na análise de variância conjunta, foram observadas diferenças significativas pelo teste F para todas as características. Em relação à interação genótipos x ambiente, tombamento e rendimento de grãos, foram significativos, evidenciando resposta diferenciada das cultivares nos ambientes. Os índices de Garcia e de soma de classificação foram correlacionados na classificação dos genótipos, indicando os

¹Parte da Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Submetida à Revista Ciência Rural em 01/03/2012 para publicação.

genótipos UNB2U-C5 e $P_1 \times P_7$ como os de melhor desempenho para regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: *Zea mays* L., valor de cultivo e uso, características agronômicas, capacidade de expansão.

SELECTION OF POPCORN PRE-CULTIVARS BASED ON NONPARAMETRIC INDEXES

ABSTRACT

The objective of this study was to select popcorn pre-cultivars for register in MAPA based on Garcia and sum of rank indices, prioritizing grain yield and popping expansion. Were evaluated 16 genotypes of popcorn, eight open pollinated varieties (BRS Ângela, UFVM2 – Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5) and eight hybrids (Zélia, Jade, IAC 112, $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_9$ e $P_3 \times P_7$), in five environments. The experiment was arranged in a randomized block design, with three replications. The traits evaluated were: plant height, stand, lodged and broke plants, popping expansion and grain yield. In the joint analysis of variance, significant differences were observed by the F test for all traits. Regarding the genotype \times environment interaction, only lodged and broke plants, and grain yield were significant, thus revealing that genotypes behavior varies according to the environments. Garcia and the sum of rank indexes were correlated in the classification of genotypes, indicating the genotypes UNB2U-C5 and $P_1 \times P_7$ as the best performers for Northern and Northwestern state of Rio de Janeiro.

Keywords: *Zea mays* L., value for cultivation and use, agronomic traits, popping expansion.

INTRODUÇÃO

A limitação de cultivares que reúnam características agronômicas favoráveis com alto índice de capacidade de expansão é considerada o principal entrave para a expansão do cultivo do milho-pipoca no Brasil (Freitas Júnior et al., 2009; Rangel et al., 2011; Moterle et al., 2012). Embora existam 47 cultivares registradas no Mapa (MAPA, 2012), a grande

maioria dos registros pertence a empresas empacotadores que estabelecem acesso restrito de uso com os produtores parceiros. Não por acaso, somente três cultivares - RS 20, UFVM2 Barão Viçosa e IAC 125 - foram disponibilizadas para a comercialização na safra 2011/2012 (Cruz et al., 2012).

Portanto, o desenvolvimento de programas de melhoramento que visem a disponibilizar variedades e/ou híbridos com elevado potencial agrônômico se torna primordial para alavancar a agroeconomia do cultivo do milho-pipoca (Mendes de Paula et al., 2010; Scapim et al., 2010). Nesse sentido, algumas instituições públicas, como, por exemplo, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vêm atuando em diversas linhas de pesquisa visando ao desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições brasileiras.

O programa de melhoramento de milho-pipoca da UENF vem atuando, desde 1998, em duas vertentes: emprego de seleção recorrente na população UNB-2U visando a elevar a frequência dos alelos favoráveis (Pereira e Amaral Júnior, 2001) e implementação de dialelos para identificar híbridos superiores e genitores para a formação de compostos (Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2008; Silva et al., 2011). Atualmente, o programa possui genótipos promissores (pré-cultivares) para avaliação de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU).

A avaliação do VCU é uma exigência básica para que uma cultivar obtenha o Registro Nacional de Cultivares no Mapa e possa ser comercializada (Marinho et al., 2011). Nesses ensaios, são avaliadas diferentes características agrônômicas pre-estabelecidas pelo Mapa, em vários locais e anos, visando a determinar o valor intrínseco da cultivar com suas propriedades de uso em atividades agrícolas, industriais, comerciais e/ou de consumo.

Nesse contexto, a utilização de índices não lineares ou não paramétricos que visem a combinar informações das diversas características em um único valor se torna relevante na discriminação de genótipos de interesse para o melhoramento (Garcia e Souza Júnior, 1999). Alguns índices vêm sendo propostos para classificação dos genótipos, como, por exemplos, os índices multiplicativos (Elston, 1963), de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978) e da medida de distância (Schwarzbach, 1972, citado por Wricke e Weber, 1986).

Contudo, Garcia (1998), ao avaliar esses índices não-paramétricos para seleção de cultivares de milho, verificou a não adequação dos métodos não paramétricos para classificação dos genótipos por não priorizarem os caracteres mais importantes, não permitirem o descarte dos genótipos com níveis inferiores para algumas variáveis e não preverem a realização de testes de médias. Diante dessa limitação, o autor desenvolveu um índice que preconiza a fixação de valores para descarte de genótipos com desempenho abaixo das exigências mínimas para certas características e aplicação de um teste de médias que permita avaliar as diferenças entre os genótipos em bases estatísticas.

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo selecionar pré-cultivares de milho-pipoca para o registro no Mapa, com base em diferentes características, utilizando o índice de Garcia (1998) e o de soma de classificação, priorizando rendimento de grãos e capacidade de expansão.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2009/2010 nos municípios de Campos dos Goytacazes e Cambuci e em 2010/2011 nos municípios de Campos dos Goytacazes, Cambuci e Itaocara, totalizando cinco ambientes representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Foram avaliados 16 genótipos de milho-pipoca: oito variedades - BRS Ângela, UFVM2 – Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 - e oito híbridos - Zélia, Jade, IAC 112, P₁ x P₃, P₁ x P₇, P₂ x P₄, P₂ x P₉ e P₃ x P₇. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela foi composta por duas linhas de 12 m, espaçadas em 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, totalizando 120 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, a uma profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência. A adubação de cobertura e os demais tratos culturais foram realizados conforme a recomendação para a cultura (Sawazaki, 2001).

Os caracteres avaliados foram: altura média de planta (AP), em cm; estande (EST); tombamento (TOMB), capacidade de expansão (CE), em mL/g; e produtividade de grãos (PG) em kg/ha.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância por ambiente e posteriormente verificada a homogeneidade das variâncias residuais (QMRs) por meio da relação entre o maior e o menor QMR (GOMES, 1990). O modelo adotado para análise conjunta foi $Y_{ijk} = \mu + R/E_{k(j)} + G_i + E_j + GE_{ij} + \xi_{ijk}$, em que Y_{ijk} é o valor fenotípico médio

da parcela, μ é a constante geral, $R/E_{k(j)}$ é o efeito da k^{th} repetição no j^{th} ambiente, G_i é o efeito fixo do i^{th} genótipo, E_j é o efeito do j^{th} ambiente, GE_{ij} é o efeito da interação do i^{th} genótipo no j^{th} ambiente e ξ_{ijk} é o erro experimental.

Posteriormente, foi realizada a classificação dos genótipos por meio do Índice de seleção de cultivares (Garcia, 1998) e de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978). As etapas para obtenção do índice de seleção de cultivares proposto por Garcia (1998) foram as seguintes:

- i) agrupamento de médias (Scott e Knott, 1974) e obtenção dos recíprocos $\left(\frac{1}{V}\right)$, de cada média individual, de modo a tomar os maiores valores como objeto de seleção;
- ii) definição dos níveis mínimos aceitáveis para cada carácter em que (AP e TOMB: não possuir valor estatisticamente superior à média do experimento, para EST, CE e PG: no mínimo com o valor estatisticamente igual à média do experimento);
- iii) transformação dos dados pela expressão: $P'_m = \frac{P_m - N_m}{S_m}$, em que P'_m é a média transformada do carácter m , P_m é a média do carácter m , após o agrupamento, N_m é o nível mínimo aceitável e S_m é o desvio padrão do carácter m ;
- iv) definição do ideótipo (foram fixados como ideótipos os menores valores para AP e TOMB e os maiores valores para EST, CE e PG, entre os genótipos avaliados);
- v) cálculo das distâncias euclidianas médias em relação ao ideótipo; e
- vi) classificação dos genótipos superiores.

Para o índice de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978), foi adotada a seguinte

expressão: $I_{MMi} = \sum_{j=1}^n n_{ij}$, em que I_{MMi} é o índice de soma de classificação e n_{ij} é o número de classificação do genótipo i com relação ao carácter j . Para os caracteres CE e PG, foi adotado peso dois em virtude da relevância desses caracteres para a cultura do milho-pipoca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez verificada a homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de F máximo, entre os cinco ambientes, cujos valores das relações foram 5,25; 6,90; 3,92; 1,55 e 4,06 em relação a AP, EST, TOMB, CE e RG, respectivamente, realizou-se a análise de variância conjunta dos experimentos (Tabela 1). Pelo teste F, foi possível detectar efeito significativo das fontes de variação genótipo e ambiente para todos os caracteres, o que

indica a existência de variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes testados. Em relação à interação genótipos x ambientes (GA), TOMB e RG, ela foi significativa, evidenciando respostas diferenciadas dos genótipos ante a variação ambiental.

Quanto ao tipo de interação, houve predomínio da complexa, exceto para a característica RG nos ambientes Campos dos Goytacazes (2009/2010) x Campos dos Goytacazes (2010/2011), que proporcionou uma interação complexa de 32,01%. Segundo Robertson (1959), a interação do tipo complexa indica inconsistência da superioridade de genótipos com variação ambiental, ou seja, haverá genótipos com desempenho superior em um ambiente, mas não em outro, tornando mais difícil sua seleção e/ou sua recomendação destes. Nesse sentido, para atenuar o efeito da interação, alguns procedimentos podem ser adotados, como a identificação de cultivares específicas para cada ambiente, a realização de zoneamento ecológico e a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica (RAMALHO et al., 1993).

Para o presente trabalho, cujo objetivo é selecionar pré-cultivares com base em diferentes características, optou-se por classificar os genótipos superiores para cada ambiente e posteriormente identificar os genótipos com as melhores classificações para o conjunto de ambientes. Nesse contexto, como AP, EST e CE não apresentaram interação GA, os genótipos foram classificados como conjunto para todos os ambientes, enquanto TOMB e RG foram classificados por ambiente por apresentarem interação GA.

Pelo índice de Garcia (1998), verifica-se que alguns genótipos revelaram desempenho acima dos critérios aceitáveis para AP (Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, IAC 112, P₂ x P₄ e P₂ x P₉) e abaixo para CE (Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, P₁ x P₃, P₂ x P₄, P₂ x P₉ e P₃ x P₇) (Tabela 2). A AP assume um importante papel para a cultura do milho-pipoca, pois essa cultura apresenta um colmo mais fino quando comparado com o milho comum e, portanto, mais vulnerável ao tombamento, fato esse comprovado pela correlação existente entre AP e TOMB ($r = 0,66$). Já CE é considerada a característica mais importante para o consumidor, pois quanto maior a CE, melhor é sua textura e maciez (SIMON et al., 2004). Portanto, as pré-cultivares P₁ x P₃, P₂ x P₄, P₂ x P₉ e P₃ x P₇ não são aptas para o registro no Mapa.

A qualidade do colmo, ou seja, o número de plantas quebradas e acamadas (tombamento) é também uma das características mais importantes do milho-pipoca para produção em larga escala, com colheita mecanizada (MIRANDA et al., 2003). Logo, os genótipos Viçosa, SAM, Zélia, IAC 112, P₂ x P₄ e P₃ x P₇ apresentaram desempenhos acima dos preestabelecidos para o ambiente Campos dos Goytacazes (2010/2011),

enquanto os genótipos BRS Ângela, UFVM2, Barão de Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4, Jade, IAC 112, $P_2 \times P_4$, $P_2 \times P_9$ e $P_3 \times P_7$, para o ambiente Itaocora (2010/2011) (Tabela 2).

Em relação ao RG, os genótipos BRS Ângela, UFVM2 Barão de Viçosa e SAM apresentaram valores inferiores ao mínimo aceitável para todos os ambientes, exceto para ambiente Cambuci (2009/2010), no qual não apresentaram diferenças significativas entre os genótipos pelo teste de agrupamento Scott-Knott (1974) (Tabela 2). Em contrapartida, os genótipos UNB2U-C4, UNB2U-C5, $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_4$ e $P_2 \times P_9$ apresentaram valores dentro do limite preestabelecido para o caráter RG para todos os ambientes. Porém, os híbridos $P_1 \times P_3$, $P_2 \times P_4$ e $P_2 \times P_9$ não obtiveram valores mínimos preestabelecidos no presente trabalho para CE, não sendo indicados para o registro no Mapa. Os genótipos UNB2U-C5 e $P_1 \times P_7$, além de obterem valores dentro de limite para RG, também apresentaram valores aceitáveis para AP, EST, CE e Tomb.

