

Desempenho Agronômico de Genótipos de Milho Pipoca no Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro

Guilherme Ferreira Pena¹, Antônio Teixeira do Amaral Júnior², Thiago Rodrigues da Conceição Silva³, Rodrigo Moreira Ribeiro⁴, Cássio Vittorazzi⁵, Pablo Diego Silva Cabral⁶, Juliana Saltires Santos⁷ e Roberta Valim⁸

^{1 a 8} Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes-RJ.

¹penabio@yahoo.com.br, ²amaraljr@uenf.br, ³thiagrosfi@yahoo.com.br,

⁴rodrigo.moreira85@yahoo.com.br, ⁵vittorazzicastelo@yahoo.com.br,

⁶pablodscabral@hotmail.com, ⁷julianasaltiresdossantos@yahoo.com.br,

⁸robertavalim@hotmail.com.

RESUMO - Objetivando verificar a potencialidade de registro junto ao 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 da população experimental UNB2U), cinco híbridos simples formados a partir de linhagens cedidas pela UEM, cinco variedades (BRS Angela, UFVM-2 Barão de Viçosa, Viçosa-Viçosa, Beija-Flor e SAM) e três híbridos comerciais (Zelia, Jade e IAC 112) foram avaliados em cinco ambientes. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Foram avaliadas as duas principais características da cultura: 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 comportamento diferenciado das cultivares nos ambientes. Pela estatística P_i (Lin e Binns 1988) conclui-se que a população UNB2U-C5 e o híbrido $P_1 \times P_7$ têm potencial para recomendação como novas opções de cultivo para os produtores das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: *Zea mays* L., adaptabilidade e estabilidade, valor de cultivo e uso, produção de grãos e capacidade de expansão.

Introdução

Apesar da agricultura do cafeeiro e da cana-de-açúcar ter sido responsáveis por grande parte da economia de mercado no Norte e Noroeste do Rio de Janeiro, atualmente, nestas regiões, o agronegócio é incipiente, sendo que a cana-de-açúcar ocupa a quase totalidade das terras agricultáveis, com baixa rentabilidade de cultivo. A diversificação agrícola é uma estratégia interessante para minimizar os problemas sócio-econômicos provenientes do monocultivo de baixa rentabilidade da cana-de-açúcar. Dentre as opções de cultivo agrícola disponíveis, a cultura do milho-pipoca é considerada uma alternativa viável, por ter boa rentabilidade e grande aceitação popular (Rangel et al., 2011). Contudo, o reduzido número de cultivares disponíveis no mercado é considerado um dos principais entraves para essa cultura (Freitas Júnior et al., 2009). Com base nesta premissa, a Universidade Estadual do

Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) vem conduzindo, desde 1998, um programa de melhoramento de milho-pipoca com as vertentes de trabalho: utilização de seleção recorrente na população UNB-2U (Pereira e Amaral Júnior, 2001; Daros et al., 2004; Santos et al., 2007; Vilela et al., 2008; Freitas Júnior et al., 2009; Ribeiro, 2012), obtenção de híbridos simples comerciais por meio da avaliação da capacidade combinatória por dialelo circulante (Freitas Júnior et al., 2009; Rangel et al., 2011) ou de meia-tabela ou convencional (Silva, 2011), e formação de compostos para uso em programas de seleção recorrente (Rangel et al., 2011).

O programa de seleção recorrente da UENF, em quinto ciclo, tem obtido resultados satisfatórios tanto para produtividade de grãos (acréscimo de 1250.00 para 3020.00 Kg.ha⁻¹) quando 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. (2011), 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 as regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Por conseguinte desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o potencial agrônomo da variedade UNB2U-C5 bem como de cinco híbridos obtidos pelo programa UENF/UEM, a fim de verificar a viabilidade de registro desses materiais junto ao ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA).

Material e Métodos

Os experimentos foram instalados nos anos agrícolas de 2009/2010 (municípios de Campos dos Goytacazes e Cambuci) e 2010/2011 (Campos dos Goytacazes, Cambuci e Itaocara), totalizando cinco ambientes representativos das regiões Norte e Noroeste Fluminense. Foram avaliados 16 genótipos de milho pipoca, sendo oito variedades de polinização aberta (BRS Angela, UFVM2 - Barão de Viçosa, Viçosa, Beija-Flor, SAM, UNB2U-C3, UNB2U-C4, UNB2U-C5) e oito híbridos (Zelia, Jade, IAC 112, P1xP3, P1xP7, P2xP4, P2xP9 e P3xP7). O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com três repetições.

As duas principais características da cultura do milho pipoca foram avaliadas: rendimento de grãos (RG) e capacidade de expansão dos grãos (CE). O RG foi determinado 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 com utilização de forno

microondas, 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.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância por ambiente, tendo-se estimado 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 (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 média; R/E_{jk} é o efeito da k-ésima repetição no j-ésimo ambiente; G_i é o efeito fixo do i-ésimo genótipo; E_j é o efeito do j-ésimo ambiente; GE_{ij} é o efeito da interação do i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente; ξ_{ijk} é o erro experimental.

Para o RG foi realizada 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): $P_i = \sum_{j=1}^n \frac{(X_{ij} - M_j)^2}{2n}$,

em que P_i índice de superioridade da i^{th} cultivar, X_{ij} produtividade da i^{th} cultivar plantada no j^{th} local, M_j resposta máxima obtida entre todas as cultivares no j^{th} local e n número de

ambientes. Esta expressão foi particionada em: $P_i = \left[\frac{n(X_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i - M_j + \bar{M})^2}{2n} \right]$, em que:

X_i é média da cultivar i obtida em n ambientes e 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 GxA.