Pelo somatório das distâncias euclidianas médias em relação ao ideótipo proposto pelo índice de Garcia (1998), verifica-se que a variedade UNB2U-C5 e o híbrido $P_1 \times P_7$ foram alocados entre as três primeiras colocações para todos os ambientes. O genótipo BRS Ângela foi o que obteve a melhor colocação entre as variedades comerciais, alocando-se na 3ª colocação para o ambiente Cambuci (2009/2010); na 5ª colocação para os ambientes Cambuci (2010/2011) e Campos dos Goytacazes (2009/2010 e 2010/2011); e na 6ª colocação para ambiente Itaocara (2010/2011). Em relação aos híbridos comerciais, os genótipos Zélia e Jade foram os que obtiveram as melhores colocações entre os ambientes avaliados (Tabela 2).

Com base no índice soma de classificação proposto por Mulamba e Mock (1978), utilizando peso 2 para rendimento de grãos e capacidade de expansão, verifica-se uma elevada associação com a classificação obtida pelo índice de Garcia (1998): de 0,70; 0,74; 0,88; 0,83 e 0,81 para os ambientes Cambuci (2009/2010), Cambuci (2010/2011), Campos dos Goytacazes (2009/2010), Campos dos Goytacazes (2010/2011) e Itaocara (2010/2011), respectivamente. Portanto, ambos os índices de seleção classificaram os pré-cultivares UNB2U-C5 e $P_1 \times P_7$ como os de melhor desempenho para rendimentos de grão e capacidade de expansão para regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, sendo aptos para o registro e tendo potencial para lançamento para comercialização entre os produtores da região.

CONCLUSÕES

Os índices de Garcia (1998) e de soma de classificação foram concordantes na classificação dos genótipos de milho-pipoca, sendo que as pré-cultivares UNB2U-C5 e P₁ x P₇ obtiveram os melhores desempenhos.

REFERÊNCIAS

CRUZ, J.C. et al. Milho – Cultivares para 2011/2012. **Embrapa Milho Sorgo**, Sete Lagoas, 10 jan. 2012. Especiais. Capturado em 10 jan. 2012. Online. Disponível na Internet: <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.php>

ELSTON, R.C. A weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, North Carolina, v.19, p.85-97, 2001. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.2307/2527573>>. Acesso em: 14 jan. 2012.

FREITAS JUNIOR, S.P. et al. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1599-1607, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006001100005&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 jan. 2012. doi: 10.1590/S0100-204X2006001100005.

FREITAS JUNIOR, S.P. et al. Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, n.1, p.1-7, 2009. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/c8129491-53d5-e8f2.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

GARCIA, A.A.F. **Índice para a seleção de cultivares**. 1998. 112f. Tese (Doutorado Melhoramento de Plantas) – Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo.

GARCIA, A.A.F.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v.58, n.2, p.253-267, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051999000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 9 jan. 2012. doi: 10.1590/S0006-87051999000200005.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1990. 477p.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Capturado em 10 jan. 2012. Online. Disponível na Internet: <http://www.agricultura.gov.br/>.

MARINHO, C.D. et al. Revisiting the Brazilian scenario of registry and protection of cultivars: an analysis of the period from 1998 to 2010, its dynamics and legal observations. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.10, n.2, p.792-809, 2011. Disponível em: <<http://www.geneticsmr.com/year2011/vol10-2/pdf/gmr1271.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2012. doi: 10.4238/vol10-2gmr1271.

MENDES, T.O.P. et al. Magnitude of the genetic base of commercial popcorn and in recommendation in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.10, n.4, p.289-297, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198470332010000400002&lng=es&nrm=i&tlng=en>. Acesso em: 14 jan. 2012. doi: 10.1590/S1984-70332010000400002.

MIRANDA, G.V. et al. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.681–688, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000600003>. Acesso em: 9 jan. 2012. doi: 10.1590/S0100-204X2003000600003Y.

MOTERLE, L.M. et al. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. **Euphytica**, Wageningen, v.184, n.3, p., 2012. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/d373270n56405407/>>. Acesso em: 9 jan. 2012. doi: 10.1007/s10681-011-0458-2.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, n.7, p.40–51, 1978.

PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.1, n.1, p.3-10, 2001.

RANGEL, R.M. et al. Genetics and parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v.7, n.4, p.1020-1030, 2008. Disponível em: <<http://www.geneticsmr.com/articles/552>>. Acesso em: 12 jan. 2012. doi: 10.4238/vol7-4gmr502.

RANGEL, R.M. et al. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho-pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.473-481, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-66902011000200029&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jan. 2012. doi: 10.1590/S1806-66902011000200029.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations**. New York: Pergamon Press, 1959. 186p.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **O Agrônomo**, Campinas, v.53, n.2, p.11-13, 2001.

SCAPIM, C.A. et al. Novos compostos de milho-pipoca para o Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.2, p.321-330, 2010.

SCOTT, A. J., KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, North Carolina, v.30, n.3, p.507-12, 1974.

SILVA, V.Q.R. et al. Heterotic parameterizations of crosses between tropical and temperate lines of popcorn. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.243-249, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-

86212011000200008&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 15 jan. 2012.
doi:10.4025/actasciagron.v33i2.9607.

SIMON, G.A. et al. Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, vol.63, n.1, p.55–62, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687052004000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 15 jan. 2012. doi: 10.1590/S0006-87052004000100006.

WRICKE, G.; WEBER, W.E. Quantitative genetics and selection in plant breeding. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406p

Tabela 1 - Estimativas dos quadrados médios, das médias e dos coeficientes de variação experimental de cinco características avaliadas em cinco ambientes e em 16 genótipos de milho-pipoca.

FV	GL	Quadrados Médios ^{1/}				
		AP	EST	TOMB	CE	RG
Bloco ambiente	10	1079,92**	252,91**	48,98	12,50	1188258,06
Genótipo (G)	15	2521,37**	498,94**	75,33**	316,44**	3308784,39**
Ambiente (A)	4	37370,02**	1138,44**	1317,38**	54,53**	1714511,75**
G x A	60	180,00	115,86	42,36*	7,66	775175,81**
Erro	150	190,73	114,93	7,15	6,18	333652,90
Média		200,96	112,22	11,16	30,84	2692,27
CV		6,87	9,55	23,96	8,06	21,45
QMr ^{>} /QMr ^{<}		5,25	6,90	3,92	1,55	4,06

^{1/}AP: altura de planta; EST: estande; TOMB: tombamento (número de plantas quebradas e acamadas); CE: capacidade de expansão; e RG: rendimento de grãos.

Tabela 2 - Índice de Garcia aplicado nas características altura de planta (AP), estande, capacidade de expansão (CE), tombamento (TOMB) e rendimento de grãos (RG) para 16 genótipos de milho-pipoca em cinco ambientes.

Genótipos	Conjunto			TOMB Amb1	RG Amb1	I _{sc} Amb1 ^{a/}	TOMB Amb2	RG Amb2	I _{sc} Amb2
	AP	Estande	CE						
BRS Ângela	184,69(a)	112,20(a)	34,52(b)	7,00(a)	2075,67(a)	2,19	16,33(a)	2500,00(b)	2,26
Barão de Viçosa	192,57(a)	114,07(a)	33,31(b)	7,67(a)	1658,67(a)	2,19	13,67(a)	2770,00(b)	2,26
Viçosa	195,93(a)	109,40(a)	24,41(d)	6,00(a)	2878,00(a)	3,25	17,00(a)	2561,67(b)	3,32
Beija-Flor	207,79(b)	105,73(a)	27,47(c)	9,67(a)	2114,00(a)	3,44	13,33(a)	1497,00(c)	3,85
SAM	212,12(b)	109,07(a)	27,59(c)	6,33(a)	1915,00(a)	3,37	22,67(a)	1743,67(c)	3,79
UNB2U-C3	207,28(b)	116,13(a)	29,77(c)	11,00(a)	2515,67(a)	2,46	15,33(a)	1018,67(c)	2,87
UNB2U-C4	200,19(a)	117,53(a)	31,38(b)	8,00(a)	3032,33(a)	3,10	21,33(a)	3240,67(a)	2,86
UNB2U-C5	197,35(a)	116,33(a)	35,69(a)	5,65(a)	2577,33(a)	1,99	17,00(a)	3163,67(a)	1,75
Zélia	190,88(a)	113,33(a)	33,36(b)	5,00(a)	2523,33(a)	2,19	18,67(a)	2716,00(b)	2,26
Jade	186,31(a)	116,33(a)	33,53(b)	5,67(a)	2731,33(a)	2,19	18,33(a)	2577,00(b)	2,26
IAC 112	224,90 (b)	94,47(a)	37,87(a)	10,00(a)	3534,00(a)	2,90	6,33(a)	2135,67(b)	2,97
P ₁ x P ₃	189,23(a)	112,47(a)	29,11(c)	5,67(a)	2646,33(a)	2,46	10,33(a)	3889,00(a)	2,22
P ₁ x P ₇	189,50(a)	118,13(a)	36,82(a)	3,33(a)	2400,00(a)	1,99	20,67(a)	3125,00(a)	1,75
P ₂ x P ₄	211,78(b)	114,60(a)	20,93(d)	5,00(a)	2679,00(a)	3,72	19,33(a)	3533,67(a)	3,48
P ₂ x P ₉	226,53 (b)	112,53(a)	29,54(c)	7,33(a)	3858,00(a)	3,37	23,00(a)	3835,00(a)	3,13
P ₃ x P ₇	198,31(a)	113,20(a)	28,20(c)	7,00(a)	3742,33(a)	2,46	20,00(a)	4051,00(a)	2,22

^{a/}Amb1: Cambuci (2009/2010), Amb2: Campos dos Goytacazes (2009/2010), Amb3: Cambuci (2010/2011), Amb4: Campos dos Goytacazes (2010/2011), e Amb5: Itaocara (2010/2011).

Médias em negrito representam as médias transformadas abaixo do nível mínimo aceitável.

Isc = Índice de seleção de cultivar (Garcia, 1998)

- Continuação tabela 2.

Genótipos	TOMB Amb3	RG Amb3	I _{sc} Amb3	TOMB Amb4	RG Amb4	I _{sc} Amb4	TOMB Amb5	RG Amb5	I _{sc} Amb5
BRS Ângela	5,67(a)	2363,27(b)	2,23	6,33(a)	2171,30(b)	2,33	19,33(b)	1850,31(c)	2,29
Barão de Viçosa	4,33(a)	2494,29(b)	2,23	6,00(a)	2602,47(b)	2,33	17,33(b)	2047,07(c)	2,29
Viçosa	9,33(a)	3701,39(a)	2,92	14,33(b)	2656,64(b)	3,64	7,00(a)	2520,06(b)	2,64
Beija-Flor	4,33(a)	3028,94(a)	3,11	9,00(a)	2663,12(b)	3,58	21,33(b)	1757,87(c)	3,54
SAM	8,33(a)	2200,00(c)	3,41	14,67(b)	1850,31(b)	3,76	30,33(b)	1243,83(d)	3,75
UNB2U-C3	2,67(a)	2353,70(b)	2,50	2,00(a)	2641,20(b)	2,60	16,67(b)	2596,45(b)	2,32
UNB2U-C4	6,67(a)	3184,03(a)	2,77	6,00(a)	2989,97(a)	2,80	21,00(b)	2487,65(b)	2,96
UNB2U-C5	9,33(a)	3530,09(a)	1,66	8,00(a)	3358,80(a)	1,94	14,00(a)	2608,02(b)	1,84
Zélia	3,67(a)	2819,44(a)	1,86	10,67(b)	2362,96(b)	2,58	9,00(a)	2127,31(c)	1,83
Jade	6,00(a)	2514,81(b)	2,23	7,33(a)	2899,38(a)	1,89	15,67(b)	1395,06(d)	2,57
IAC 112	4,67(a)	3274,69(a)	2,57	11,67(b)	2598,15(b)	3,04	16,00(b)	2079,48(c)	2,54
P ₁ x P ₃	10,00(a)	2930,56(a)	2,13	6,67(a)	3188,27(a)	2,16	6,33(a)	2534,72(b)	1,85
P ₁ x P ₇	2,00(a)	3085,65(a)	1,66	7,33(a)	2720,37(a)	2,13	11,00(a)	3046,30(a)	1,12
P ₂ x P ₄	10,00(a)	3446,76(a)	3,39	11,67(b)	3405,86(a)	3,67	15,67(b)	3245,37(a)	3,31
P ₂ x P ₉	6,00(a)	3357,87(a)	3,04	9,33(a)	3322,92(a)	3,07	22,00(b)	3054,78(a)	2,96
P ₃ x P ₇	7,00(a)	1288,43(c)	2,97	12,00(b)	3287,04(a)	2,41	21,33(b)	3355,71(a)	2,05

^aAmb1: Cambuci (2009/2010), Amb2: Campos dos Goytacazes (2009/2010), Amb3: Cambuci (2010/2011), Amb4: Campos dos Goytacazes (2010/2011), e Amb5: Itaocara (2010/2011).

Médias em negrito representam as médias transformadas abaixo do nível mínimo aceitável.

I_{sc} = Índice de seleção de cultivar (Garcia, 1998)

Tabela 3 - Índice de Mulamba e Mock aplicado nas características altura de planta (AP), estande (EST), capacidade de expansão (CE), tombamento (TOMB) e rendimento de grãos (RG) para 16 genótipos de milho-pipoca em cinco ambientes.

Genótipos	Conjunta			TOMB Amb1	RG Amb1 (2X)	Rank Amb ^{av}	TOMB Amb2	RG Amb2 (2X)	Rank Amb2
	AP	Estande	CE 2X						
BRS Ângela	184,69 (1)	112,20 (12)	34,52 (8)	7,00 (9)	2075,67 (28)	58	16,33 (6)	2500,00 (24)	51
Barão de Viçosa	192,57 (6)	114,07 (7)	33,31 (14)	7,67 (12)	1658,67 (32)	71	13,67 (4)	2770,00 (16)	47
Viçosa	195,93 (7)	109,40 (13)	24,41 (30)	6,00 (7)	2878,00 (10)	67	17,00 (7)	2561,67 (22)	79
Beija-Flor	207,79 (12)	105,73 (15)	27,47 (28)	9,67 (14)	2114,00 (26)	95	13,33 (3)	1497,00 (30)	88
SAM	212,12 (14)	109,07 (14)	27,59 (26)	6,33 (8)	1915,00 (30)	92	22,67 (15)	1743,67 (28)	97
UNB2U-C3	207,28 (11)	116,13 (5)	29,77 (18)	11,00 (16)	2515,67 (22)	72	15,33 (5)	1018,67 (32)	71
UNB2U-C4	200,19 (10)	117,53 (2)	31,38 (16)	8,00 (13)	3032,33 (8)	49	21,33 (14)	3240,67 (10)	52
UNB2U-C5	197,35 (8)	116,33 (3)	35,69 (6)	5,65 (4)	2577,33 (18)	39	17,00 (8)	3163,67 (12)	37
Zélia	190,88 (5)	113,33 (8)	33,36 (12)	5,00 (2)	2523,33 (20)	47	18,67 (10)	2716,00 (18)	53
Jade	186,31 (2)	116,33 (4)	33,53 (10)	5,67 (5)	2731,33 (12)	33	18,33 (9)	2577,00 (20)	45
IAC 112	224,90 (15)	94,47 (12)	37,87 (2)	10,00 (15)	3534,00 (6)	50	6,33 (1)	2135,67 (26)	56
P ₁ x P ₃	189,23 (3)	112,47 (16)	29,11 (22)	5,67 (5)	2646,33 (16)	62	10,33 (2)	3889,00 (4)	53
P ₁ x P ₇	189,50 (4)	118,13 (1)	36,82 (4)	3,33 (1)	2400,00 (24)	34	20,67 (13)	3125,00 (14)	36
P ₂ x P ₄	211,78 (13)	114,60 (6)	20,93 (32)	5,00 (2)	2679,00 (14)	67	19,33 (11)	3533,67 (8)	70
P ₂ x P ₉	226,53 (16)	112,53 (10)	29,54 (20)	7,33 (11)	3858,00 (2)	59	23,00 (16)	3835,00 (6)	68
P ₃ x P ₇	198,31 (9)	113,20 (9)	28,20 (24)	7,00 (9)	3742,33 (4)	55	20,00 (12)	4051,00 (2)	56

^{av}Amb1: Cambuci (2009/2010), Amb2: Campos dos Goytacazes (2009/2010), Amb3: Cambuci (2010/2011), Amb4: Campos dos Goytacazes (2010/2011), e Amb5: Itaocara (2010/2011).

- Continuação tabela 3.

Genótipos	Tomb Amb3	RG Amb3(2X)	Rank Amb3	TOMB Amb4	RG Amb4(2X)	Rank Amb4	TOMB Amb5	RG Amb5	Rank Amb5
BRS Ângela	5,67(7)	2363,27(26)	54	6,33(4)	2171,30(30)	55	19,33(11)	1850,31(26)	58
Barão de Viçosa	4,33(4)	2494,29(24)	55	6,00(2)	2602,47(24)	53	17,33(10)	2047,07(24)	61
Viçosa	9,33(13)	3701,39(2)	65	14,33(15)	2656,64(20)	85	7,00(2)	2520,06(16)	68
Beija-Flor	4,33(4)	3028,94(16)	75	9,00(9)	2663,12(18)	82	21,33(13)	1757,87(28)	96
SAM	8,33(12)	2200,00(30)	96	14,67(16)	1850,31(32)	102	30,33(16)	1243,83(32)	103
UNB2U-C3	2,67(2)	2353,70(28)	64	2,00(1)	2641,20(22)	57	16,67(9)	2596,45(12)	55
UNB2U-C4	6,67(10)	3184,03(12)	50	6,00(2)	2989,97(12)	42	21,00(12)	2487,65(18)	58
UNB2U-C5	9,33(13)	3530,09(4)	34	8,00(8)	3358,80(4)	29	14,00(5)	2608,02(10)	32
Zélia	3,67(3)	2819,44(20)	48	10,67(11)	2362,96(28)	64	9,00(3)	2127,31(20)	48
Jade	6,00(8)	2514,81(22)	46	7,33(6)	2899,38(14)	36	15,67(6)	1395,06(30)	52
IAC 112	4,67(6)	3274,69(10)	45	11,67(12)	2598,15(26)	67	16,00(8)	2079,48(22)	59
P ₁ x P ₃	10,00(15)	2930,56(18)	74	6,67(5)	3188,27(10)	56	6,33(1)	2534,72(14)	56
P ₁ x P ₇	2,00(1)	3085,65(14)	24	7,33(6)	2720,37(16)	31	11,00(4)	3046,30(8)	21
P ₂ x P ₄	10,00(15)	3446,76(6)	72	11,67(12)	3405,86(1)	64	15,67(6)	3245,37(4)	61
P ₂ x P ₉	6,00(8)	3357,87(8)	62	9,33(10)	3322,92(6)	62	22,00(15)	3054,78(6)	67
P ₃ x P ₇	7,00(11)	1288,43(32)	75	12,00(14)	3287,04(8)	64	21,33(13)	3355,71(2)	57

^{a/}Amb1: Cambuci (2009/2010), Amb2: Campos dos Goytacazes (2009/2010), Amb3: Cambuci (2010/2011), Amb4: Campos dos Goytacazes (2010/2011), e Amb5: Itaocara (2010/2011).

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE GENÓTIPOS DE MILHO-PIPOCA NO NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO²

RESUMO

Com o objetivo de investigar a potencialidade de registro no Mapa para indicação aos produtores do Norte e Noroeste Fluminense, três populações de milho-pipoca, oriundas do programa de seleção recorrente da UENF (ciclos C3, C4 e C5 de UNB2U), cinco híbridos simples oriundos de algumas das dez linhagens cedidas pelo programa de melhoramento da UEM, bem como cinco variedades e três híbridos comerciais (BRS Ângela, UFVM-2 Barão de Viçosa, Viçosa-Viçosa, Beija-Flor e SAM, Zélia, Jade e IAC 112), respectivamente, foram avaliados em cinco ambientes. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições, tendo sido avaliadas as duas principais características da cultura de importância econômica: rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão (CE). Na análise de variância conjunta, foram observadas diferenças significativas pelo teste F para as características RG e CE. Em relação à interação genótipos x ambientes, apenas RG foi significativa, evidenciando resposta diferenciada das cultivares nos ambientes. Pela estatística P_1 e com base em resultado de Rangel et al. (2011) e Silva et al. (2010, 2011), pode-se concluir que UNB2U-C5 e o híbrido $P_1 \times P_7$ têm potencial para recomendação como nova opção de cultivo para os produtores das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: *Zea mays* L., adaptabilidade, VCU e capacidade de expansão.

² Parte da Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Aceito para publicação na Acta Scientiarum Agronomy em 06/03/2012

ABSTRACT

Three populations of popcorn from the Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro recurrent selection program (cycles C3, C4 and C5 from UNB2U), five simple hybrids provided by the Universidade Estadual de Maringá breeding program, five varieties and three commercial hybrids (BRS Ângela, UFVM-2 Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor and SAM; Zélia, Jade and IAC 112) were evaluated in five environments for their potential to be register in the MAPA and recommended to producers in the Northern and Northwestern state of Rio de Janeiro. The experiment was arranged in a randomized block design, with three replications. The two main economic traits of the crops, grain yield (GY) and popping expansion (PE), were assessed. In the joint analysis of variance, significant differences were observed by the *F* test for the traits GY and PE. Regarding the genotype x environment interaction, only GY was significant, thus revealing that cultivar behavior varies according to the environments. The P_i statistics and the results for those traits showed that UNB2U-C5 and hybrid $P_1 \times P_7$ have potential to be recommended as new alternatives for producers in the region.

Key words: *Zea mays* L., adaptability, value for cultivation and use, grain yield and popping expansion.

Introdução

Apesar de as culturas do café e da cana-de-açúcar terem sido responsáveis por grande parte da economia de mercado no Norte e Noroeste do Rio de Janeiro, atualmente, nestas regiões, o agronegócio é incipiente, ocupando a cana-de-açúcar a quase totalidade das terras agriculturáveis, com uma baixa rentabilidade de cultivo (Souza et al., 2009).

A diversificação agrícola é uma estratégia de interesse para minimizar os problemas socioeconômicos oriundos de monocultivo de baixa rentabilidade da cana-de-açúcar. Entre as opções para esta diversificação, a cultura do milho-pipoca é uma excelente alternativa por ter alta rentabilidade e grande aceitação popular (Aguiar e al., 2009; Mendes de Paula et al., 2010; Moterle et al., 2012; Rangel et al., 2011). Contudo, o reduzido número de cultivares disponíveis no mercado é um dos principais entraves para a ampliação do cultivo (Miranda et al., 2003; Freitas Júnior et al., 2009; Silva et al., 2011). Segundo Cruz et al. (2011), na safra 2010/2011, foram disponibilizadas 498 cultivares de milho, das quais

apenas cinco foram de milho-pipoca (RS 20, IAC 112, IAC 125, Zélia e UFVM2-Barão Viçosa).

Assim, o desenvolvimento de variedades e/ou híbridos que reúnam características agrônomicas favoráveis com alto índice de capacidade de expansão se torna primordial para alavancar essa cultura. A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) desenvolve programa de melhoramento com milho desde 1998, com duas vertentes: emprego de seleção recorrente na população UNB-2U visando à obtenção de variedade melhorada e implementação de dialelos visando à identificação de híbridos superiores e de genitores para formação de compostos (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Freitas Júnior et al., 2006; Rangel et al., 2008; Silva et al., 2011).

O programa de seleção recorrente da UENF encontra-se no quinto ciclo, tendo sido obtidos resultados satisfatórios tanto para produtividade (acréscimo de 1250.00 para 3020.00 kg.ha⁻¹) quanto para capacidade de expansão (acréscimo de 19.25 para 32.00 mL.g⁻¹). Em relação ao programa de melhoramento visando à obtenção de híbridos, Silva et al. (2010), avaliando os cruzamentos dialélicos provenientes de dez linhagens de milho pipoca, oriundos da parceria entre a UENF e a Universidade Estadual de Maringá (UEM), identificaram híbridos promissores para regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Sob esta ótica, desenvolveu-se este trabalho, que teve como objetivo avaliar o potencial agrônomico da variedade UNB2U-C5, bem como de cinco híbridos obtidos pelo programa UENF/UEM, a fim de verificar a viabilidade de registro desses materiais.

Material e Métodos

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2009/2010 nos municípios de Campos dos Goytacazes e Cambuci e 2010/2011 nos municípios de Campos dos Goytacazes, Cambuci e Itaocara, totalizando cinco ambientes representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Foram avaliados 16 genótipos de milho pipoca: oito variedades de polinização aberta e oito híbridos (Tabela 1). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela foi composta por duas linhas de 12 m, espaçadas a 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, totalizando 120 plantas por parcela. Foram utilizadas três sementes por cova, a uma profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência. A adubação de cobertura e os demais tratamentos culturais foram realizados conforme recomendação para a cultura (Sawazaki, 2001).

Tabela 1. Identificação dos genótipos avaliados em cinco ambientes no Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Genótipos	Tipo	Origem
BRS Ângela	Variedade de polinização aberta	Embrapa
UFVM2 - Barão de Viçosa	Variedade de polinização aberta	UFV
Viçosa	Variedade de polinização aberta	UFV
Beija-Flor	Variedade de polinização aberta	UFV
SAM	Variedade de polinização aberta	-
UNB2U-C3	Variedade de polinização aberta	UENF
UNB2U-C4	Variedade de polinização aberta	UENF
UNB2U-C5	Variedade de polinização aberta	UENF
Zélia	Híbrido triplo	Pionner
Jade	Híbrido triplo	Pionner
IAC 112	Híbrido simples modificado	IAC
P ₁ x P ₃	Híbrido simples	UEM/UENF
P ₁ x P ₇	Híbrido simples	UEM/UENF
P ₂ x P ₄	Híbrido simples	UEM/UENF
P ₂ x P ₉	Híbrido simples	UEM/UENF
P ₃ x P ₇	Híbrido simples	UEM/UENF

Foram avaliadas as duas principais características da cultura do milho pipoca: rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão dos grãos (CE). A característica RG foi determinada com base na média da parcela, por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo, sendo expressa em kg ha⁻¹. A CE foi determinada em laboratório pela utilização de forno micro-ondas, colocando-se 30 g de sementes em pote plástico especial, na potência de 1000 W, por 2 min. e 20 s, com três repetições por tratamento. Em seguida, o volume expandido foi quantificado em proveta graduada, e a CE, calculada pela razão entre o volume final expandido (mL) e o peso inicial dos grãos (30 g).

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância por ambiente, tendo sido estimada a acurácia seletiva (AS) por meio da expressão $AS = [1 - (1/F)]^{0,5}$, em que F é o valor do teste F para a fonte de variação genótipos (Resende e Duarte, 2007). A homogeneidade das variâncias residuais (QMRs) foi verificada pela relação entre o maior e o menor QMR, segundo Pimentel-Gomes (1990).

O modelo adotado para análise conjunta foi $Y_{ijk} = \mu + R/E_{jk} + G_i + E_j + GE_{ij} + \xi_{ijk}$, em que Y_{ijk} é o valor fenotípico médio da parcela, μ é a constante geral, R/E_{jk} é o efeito da kth repetição no jth ambiente, G_i é o efeito fixo do ith genótipo, E_j é o efeito do jth ambiente, GE_{ij} é o efeito da interação do ith genótipo no jth ambiente e ξ_{ijk} é o erro experimental.

Para RG foi feita a partição da interação complexa em pares de ambientes pelo algoritmo proposto por Cruz e Castoldi (1991), em que a parte complexa foi expressa por $C = \sqrt{(1-r)^3} \sqrt{Q_1 Q_2}$, sendo Q_1 e Q_2 os quadrados médios de genótipos nos ambientes 1 e 2, respectivamente, e r a correlação entre as médias de genótipos nos dois ambientes. O método estimador da adaptabilidade e estabilidade foi o de Lin e Binns (1988):

$$P_i = \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij} - M_j)^2}{2n}, \text{ em que } P_i \text{ é o índice de superioridade da } i^{\text{th}} \text{ cultivar, } X_{ij} \text{ é a}$$

produtividade da i^{th} cultivar plantada no j^{th} local, M é a resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j^{th} local e n é o número de ambientes. Esta expressão foi

particionada em
$$P_i = \left[\frac{n(X_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X} - M_j + \bar{M})^2}{2n} \right], \text{ em que } X_i \text{ é a média da}$$

cultivar i obtida em n ambientes e \bar{M} é a média da máxima resposta de todas as cultivares em todos os ambientes. O primeiro termo da equação representa a soma de quadrados relacionada ao efeito genético, e a segunda é a soma de quadrados da interação GE.

Resultados e Discussão

Pela análise de variância individual, houve diferenças significativas para fonte de variação de genótipos para RG e CE em todos os ambientes, denotando ampla variação dos genótipos avaliados. As estimativas de acurácia foram de alta magnitude ($\geq 70 < 90$) ou muito alta (≥ 90) em todos os casos, o que indica boa precisão experimental. O uso da acurácia como medida de precisão experimental, proposto por Resende e Duarte (2007), tem como vantagem ser independente da média do ensaio, o que lhe confere adequabilidade como medida da precisão experimental. Segundo Cargnelutti Filho e Storck (2009), a estatística de acurácia seletiva é considerada mais adequada do que o coeficiente de variação e a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey, em percentagem da média, para avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho.

Para que o quadrado médio residual (QMR) da análise conjunta represente uma estimativa não tendenciosa da variância residual média, averiguou-se a homogeneidade dos QMRs por meio da relação entre o maior e o menor QMR. Para RG e CE, obteve-se uma relação de 4,06 e 1,55, respectivamente (Tabela 2). Segundo Pimentel-Gomes (1990), as variâncias são consideradas homogêneas, ou seja, a análise conjunta pode ser feita sem qualquer restrição quando a relação entre o maior e o menor QMR é menor que 7,0.

Tabela 2. Quadrado médio, médias e coeficientes de variação para duas características avaliadas em cinco ambientes com dezesseis genótipos de milho-pipoca.

FV	GL	Quadrado Médio ^{1/}	
		RG	CE
Bloco/ambiente	10	1188258,06	12,50
Genótipo (G)	15	3308784,39**	316,44**
Ambiente (A)	4	1714511,75**	54,53**
G x A	36	775175,81**	7,66 ^{ns}
Resíduo	150	333652,90	6,18
Média	-	2692,27	30,84
QMr ⁺ /QMr ⁻	-	4,06	1,55

^{1/} RG= Rendimento de grão e CE = Capacidade de expansão.

** = Significativo a 1% de probabilidade.

Na análise da variância conjunta, foram observadas diferenças significativas pelo teste F para as características RG e CE, considerando as fontes de variação genótipo e ambiente, indicando existência de variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes testados (Tabela 2). Em relação à interação genótipo x ambiente (GA), apenas RG foi significativa ($p < 0.01$), evidenciando comportamento diferenciado das cultivares ante a variação ambiental. Para CE, não foram evidenciados efeitos significativos para GA, estando em consonância com o obtido por Von Pinho et al. (2003), na avaliação de oito cultivares de milho-pipoca (cinco variedades e três híbridos) em diferentes locais e anos agrícolas, no Estado de Minas Gerais. Contudo, diversos autores evidenciaram a presença da interação GA para capacidade de expansão (Vendruscolo et al., 2001; Nunes et al., 2002; Scapim et al., 2010). Estudos sobre herança da CE indicam que a característica é quantitativamente herdada e principalmente de natureza aditiva, porém o seu controle genético é feito por uma quantidade menor de genes quando comparados com a produção (Robbins e Ashman, 1984; Dofing et al., 1991). Lu et al. (2003), estudando locos de características quantitativas (QTLs) para capacidade de expansão, verificaram quatro QTLs, nos cromossomos 1S, 3S, 5S e 5L, que explicaram 45% da variação fenotípica.

Pelo algoritmo de Cruz e Castoldi (1991), houve predomínio da interação do tipo complexa entre os pares de ambientes avaliados para RG (Tabela 3). Esse resultado denota uma baixa correlação entre o desempenho dos genótipos e os ambientes avaliados, o que faz com que a posição dos genótipos seja alterada em virtude das diferentes respostas às variações ambientais (Robertson, 1959). Sendo assim, há necessidade de buscar medidas que reduzam os efeitos da interação GA, como, por exemplo, estudos de estabilidade e

adaptabilidade de diferentes genótipos em que se procura particularizar as respostas de cada genótipo ante as variações ambientais para identificar aqueles de adaptabilidade ampla ou específica e, ainda, os de desempenho previsível (Nunes et al., 2002; Garbuglio et al., 2007).

As médias gerais relativas à RG variaram de 1790,56 a 3485,71 kg.ha⁻¹ e, quanto à CE, de 24,41 a 37,87 mL g⁻¹ (Tabela 4), evidenciando alto potencial de alguns materiais nos ambientes estudados. A população UNB2U-C5 foi a mais produtiva, 3047,56 kg.ha⁻¹, e a que apresentou a maior CE, 35,69 mL g⁻¹, entre as variedades de polinização aberta. A variedade Viçosa obteve a segunda maior média de RG, 2863,55 kg ha⁻¹, entre as variedades de polinização aberta, porém, apresentou o menor valor para CE, 24,41 mL g⁻¹. Ao contrário, as variedades BRS Ângela e UFVM2 - Barão de Viçosa revelaram uma boa CE, 34,52 e 33,31 mL g⁻¹, respectivamente, mas ambas obtiveram uma baixa produtividade, 2192,11 e 2314,50 kg ha⁻¹, respectivamente, nos ambientes avaliados. Os híbridos P₂ x P₄ e P₂ x P₉ obtiveram as maiores médias para RG, 3262,13 e 3485,71 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Contudo, esses materiais apresentaram uma CE inferior a 30 mL g⁻¹. O híbrido P₁ x P₇ obteve uma RG e uma CE de 2855,46 kg ha⁻¹ e 36,82 mL g⁻¹, respectivamente, próximas do melhor híbrido comercial IAC 112, com 2724,40 kg ha⁻¹ e 37,87 mL g⁻¹, respectivamente. Cabe enfatizar que IAC 112 é um híbrido altamente produtivo no Estado de São Paulo e contribuiu para redução na importação de grãos de pipoca no Brasil (Mendes de Paula et al., 2010). Os outros híbridos comerciais, Zélia e Jade, revelaram uma RG de 2509,81 e 2423,52 kg ha⁻¹, respectivamente, e uma CE de 33,36 e 33,53 mL g⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Estimativas de interação complexa para rendimento de grãos avaliada em 16 genótipos de milho-pipoca em cinco ambientes.

Ambientes	Interações (%)
Cambuci (09/10) x Campos dos Goytacazes (09/10)	64,68
Cambuci (09/10) x Cambuci (10/11)	94,96
Cambuci (09/10) x Campos dos Goytacazes (10/11)	57,20
Cambuci (09/10) x Itaocara (10/11)	66,94
Campos dos Goytacazes (09/10) x Cambuci (10/11)	90,13
Campos dos Goytacazes (09/10) x Campos dos Goytacazes (10/11)	32,01
Campos dos Goytacazes (09/10) x Itaocara (10/11)	52,29
Cambuci (10/11) x Campos dos Goytacazes (10/11)	80,03
Cambuci (10/11) x Itaocara (10/11)	91,79
Campos dos Goytacazes (10/11) x Itaocara (10/11)	45,16

Pela estatística P_i de Lin e Binns (1988), os genótipos $P_2 \times P_9$, $P_2 \times P_4$, UNB2U-C4, $P_1 \times P_3$, UNB2U-C5 e $P_1 \times P_7$ apresentaram os menores valores de P_i para RG, portanto, esses genótipos tendem a ser mais adaptados e estáveis (Tabela 5). Considerando que estes genótipos exibiram as maiores RG médias e pequena contribuição para a interação, pode-se considerá-los superiores. Essa alta correlação entre média e estabilidade é uma característica do método de Lin e Binns (1988), pois associa estabilidade com a capacidade dos genótipos de apresentar o menor desvio em relação ao máximo, nos ambientes em estudo. Essa é considerada a maior vantagem desse método, pois consegue identificar os genótipos mais estáveis sempre entre os mais produtivos, como observado por outros autores (Farias et al., 1996; Daros et al., 2000; Scapim et al., 2000; Carbonell et al., 2001; Ferreira et al., 2004; Lédo et al., 2005; Cargnelutti Filho et al., 2007; Mendes de Paula et al., 2010; Scapim et al. 2010).

A estimativa do P_i pode ser desdobrada em duas partes: a primeira, atribuída ao desvio genético em relação ao máximo; e a segunda, correspondente à parte da interação genótipos por ambientes (Lin e Binns, 1988). Essa segunda parte pode alterar a

classificação dos genótipos. Logo, o ideal é um material que apresente o menor P_i e que a maior parte desse valor seja atribuída ao desvio genético (Mendes de Paula et al., 2010). Desta maneira, os seis genótipos que expressaram as menores estimativas P_i revelaram valores da porcentagem da interação GA, variando de 6,69 a 51,01%. Entre estes genótipos, UNB2U-C4, $P_1 \times P_7$ e UNB2U-C5 apresentaram os menores valores, com magnitudes de 6,69; 17,71 e 24,91%, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 4. Médias de duas características (Rendimento de grão - RG e Capacidade de expansão - CE) avaliadas em 16 genótipos.

Genótipos	RG					CE	
	Amb1 ^{1/}	Amb2	Amb3	Amb4	Amb5	Média	Média
BRS Ângela	2075,67	2500,00	2363,27	2171,30	1850,31	2192,11	34,52
UFVM2-Barão de Viçosa	1658,67	2770,00	2494,29	2602,47	2047,07	2314,50	33,31
Viçosa Viçosa	2878,00	2561,67	3701,39	2656,64	2520,06	2863,55	24,41
Beija-Flor	2114,00	1497,00	3028,94	2663,12	1757,87	2212,18	27,47
SAM	1915,00	1743,67	2200,00	1850,31	1243,83	1790,56	27,59
UNB2U-C3	2515,67	1018,67	2353,70	2641,20	2596,45	2225,14	29,77
UNB2U-C4	3032,33	3240,67	3184,03	2989,97	2487,65	2986,93	31,38
UNB2U-C5	2577,33	3163,67	3530,09	3358,80	2608,02	3047,58	35,69
Zélia	2523,33	2716,00	2819,44	2362,96	2127,31	2509,81	33,36
Jade	2731,33	2577,00	2514,81	2899,38	1395,06	2423,52	33,53
IAC 112	3534,00	2135,67	3274,69	2598,15	2079,48	2724,40	37,87
$P_1 \times P_3$	2646,33	3889,00	2930,56	3188,27	2534,72	3037,78	29,11
$P_1 \times P_7$	2400,00	3125,00	3085,65	2620,37	3046,30	2855,46	36,82
$P_2 \times P_4$	2679,00	3533,67	3446,76	3405,86	3245,37	3262,13	20,93
$P_2 \times P_9$	3858,00	3835,00	3357,87	3322,92	3054,78	3485,71	29,54
$P_3 \times P_7$	3742,33	4051,00	1288,43	3287,04	3355,71	3144,90	28,20

^{1/} Amb1 = Cambuci (2009/2010); Amb2 = Campos dos Goytacazes (2009/2010); Amb3= Cambuci (2010/2011); Amb4 =Campos dos Goytacazes (2010/2011) e Amb5 = Itaocara (2010/2011),

No presente trabalho, os ambientes favoráveis pela estatística P_i para RG foram Campos dos Goytacazes nas safras 2009/2010 e 2010/2011, e Cambuci na safra 2010/2011, que exibiram maiores médias em relação aos outros ambientes. Por sua vez, os ambientes Cambuci, safra 2009/2010, e Itaocara, 2010/2011, foram considerados desfavoráveis.

Tabela 5, Estimativas de estabilidade não-paramétrica pelo método de Lin e Binns (1988) para a característica de rendimento de grãos (kg ha^{-1}), para 16 genótipos de milho-pipoca avaliados em cinco ambientes,

Genótipos	Geral $P_i/10000$	Desvios		% de Derivação Genética	Contribuição para a Interação (%)
		Genético	Interação		
BRS Ângela	111,63 (13)	109,86	1,77	98,41	1,59
UFVM2 -Barão de Viçosa	102,93 (12)	92,47	10,47	89,83	10,17
Viçosa Viçosa	44,38 (7)	32,87	11,51	74,07	25,93
Beija-Flor	131,21 (14)	106,90	24,31	81,47	18,53
SAM	182,33 (16)	177,44	4,89	97,32	2,68
UNB2U-C3	139,74 (15)	105,02	34,73	75,15	24,85
UNB2U-C4	25,33 (3)	23,63	1,69	93,31	6,69
UNB2U-C5	30,18 (5)	22,66	7,52	75,09	24,91
Zélia	69,38 (10)	67,81	1,57	97,74	2,26
Jade	89,51 (11)	78,23	11,27	87,41	12,59
IAC 112	62,37 (9)	45,12	17,24	72,35	27,65
$P_1 \times P_3$	28,10 (4)	20,26	7,84	72,12	27,88
$P_1 \times P_7$	40,75 (6)	33,53	7,22	82,29	17,71
$P_2 \times P_4$	17,35 (2)	8,50	8,85	48,99	51,01
$P_2 \times P_9$	2,62 (1)	1,78	0,84	67,91	32,09
$P_3 \times P_7$	58,50 (8)	14,02	44,48	23,96	76,04

Embora em ordens distintas, seis genótipos com os menores valores de P_i geral foram também os que exibiram os menores valores de P_i para os ambientes favoráveis. Para P_i geral, destacaram-se, em ordem decrescente de magnitude, $P_1 \times P_7$, UNB2U-C5, $P_1 \times P_3$, UNB2U-C4, $P_2 \times P_4$ e $P_2 \times P_9$. Nos ambientes favoráveis, $P_1 \times P_7$, UNB2U-C4, UNB2U-C5, $P_1 \times P_3$, $P_2 \times P_4$ e $P_2 \times P_9$, nesta ordem, foram os que detiveram os menores valores de P_{if} (Tabelas 5 e 6).

Em relação aos ambientes desfavoráveis, os genótipos com os menores valores de P_{id} não foram os mesmos que expressaram as menores estimativas de P_i geral. Para os ambientes desfavoráveis, destacaram-se os genótipos $P_3 \times P_7$, $P_2 \times P_9$, $P_2 \times P_4$, UNB2U-C4, Viçosa e IAC 112 (Tabela 6). A população UNB2U-C5, que ficou alocada na quarta posição nos ambientes favoráveis, ocupou a oitava posição nos ambientes desfavoráveis. Já o híbrido $P_1 \times P_7$ ficou alocado na nona posição nos ambientes desfavoráveis. Entretanto, vale ressaltar que o ambiente Cambuci 2009/2010, considerado desfavorável, teve forte influência de fatores abióticos e bióticos no período de avaliação, e, como pode ser

verificado pelo algoritmo de Cruz & Castoldi (1991), ocorreu uma elevada interação complexa (94,96) entre os anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011. Nesse contexto, há necessidade de novas avaliações nos ambientes de Cambuci para confirmação dos resultados obtidos no presente trabalho.

Tabela 6. Estimativas de parâmetro de estabilidade e adaptabilidade, com ambientes favoráveis e desfavoráveis pelo método de Lin e Binns (1988) para a característica de rendimento de grão.

Genótipos	Lin e Binns (1988)	
	Favorável (Pi/10000)	Desfavorável (Pi/10000)
BRS Ângela	95,34 (12)	136,07 (13)
UFVM2 -Barão de Viçosa	62,39 (9)	163,74 (15)
Viçosa Viçosa	46,32 (7)	41,47 (5)
Beija-Flor	125,45 (14)	139,87 (14)
SAM	166,63 (15)	205,88 (16)
UNB2U-C3	193,27 (16)	59,46 (10)
UNB2U-C4	18,29 (5)	35,88 (4)
UNB2U-C5	13,65 (4)	54,98 (8)
Zélia	60,79 (8)	82,26 (11)
Jade	63,95 (10)	127,84 (12)
IAC 112	75,05 (11)	43,34 (6)
P ₁ x P ₃	11,13 (3)	53,55 (7)
P ₁ x P ₇	30,89 (6)	55,54 (9)
P ₂ x P ₄	5,54 (2)	35,06 (3)
P ₂ x P ₉	2,86 (1)	2,26 (2)
P ₃ x P ₇	97,28 (13)	0,33 (1)

Entretanto, vale ressaltar, pelos resultados obtidos, que a variedade de polinização aberta UNB2U-C5 e o híbrido P₁ x P₇ aportam elevado potencial para lançamento nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, tendo esses materiais associado elevada produtividade a uma boa capacidade de expansão, conforme também relatado por Rangel et al. (2011) e Silva et al. (2010, 2011). Portanto, esses genótipos apresentam potencialidade de registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e posteriormente poderão ser indicados para os produtores locais visando à diversificação agrícola da região.

Conclusão

A variedade de polinização aberta UNB2U-C5 e o híbrido simples $P_1 \times P_7$ podem ser recomendados para a região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro.

Referências

AGUIAR, C. G.; SCHUSTER, I.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SCAPIM, C. A.; VIEIRA, E. S. N. Heterotic groups in tropical maize germplasm by test crosses and simple sequence repeat markers. **Genetics and Molecular Research**, v.7, n.4, p. 1233-1244, 2008.

CARBONELL, S. A. M.; AZEVEDO FILHO, A.; DIAS, A. S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C. B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 69-77, 2001.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 571-578, 2007.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L. Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 111-117, 2009.

CRUZ, C. D.; CASTOLDI, F. L. Desempenho da interação genótipo x ambiente em partes simples e complexas. **Revista Ceres**, v. 38, n. 219, p. 422-430, 1991.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SILVA, G. H. **Milho – Cultivares para 2011/2012**. <http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/endex.php>

DAROS, M.; AMARAL JUNIOR, A. T. Adaptabilidade e estabilidade de produção de *Ipomoea batatas*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 22, n. 4, p. 911-917, 2000.

DOFING, S. M.; D'CROZ-MASON, N.; THOMASCOMPTON, M. A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**, v. 31, n. 3, p. 715-718, 1991.

FERREIRA, R. D. E. P.; BOTREL, M. D. E. A.; PEREIRA, A. C. R. A. V.; COELHO, A. D. F.; LEDO, F. J. S.; CRUZ, C. D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa em relação a diferentes épocas de corte. *Ciência Rural*, v. 34, n. 1, p. 265-269, 2004.

FREITAS JUNIOR, S. P.; AMARAL JUNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; CRUZ, C. D.; SCAPIM, C. A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 41, n. 11, p. 1599-1607, 2006.

FREITAS JUNIOR, S. P.; AMARAL JUNIOR, A. T.; RANGEL, R. M.; VIANA, A. P. Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. ***Crop Breeding and Applied Biotechnology***, v. 9, n. 1, p. 1-7, 2009.

GARBUGLIO, D. D.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; SHIOGA, P. S. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 42, n. 2, p. 183-191, 2007.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. Ed. Piracicaba: Nobel, 1990.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. ***Canadian Journal of Plant Science***, v. 68, n. 1, p. 193-198, 1988.

LU, H. J.; BERNARDO, R.; OHA, H. W. Mapping QTL for popping expansion volume in popcorn with simple sequence repeat markers. ***Theoretical and Applied Genetics***, v. 106, n. 3, p. 423-427, 2003.

MIRANDA, G. V.; COIMBRA, R. R.; GODOY, C. L.; SOUZA, L. V.; GUIMARAES, L. J. M.; MELO, A. V. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 38, n. 6, p. 681-688, 2003.

MENDES DE PAULA, T. O.; AMARAL JUNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; SCAPIM, C. A.; PETERNELLI, L. A.; SILVA, V. Q. R. S. P_1 statistics underlying the

evaluation of stability, adaptability and relation between the genetic structure and homeostasis in popcorn. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 269-277, 2010.

MOTERLE, L. M.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Combining ability of popcorn lines for seed quality and agronomic traits. **Euphytica**, Ahead of Print, 2012.

NUNES, H. V.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; SOUZA, L. V.; GUIMARAES, L. J. M. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 3, p. 78-88, 2002.

PEREIRA, M. G.; AMARAL JUNIOR, A. T. Estimation of genetic components in popcorn based on the Nested Design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 3-10, 2001.

RANGEL, R. M.; AMARAL JUNIOR, A. T.; SCAPIM, C. A.; FREITAS JUNIOR, S. P.; PEREIRA, M. G. Genetic parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. **Genetics and Molecular Research**, v. 7, n. 4, p. 1020-1030, 2008.

RANGEL, R. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S. Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho-pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 473-481, 2011.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

ROBBINS JUNIOR, W. A.; ASHMAN, R. B. Parent off spring popping expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. **Crop Science**, v. 24, n. 1, p. 119-121, 1984.

ROBERTSON, A. **Experimental design on the measurement of heritabilities and genetic correlations**. New York: Pergamon Press, 1959.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **O agrônomo**, v. 53, n. 1, p. 11-13, 2001.

SCAPIM, C. A.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; CRUZ, C. D.; ANDRADE, C. A.; VIDIGAL, M. C. G. Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russel, Lin and Binns and Huehn models. **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, n. 2, p. 387-393, 2000.

SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; AMARAL JUNIOR, A. T.; VIEIRA, R. A.; PINTO, R. J. B.; CONRADO, T. V. Correlations among yield and popping expansion stability parameters in popcorn. **Eupytica**, v. 174, n. 2, p. 209-218, 2010.

SILVA, V. Q. R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; CANDIDO, L. S.; VITTORAZZI, C.; MOTERLE, L. M.; VIEIRA, R. A.; SCAPIM, C. A. Combining ability of tropical and temperate inbred lines of popcorn. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 3, p. 1742-1750, 2010.

SILVA, V. Q. R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RIBEIRO, R. M. Heterotic parameterizations of crosses between tropical and temperate lines of popcorn. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 243-249, 2011.

SOUZA, P. M.; PONCIANO, N. J.; MATA, H. T. C.; BRITO, M. N.; GOLINSKI, J. Padrão de desenvolvimento tecnológico dos municípios das Regiões Norte e Noroeste do Rio de Janeiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 4, p. 945-969, 2009.

VENDRUSCOLO, E. C. G.; SCAPIM, C. A.; PACHECO, C. A. P.; OLIVEIRA, V. R.; BRACCINI, A. L.; GONÇALVES-VIDIGAL, M. C. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca na região centro-sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 123-130, 2001.

VON PINHO, R. G.; BRUGNERA, A.; PACHECO, C. A. P.; GOMES, M. S. Estabilidade de cultivares de milho-pipoca em diferentes ambientes, no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 1, p. 53-61, 2003.

DIVERSIDADE ENTRE VARIEDADES DE MILHO-PIPOCA EM ENSAIOS DE DISTINGUIBILIDADE, HOMOGENEIDADE E ESTABILIDADE³

RESUMO

Nos ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade, a caracterização morfoagronômica das pré-cultivares baseia-se na tomada de dados botânicos facilmente detectáveis nas plantas. Entretanto, discute-se se os inúmeros descritores morfológicos estabelecidos pelo Serviço Nacional de Proteção da Cultivares (SNPC) são realmente eficientes para distinguir as diferentes cultivares, principalmente para diferenciar cultivares relacionadas ou que possuem a mesma genealogia. Assim, o objetivo deste trabalho foi: i) avaliar a diversidade entre variedades de milho-pipoca por meio de ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade; ii) verificar se os descritores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) foram eficientes para distinguir oito variedades de milho-pipoca - BRS Ângela, UFVM2-Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 em cinco ambientes. A caracterização das variedades foi baseada em 29 descritores qualitativos utilizados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares. Os descritores morfológicos avaliados foram suficientes para distinguir as variedades de milho-pipoca estudadas, incluindo a população UNB-2U do programa de melhoramento da UENF, demonstrando a eficácia do programa em desenvolver uma variedade distinguível, conforme um dos requisitos para proteção de cultivares.

PALAVRAS-CHAVE: Milho-pipoca, variabilidade, DHE, proteção de cultivares.

³Parte da Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias Agrárias na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas.

ABSTRACT

In distinctness, homogeneity and stability trials, the morphoagronomic characterization of pre-cultivars is based on the collection of botanical data easily found in plants. However, it is argued that the number of descriptors established by the Service Nacional de Proteção da Cultivares (National System of Protection to Cultivars) (SNPC) may not be efficient to distinguish the different cultivars, mainly when cultivars are related or have the same genealogy. Therefore, the present study aimed to: i) evaluate the diversity among varieties of popcorn by means of distinctiveness, homogeneity and stability tests; ii) determine whether the descriptors set by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) were efficient to distinguish eight varieties of popcorn - BRS Ângela, UFVM2-Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 and UNB2U-C5 in five environments. The characterization of the varieties was based on 29 qualitative descriptors used by the Service Nacional de Proteção de Cultivares. The morphological descriptors evaluated were sufficient to distinguish the varieties of popcorn studied, including the population UNB-2U of the UENF breeding program, thus demonstrating that the program is effective to develop a distinguishable variety, which is one of the requirements for cultivar protection.

Key words: *Zea mays* L., variability, cultivar protection

INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira têm se destacado no cenário mundial, ocupando as primeiras posições na produção e exportação de vários produtos agrícolas, entre os quais está o milho (*Zea mays* L.), principal cereal cultivado no Brasil (Conab, 2010). Grande parte desse sucesso pode ser atribuído ao melhoramento genético realizado com a cultura, tanto por instituições públicas quanto privadas no país.

No entanto, além do milho, dito comum, existe um mercado em expansão no Brasil para os milhos considerados especiais (milho doce, branco e pipoca), os quais podem ser consumidos “in natura” ou ser utilizados pelas indústrias, tornando-se mais uma alternativa para os produtores rurais agregarem valores a seus produtos e aumentarem sua renda (Bordallo et al. 2005).

Nesse sentido, a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) vem desenvolvendo, desde 1998, um programa de melhoramento genético com a cultura do

milho-pipoca, empregando o método de seleção recorrente na população UNB-2U, visando a elevar a frequência dos alelos favoráveis nessa população (Pereira e Amaral Júnior, 2001). Após seis ciclos seletivos, resultados satisfatórios foram alcançados tanto para produtividade, acréscimo de 1250,00 para 3020,00 kg.ha⁻¹, quanto para capacidade de expansão, acréscimo de 19,25 para 32,00 mL.g⁻¹ (Ribeiro et al, 2011).

Deste modo, viu-se a possibilidade de recomendação dessa população para plantio nas regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro, como alternativa para diversificação agrícola e incentivo à agricultura familiar. Para esse tipo de agricultura, o uso de variedade de polinização aberta é mais vantajoso devido a fatores como baixo custo da semente e maior plasticidade das variedades sob condições de estresse.

Para que uma cultivar possa ser protegida, alguns prerequisites devem ser atendidos: i) essa cultivar ser resultante de trabalho de melhoramento e ser designada por uma denominação genérica; ii) ser diferente das demais variedades por uma ou várias características importantes; e iii) as características que descrevem a cultivar devem ser as mesmas ao longo de sua reprodução (MAPA, 2006). Esses requisitos podem ser verificados por meio de experimentos específicos denominados ensaios de distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade (DHE).

Nesses ensaios, a caracterização morfoagronômica das pré-cultivares baseia-se na tomada de dados botânicos facilmente detectáveis nas plantas. Entretanto, discute-se se os inúmeros descritores morfológicos estabelecidos pelo Sistema Nacional de Proteção da Cultivares (SNPC) são realmente eficientes para distinguir as diferentes cultivares, principalmente para diferenciar cultivares relacionadas ou que possuem a mesma genealogia.

Assim, os objetivos deste trabalho foram: i) avaliar a diversidade morfológica entre variedades de milho-pipoca em ensaios de DHE, conduzidos pelo programa de melhoramento genético de milho-pipoca da UENF; e ii) verificar se os descritores morfológicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) foram eficientes para distinguir oito variedades de milho-pipoca - BRS Ângela, UFVM2-Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 - em cinco ambientes.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2009/2010 nos municípios de Campos dos Goytacazes e Cambuci e 2010/2011 nos municípios de Campos dos Goytacazes, Cambuci e Itaocara, totalizando cinco ambientes representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense.

Foram avaliadas cinco variedades de polinização aberta de milho-pipoca - BRS Ângela, UFMV-Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor e SAM - juntamente com os três últimos ciclos da população UNB-2U do programa de melhoramento genético da UENF, correspondentes aos híbridos UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5). O delineamento experimental adotado em todos os experimentos foi o de blocos ao acaso, com três repetições. A parcela experimental foi composta por duas linhas de 12 m, espaçadas a 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, totalizando 120 plantas por parcela. Foram semeadas três sementes por cova, a uma profundidade de 0,05 m, sendo realizado o desbaste aos 21 dias após a emergência. A adubação de cobertura e os demais tratamentos culturais foram realizados conforme a recomendação para a cultura por Sawazaki (2001).

A caracterização das variedades foi realizada com base nos 29 descritores morfológicos qualitativos utilizados pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). Para a descrição e a comparação das variedades, foi utilizada a estatística moda, que se refere ao valor mais frequente em um conjunto de dados, das notas atribuídas a cada cultivar.

A divergência entre variedades avaliadas foi estimada pelo índice de similaridade proposto por Cruz e Carneiro (2003) para todas as variáveis multicategóricas. Com base na matriz de dissimilaridade, as variedades foram agrupadas pelo método de agrupamento hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages*).

Tabela. 1. Descritores qualitativos utilizados para caracterização e avaliação de oito variedades de milho-pipoca.

FASE DE PLÂNTULA (Estádio VE)	
Forma da ponta da primeira folha (FPPF)	1- Pontiaguda, 2- Pontiaguda/arredondada, 3- Arredondada, 4- Arredondada espatulada, 5- Espatulada
Pigmentação do coleótilo pela antocianina (PCPA)	1-Ausente, 2-Presente
Pigmentação da plúmula (PP)	1-Baixa, 2-Média, 3-Alta
FASE DE INÍCIO DE ANTESE (Estádio V12)	
Ângulo entre a lâmina e o caule medido logo acima da espiga superior (ALC)	1-Pequeno, 2-Médio, 5-Grande
Comportamento da lâmina foliar acima da espiga superior (CLF)	1-Reta, 3-Recurvada, 5-Fortemente recurvada
FASE DE METADE DA ANTESE (Estádio R1)	
Grau zigue-zague (curvatura do colmo) (CZZ)	1- Ausente, 2- Ligeiramente recurvado, 3- Fortemente recurvado
Coloração das anteras pela antocianina (CAA)	1- Fraca, 2- Média, 3- Forte
Ângulo entre haste principal e a ramificação lateral (AHPRL)	1- Pequeno, 3- Médio, 5- Grande
Comportamento da ramificação lateral (CRL)	1- Reta 3- Recurvada, 5- Fortemente recurvada
Coloração do estigma pela antocianina (CEA)	1- Ausente, 2- Presente
Intensidade de coloração do estigma pela antocianina (ICA)	1- Fraca, 2- Média, 3- Forte
FASE DE GRÃO LEITOSO (Estádio R3)	
Coloração das raízes aéreas pela antocianina (CC)	1- Ausente, 2- Fraca, 5- Forte
Pubescência na bainha da folha (PB)	1- Ausente, 2- Média, 5- Abundante
Pigmentação pela antocianina na bainha (PBA)	1- Ausente, 2- Média, 5- Abundante
Pubescência acima da espiga superior na lâmina foliar (PBL)	1- Ausente, 2- Média, 5- Abundante
Ondulação marginal na lâmina foliar (OML)	1- Baixa, 2- Médio, 5- Alta
Coloração da nervura central pela antocianina na lâmina foliar (CNCA)	1- Baixa, 2- Médio, 5- forte

- Continuação Tabela. 1.

Pigmentação pela antocianina na lâmina foliar (PLA)	1- Baixa, 2- Médio, 5- forte
Cor da lâmina foliar (CL)	3- Verde Claro, 5- Verde médio, 7-Verde escuro
Cor da palha da espiga “grão leitoso” (CP 1)	1- Verde Claro, 2- Verde médio, 3-Verde escuro
FASE DE COLHEITA (Estádio R6)	
Posição da espiga (PE)	1- Ereta , 3- Oblíqua, 5- Pendente
Forma da espiga (FORMA)	1- Cônica, 2- Cônica/Cilíndrica, 3 - Cilíndrica
Cor da palha da espiga “colheita” (CP 2)	1- Roxa, 2- Castanha
Grau de empalhamento na espiga (GE)	1- Baixo, 2- Médio, 3- Alto
Empalhamento da espiga (EMP)	1- Frouxa, 2- Compacta
FASE DE PÓS-COLHEITA	
Direção da fileira de grão (DF)	1- Reta, 2- Levemente curvada, 3- Em espiral, 4- Irregular
Cor do pericarpo (CPER)	1- Incolor, 2- Amarela, 3- Bronze 4- Marrom, 5- Vermelha, 6- Roxa, 7-Variegada
Cor da coroa (CCGE)	1- Branca, 2- Branca amarelada, 3- Amarela, 4- Amarela alaranjada, 5- Alaranjada, 6- Vermelho alaranjada, 7- Vermelho escura
Cor do endosperma (CEND)	1- Branca, 2- Amarela, 3- Amarela alaranjada, 4- Alaranjada, 5- Avermelhada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na fase de plântula, o descritor pigmentação da plúmula foi o único que discriminou as variedades. A variedade beija-flor foi caracterizada como possuindo baixa pigmentação de plúmula e as demais variedades, caracterizadas como tendo pigmentação média. Detectar descritores eficientes na fase de plântulas facilitaria o processo de proteção, uma vez que não seria necessário esperar todo o ciclo da planta se completar para tal.

No início da antese, fase em que ocorre o amadurecimento dos órgãos reprodutivos da planta, foram avaliados dois descritores. O descritor denominado ângulo entre a lâmina

e o caule separou as variedades em dois grupos. As variedades BRS Ângela, UFMV-Barão de Viçosa e Beija-Flor apresentaram ângulo médio, e as demais variedades, ângulo pequeno, incluindo os três ciclos da população UNB-2U.

Na metade da antese, apenas dois descritores foram capazes de diferenciar as variedades estudadas em dois grupos. Assim, as variedades UFMV-Barão de Viçosa, BRS Ângela e SAM foram caracterizadas apresentando média coloração de anteras pela antocianina e ausência de pigmentação de estigma; ao passo que as variedades Beija-flor, Viçosa e os três ciclos da população UNB-2U apresentaram anteras fracamente pigmentadas e presença de coloração do estigma pela antocianina.

Já na fase de grão leitoso, iniciada normalmente entre 12 a 15 dias após a polinização, dos nove descritores avaliados apenas o descritor coloração das raízes aéreas pela antocianina foi apropriado para separar os dois últimos ciclos da população UNB-2U (C4 e C5) juntamente com a variedade Viçosa das demais populações. Essas variedades foram classificadas como possuindo raízes aéreas com forte coloração. Entretanto, as variedades BRS Ângela, UFMV-Barão de Viçosa, SAM e UNB2U-C3 foram caracterizadas como possuindo raízes aéreas com coloração fraca. Já a variedade beija-flor se distinguiu de todas as outras, não apresentando coloração de raízes aéreas.

No momento da colheita, foram avaliados vários atributos em relação à posição, forma, coloração e grau de empalhamento da espiga, mas, somente dois descritores distinguiram as variedades. A forma da espiga diferenciou a variedade BRS Ângela, espiga cônica, das demais variedades, que apresentaram espigas cônico-cilíndricas. Quanto ao empalhamento, todas as variedades foram caracterizadas como apresentando empalhamento frouxo, porém, as variedades BRS Ângela e UFMV-Barão de Viçosa apresentaram elevado grau de empalhamento frouxo, enquanto as demais variedades foram caracterizadas como apresentando intermediário grau de empalhamento frouxo.

Na etapa pós-colheita, apenas os descritores referentes à coloração dos grãos foram eficientes para distinguir as variedades estudadas, principalmente a variedade BRS Ângela, já conhecida pelo fato de possuir grãos brancos. Assim, todas as variedades foram caracterizadas apresentando ausência de coloração de pericarpo, exceto a variedade Ângela, que apresentou pericarpo amarelo. Quanto à coloração da coroa, BRS Ângela foi caracterizada como branca, Viçosa, caracterizada como branco-amarelada, e as demais variedades, como coroa amarelo-alaranjada. Já em relação ao endosperma, a variedade BRS Ângela foi caracterizada como branca, a variedade SAM, como alaranjada, e as demais variedades, como amarelo-alaranjadas.

Pelo agrupamento UPGMA (Figura 1), verificou-se a formação de três grupos: um grupo formado somente pela variedade BRS Ângela, outro grupo formado pelas variedades Barão de Viçosa e SAM e o terceiro grupo formado pelas demais variedades. Esse resultado confirmou o encontrado por Amaral Júnior et al. (2011), que caracterizaram diferentes acessos de milho e milho-pipoca, utilizando marcadores ISSR. Esses autores verificaram que a maioria das variedades e híbridos comerciais de milho-pipoca e os ciclos da população UNB-2U foram alocados no mesmo grupo, enquanto as variedades BRS Ângela e SAM foram alocadas em outro grupo juntamente com os genótipos antigos de milho-pipoca (Compuesto, BOZM 260 e Para 170).

O distanciamento da variedade BRS Ângela em relação às demais variedades estudadas está relacionado principalmente a características dos grãos, uma vez que a variedade BRS Ângela é caracterizada por apresentar pericarpo amarelo e coroa e endosperma brancos, características diferentes das demais variedades. Essa variedade foi desenvolvida pela Embrapa Milho e Sorgo, e é resultado de seis ciclos de seleção recorrente no composto de milho CMS-43, sendo que esse composto também apresenta grãos brancos e é oriundo de recombinação entre 33 materiais (Pacheco et al., 2001).

As variedades Barão de Viçosa e SAM, agrupadas no segundo grupo, têm características semelhantes em relação à coloração dos grãos e, provavelmente, o mesmo ancestral norte-americano. A variedade SAM foi introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1941. Essa variedade é proveniente da variedade South American, raça de origem Argentina, melhorada nos Estados Unidos da América (Sawazaki, 1995). Essa variedade foi utilizada como base em muitos programas de melhoramento genético, incluindo o que deu origem à população UNB-2U da UENF. Já a variedade UFMV-Barão de Viçosa é proveniente do Programa de Melhoramento de Milho-Pipoca do Departamento de Genética da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Em relação ao terceiro grupo, as variedades Viçosa e Beija-Flor são oriundas do Programa de Melhoramento de Milho-Pipoca do Departamento de Genética da Universidade Federal de Viçosa (UFV), sendo a variedade Viçosa proveniente de um sintético de variedades locais e cruzamentos de híbridos norte-americanos, e a variedade Beija-Flor é brasileira e não se encontra registrada no Mapa (Amaral Junior et. al., 2011). Já os ciclos UNB2U-C3, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 correspondem, respectivamente, ao 3º, 4º e 5º ciclos da população base de melhoramento da UENF. Apenas o descritor denominado coloração das raízes aéreas pela antocianina distinguiu a variedade beija-flor

das demais, enquanto o descritor cor da coroa distinguiu a variedade Viçosa das outras pertencentes a esse grupo.

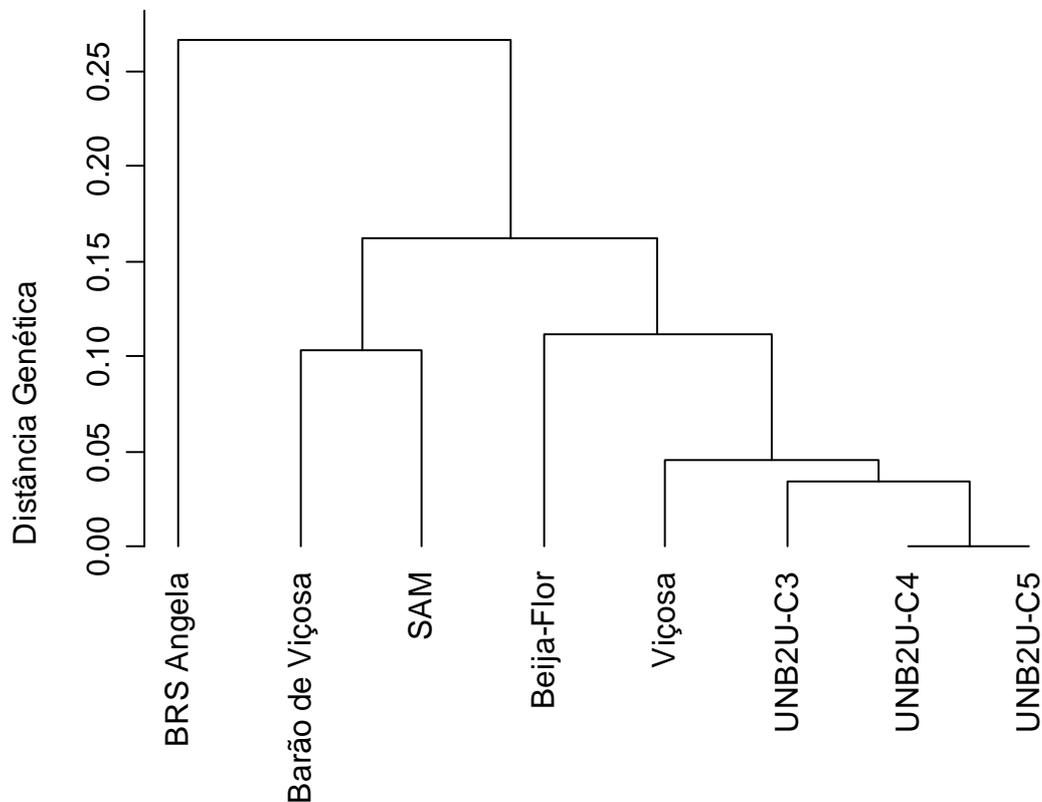


Figura. 1. Agrupamento UPGMA obtido a partir de descritores morfológicos de oito variedades de milho-pipoca.

CONCLUSÃO

Os descritores morfológicos avaliados foram suficientes para distinguir as variedades de milho-pipoca estudadas, incluindo a população UNB-2U do programa de melhoramento da UENF, demonstrando a eficácia do programa em desenvolver uma variedade distinguível, conforme um dos requisitos para proteção de cultivares.

LITERATURA CITADA

AMARAL JÚNIOR, A. T. do; OLIVEIRA, É. C. de; GONÇALVES, L. S. A.; CANDIDO, L. S.; SILVA, T. R. C.; VITTORAZZI, C.; SCAPIM, C. S. Assessment of genetic diversity among maize accessions using ISSR markers. *African Journal of Biotechnology*, v.10, p.15462-15469, 2011.

BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. *Horticultura Brasileira*, v.23, p.123-127, 2005.

CONAB Sexto levantamento da safra de grãos 2009/2010: Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/6graos_10.11.pdf> Acesso em: 11 dezembro de 2011.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Biometrics models applied to genetic improvement. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003. 579p.

MARINHO, C. D.; MARTINS, F. J. O.; AMARAL, S. C. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GONÇALVES, L. S. A.; MELLO, M. P. Revisiting the Brazilian scenario of registry and protection of cultivars: an analysis of the period from 1998 to 2010, its dynamics and legal observations. *Genetics and Molecular Research*, v.10, p.792-809, 2011.

PACHECO, A. P. C.; GAMA, E. E.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; LOPES, M. A.; FERREIRA, A. DA S.; FERNANDES, F. T.; GUIMARÃES, P. E. O.; CORREA, L. A.; MEIRELLES, W. F.; FELDIMAN, R. O.; MAGNAVACA, R. BRS Ângela – variedade de milho pipoca. EMBRAPA Milho e Sorgo (Boletim técnico, 27) 2001. 6p.

PEREIRA, M. G.; AMARAL JUNIOR, A. T. Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.1, p3-10, 2001.

RIBEIRO, R. M. Ganhos genéticos em geração avançada de seleção recorrente na variedade de milho-pipoca UENFV-EXPLOSIVA. Campos dos Goytacazes, 2001. 75p. (Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense/uenf-RJ)

SAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. *O Agrônomo*, v.53, p.11-13, 2001.

SAWAZAKI, E.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; PATERNIANI, M.; SILVA, R. M.; LUDERS, R. B. Potencial de híbridos temperados de milho-pipoca em cruzamentos com o testador semitropical IAC 12. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.2, p.61-70, 2003.

MAPA (2012) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>> Acessado em 10 Fevereiro de 2012.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Com a expansão da agricultura brasileira, culturas antes pouco cultivadas vêm ganhando espaço no mercado agrícola. Entre essas culturas, o milho-pipoca tem merecido destaque pela grande aceitação popular e alta rentabilidade que pode proporcionar. Entretanto, a pouca disponibilidade de cultivares que reúnam características agronômicas favoráveis com alta capacidade de expansão é ainda o grande entrave para a ampliação do cultivo desse cereal no país. Diante disso, os objetivos gerais desse trabalho foram avaliar a potencialidade dos pré-cultivares UNB2U-C5, P₁ x P₃, P₁ x P₇, P₂ x P₄, P₂ x P₉ e P₃ x P₇ de milho-pipoca para plantio nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro e verificar se os descritores morfológicos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), nos ensaios de distinguibilidade, estabilidade e adaptabilidade (DHE), foram eficientes para distinguir a população UNB-2U das demais variedades. Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas 2009/2010 e 2010/2011 em cinco ambientes representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense. Foram avaliados 16 genótipos de milho-pipoca, sendo oito variedades e oito híbridos. As pré-cultivares foram selecionadas para o registro no Mapa, com base em diferentes características, utilizando o índice de Garcia (1998) e o de soma de classificação (Mulamba e Mock, 1978), tendo-se priorizado o rendimento de grãos e a capacidade de expansão. Posteriormente, foram estimados os parâmetros de adaptabilidade e estabilidade das pré-cultivares nos cinco ambientes avaliados pela metodologia não paramétrica de Lins e Binns

(1988). Por fim, a população UNB-2U, variedade de polinização aberta, foi caracterizada com base nos descritores morfológicos estabelecidos pelo Mapa, nos ensaios para proteção de cultivares.

Em função dos resultados alcançados neste trabalho, pôde-se concluir que os índices de Garcia (1998) e de soma de classificação foram concordantes na classificação dos genótipos de milho-pipoca, tendo a variedade UNB2U-C5 e o híbrido $P_1 \times P_7$ obtido os melhores desempenhos, podendo ser recomendados para plantio nas regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Os descritores morfológicos foram suficientes para distinguir as variedades de milho-pipoca estudadas, incluindo a população UNB-2U do programa de melhoramento da UENF, demonstrando a eficácia do programa em desenvolver uma variedade distinguível, conforme um dos requisitos para proteção de cultivares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albrecht, J.C., Vieira, E.A., Silva, M.S. E, Andrade, J.M.V de, Scheeren, P.L., Trindade, M. da G., Soares Sobrinho, J., sousa, C.N.A. de, Reis, W.P., Ribeiro Júnior, W.Q., Fronza, V., Cargnin, A., Yamanaka, C.H. (2007) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 1727-1734.
- Amorim, E.P., Camargo, C.E.O., Ferreira Filho, A.W.P., Pettinelli Junior, A., Gallo, P.B., Azevedo Filho, J.A. (2006) Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de trigo no Estado de São Paulo. *Bragantia*, 65: 575-582.
- Botrel, M.A., Evangelista, A.R., Viana, M.C.M., Pereira, A.V., Sobrinho, F.S., Silva, O.J., Xavier, D.F., Heinemann, A.B. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de alfafa avaliadas em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, 29: 409-414.
- Brasil (2011) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Proteção de Cultivares no Brasil*. Brasília, DF: Mapa/ACS, 202p.
- Brasil (2000) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anexo V. *Requisitos mínimos para determinação do valor de cultivo e uso de milho (Zea mays) para inscrição no registro nacional de cultivar – RNC*.

- Brunson, A.M. (1937) Popcorn breeding. *Yearbook Agricultural*. 1: 395-404.
- Cargnelutti Filho, A.; Storck, L. (2009) Medidas do grau de precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44 (2): 111-117.
- Cargnin, A., Souza, M. A. de., Fogaça, C. M. (2008) Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade em trigo. *Revista Ceres*, 55 (4): 234-250.
- Carneiro P. C. S (1998) Novas metodologias de análise da adaptabilidade e estabilidade de comportamento. Tese de Doutorado. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 168p.
- Carpentieri-pípolo, V., Rinaldi, D. A., Lima, V. E. N. (2005) Adaptabilidade e estabilidade de populações de milho-pipoca. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 40, n. 1.
- 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.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S. (2006) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2.ed. Viçosa: UFV, 586p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v.1, 3.ed., Viçosa: UFV, 480p.
- Daros, M., Amaral júnior, A.T., Pereira, M.G., Santos, F.S., Gabriel, A.P.C., freitas júnior, S.P. (2004) Recurrent selection in inbred popcorn families. *Scientia Agricola*, São Paulo, ESALQ/USP.

- 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. (2000) Adaptabilidade e estabilidade de produção de ipomoea batatas. *Acta scientiarum, Maringá, pr.*, 22: 911-917.
- Elston, R. C. A. (1987) Weight-free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics*, (19): 85-97.
- Fantin, G.M., Sawazaki, E., Barros, B.C. (1991) Avaliação de genótipos de milho-pipoca quanto à resistência a doenças e à qualidade da pipoca. *Summa Phytopathologica*, 17 (2): 91-104.
- Farias, F.J., Freire, E.C., Carvalho, L.P., Arantes, E.M., Oliveira, L.C. (1996) Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodoeiro herbáceo no estado do Mato Grosso. Campina Grande: Embrapa-CNPA. 4p. (Embrapa-CNPA, 29).
- Farias, F.J.C. (2005) Índice de seleção em cultivares de algodoeiro herbáceo. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba 121p.
- Franceschi, L. de., Bernin, G., Marchioro, V. S., Martin, T. N., Silva, R. R., Silva, C. L. da. (2010) Métodos para análise de adaptabilidade e estabilidade em cultivares de trigo no estado do Pará. *Bragantia*, 69 (4): 797-805.
- Freitas Junior, S.P., Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G., Cruz, C.D., Scapim, C.A. (2006) Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. Brasília, *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41:1599-1607.
- Freitas Junior, S.P., Amaral Junior, A.T., Rangel, R.M., Viana, A.P. (2009) Genetic gains in popcorn by full-sib recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 9: 1-7.

- Garcia, A. A. F. (1998) Índice para a seleção de cultivares. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 112p.
- Garcia, A. A. F., Souza Júnior, C. L. (1999) Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia*, 58 (2): 253-267.
- Hazel, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, 28: 476-490.
- Hoseney, R.C., Zeleznak, K. , Abdelrahman, A. (1983) Mechanism of Popcorn popping. *Jornal of Cereal Science I*, 43-52.
- Lessa, L. S., Ledo, C. A. da S., Santos, V. da S., Silva, S. de O., Peixoto, C. P. (2010) Seleção de híbridos diploides (AA) de bananeira com base em três índices não paramétricos. *Bragantia*, 69 (3): 525-534.
- Lin, C.S., Binns, M.R. (1988) A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian journal of plant science*, 68 (1): 193-198.
- MAPA (2012) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Capturado em 10 Fev. 2012. Online. Disponível na Internet: <http://www.agricultura.gov.br/>.
- Marinho C. D., Martins, F. J. O., Amaral, S. C. S., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Mello, M. P. (2011) Revisiting the Brazilian scenario of registry and protection of cultivars: an analysis of the period from 1998 to 2010, its dynamics and legal observations. *Genetics and Molecular Research*, 10 (2): 792-809.
- 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*: DOI 10.1007/s10681-007-9598-9.

- 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.* (7): 40–51.
- MuraKami, d.m.; Cardoso, a.a.; Cruz, C.d.; Bizão, n. (2004) Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade e adaptabilidade. *Ciência Rural*, (34): 71-78.
- Nunes, H. V., Miranda, G. V., Galvão, J. C. C., Souza, L. V., Guimarães, L. J. M. (2002) Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho-pipoca por meio de dois métodos de classificação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, 1 (3): 78-88.
- 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 Ângela: Variedade de milho-pipoca. Comunicado Técnico, Embrapa/CNPMS,1-6.
- Pena, G. F. (2011) Estabilidade e adaptabilidade edafoclimática no norte e noroeste fluminense de milhos-pipoca de diferentes origens. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 95p.
- Pereira, M.G., Amaral Junior, A.T. (2001). Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, (1): 3-10.
- Pesek, J. & Baker, R.J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Science*, (49): 803-804.
- Rangel, R.M., Amaral Junior, A.T., Viana, A.P., Freitas Junior, S.P., PEREIRA, M.G. (2007). Prediction of popcorn hybrid and composites means. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7(3):287-295.

- Rangel, R.M., Amaral Junior, A.T., Scapim, C.A., Freitas Junior, S.P., Pereira, M.G. (2008) Genetics and parameters in parents and hybrids of circulant diallel in popcorn. *Genetics and Molecular Research*, 7 (4): 1020-1030.
- Rangel, R. M., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Freitas Júnior, S. P., Candido, L. S. (2011) Análise biométrica de ganhos por seleção em população de milho-pipoca de quinto ciclo de seleção recorrente. *Revista Ciência Agronômica*, 42 (2): 473-481.
- Ribeiro, R. M. (2011) Ganhos genéticos em geração avançada de seleção recorrente na variedade de milho-pipoca UENFV-EXPLOSIVA. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Campos dos Goytacazes - RJ, UENF, 75p.
- Rocha, M.M. (2002) Seleção de linhagens experimentais de soja para adaptabilidade e estabilidade fenotípica. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 184p.
- Santos, F.S., Amaral Junior, A.T., Freitas Junior, S.P., Rangel, M.R., Pereira, M.G. (2007). Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. In: *Bragantia*, Campinas, 66(3):389-396.
- Santos, V. da S. (2005) Seleção de pré-cultivares de soja baseado em índices. Tese (Doutorado), Piracicaba: ESALQ, 104p.
- 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*, 11-13.

- Carlos Alberto Scapim C. A., Oliveira, V. R., Braccini, A. de L., Cruz. C. D., Andrade, C. A. de B., Vidigal, M. C. G. (2000) Yield stability in maize (*Zea mays* L.) and correlations among the parameters of the Eberhart and Russell, Lin and Binns and Huehn models. *Genetics and Molecular Biology*, 23 (2): 387-393.
- Schmidt, E. R., Nascimento, A. L., Cruz, C. D., Oliveira, J. A. R. (2011) Evaluation of methodologies of adaptability and stability in corn cultivars. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 33 (1): 51-58.
- Scott, a.J.; knott, (1974) M.A. A cluster analysis method for grouping means in the analyses of variance. *Biometrics*, (30): 507-512.
- Silva, V. Q. R., Amaral Júnior, A. T., Gonçalves, L. S. A., Freitas Júnior, S. P., Ribeiro, R. M. (2011) Heterotic parameterizations of crosses between tropical and temperate lines of popcorn. *Acta Scientiarum Agronomy*, 33 (2): 243-249.
- SMITH, H. F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annual Eugenics*, (7): 240-250.
- Vilarinho, A.; Viana, J. M. S.; Santos, J. F.; Câmara, T. M. M. (2003) Eficiência da seleção de progênies S1 e S2 de milho-pipoca visando à produção de linhagens. *Bragantia*, 62 (1): 9-17.
- Vilela, F.O., Amaral Junior, A.T., Pereira, M.G., Scapim, C.A., Viana, A.P., Freitas Junior, S.P. (2008). Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. *Acta Scientiarum Agronomy*, (30): 25-30.
- WILLIAMS, J. S. (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, (18): 375-393.
- Willier, J.G., Brunson, A. M. (1927) Factors affecting the popping quality of popcorn. *Journal of Agricultural Research*, (7): 615-624.

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