Resultados e Discussão

Pela análise de variância individual, houve diferenças significativas para fonte de variação genótipos para RG e CE em todos os ambientes, denotando ampla variação dos genótipos avaliados. As estimativas de acurácia foram de alta magnitude ($\bullet 70 < 90$) ou muito alta ($\bullet 90$) em todos os casos, o que indica boa precisão experimental. Segundo Cargnelutti Filho e Storck (2009), a estatística de acurácia seletiva é considerada mais adequada, para avaliação da precisão experimental em ensaios de competição de cultivares de milho, do que o coeficiente de variação e que a diferença mínima significativa pelo teste de Tukey.

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.

Médias gerais relativas à RG variaram de 1790,56 a 3485,71 kg.ha⁻¹ e, quanto a CE, de 24,41 a 37,87 mL.g⁻¹ (Tabela 1), evidenciando alto potencial de alguns genótipos nos ambientes estudados. A população UNB2U-C5 foi a mais produtiva (3047.56 kg.ha⁻¹) e também apresentou a maior CE (35.69 mL.g⁻¹), entre as variedades de polinização aberta. 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 1). Contudo, esses genótipos apresentaram uma CE inferior a 30 mL.g⁻¹. O híbrido P₁ x P₇ obteve RG e CE (2855.46 kg.ha⁻¹ e 36.82 mL.g⁻¹, respectivamente), próximas do melhor híbrido comercial - IAC 112 (2724.40 kg.ha⁻¹ e 37.87 mL.g⁻¹), destacando portanto seu elevado potencial genético no programa de melhoramento da UENF.

Tabela 1. Médias de duas características (Rendimento de grão - RG e Capacidade de expansão - CE) avaliadas em 16 genótipos.

Genótipos	RG					CE	
	Amb1	Amb2	Amb3	Amb4	Amb5	Média	Média
BRS Angela	2075.67(a) ^{1/}	2500.00(b)	2363.27(b)	2171.30(b)	1850.31(c)	2192.11	34.52
UFVM2- Barão de Viçosa	1658.67(a)	2770.00(b)	2494.29(b)	2602.47(b)	2047.07(c)	2314.50	33.31
Viçosa Viçosa	2878.00(a)	2561.67(b)	3701.39(a)	2656.64(b)	2520.06(b)	2863.55	24.41
Beija-Flor	2114.00(a)	1497.00(c)	3028.94(a)	2663.12(b)	1757.87(c)	2212.18	27.47
SAM	1915.00(a)	1743.67(c)	2200.00(c)	1850.31(b)	1243.83(d)	1790.56	27.59
UNB2U-C3	2515.67(a)	1018.67(c)	2353.70(b)	2641.20(b)	2596.45(b)	2225.14	29.77
UNB2U-C4	3032.33(a)	3240.67(a)	3184.03(a)	2989.97(a)	2487.65(b)	2986.93	31.38
UNB2U-C5	2577.33(a)	3163.67(a)	3530.09(a)	3358.80(a)	2608.02(b)	3047.58	35.69
Zelia	2523.33(a)	2716.00(b)	2819.44(a)	2362.96(b)	2127.31(c)	2509.81	33.36
Jade	2731.33(a)	2577.00(b)	2514.81(b)	2899.38(a)	1395.06(d)	2423.52	33.53
IAC 112	3534.00(a)	2135.67(b)	3274.69(a)	2598.15(b)	2079.48(c)	2724.40	37.87
P ₁ x P ₃	2646.33(a)	3889.00(a)	2930.56(a)	3188.27(a)	2534.72(b)	3037.78	29.11
P ₁ x P ₇	2400.00(a)	3125.00(a)	3085.65(a)	2620.37(a)	3046.30(a)	2855.46	36.82
P ₂ x P ₄	2679.00(a)	3533.67(a)	3446.76(a)	3405.86(a)	3245.37(a)	3262.13	20.93
P ₂ x P ₉	3858.00(a)	3835.00(a)	3357.87(a)	3322.92(a)	3054.78(a)	3485.71	29.54
P ₃ x P ₇	3742.33(a)	4051.00(a)	1288.43(c)	3287.04(a)	3355.71(a)	3144.90	28.20

^{1/} Médias com as mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise da variância conjunta observou-se diferenças significativas pelo teste F para as características RG e CE, considerando as fontes de variação genótipo e ambiente, o que indica a existência de variabilidade entre os genótipos e entre os ambientes testados. Em relação à interação genótipo x ambiente (GxA) apenas RG foi significativa (P<0.01), evidenciando comportamento diferenciado das cultivares diante da variação ambiental. Para

CE não foram evidenciados efeitos significativos para GxA, estando em consonância aos resultados obtidos 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. Estudos sobre herança da CE indicam que a característica é quantitativamente herdada e principalmente de natureza aditiva (Robbins e Ashman, 1984; Dofing et al., 1991).

Pelo algoritmo de Cruz e Castoldi (1991), verificou-se que houve predomínio da interação do tipo complexa entre os pares de ambientes avaliados para RG. 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 quantifiquem de maneira mais precisa os efeitos da interação GxA, como por exemplo, métodos de estabilidade e adaptabilidade em que se particulariza as respostas de cada genótipo diante das variações ambientais (Garbuglio et al., 2007).

Pela estatística P_i de Lin e Binns (1988) os genótipos $P_1 \times P_3$, $P_1 \times P_7$, $P_2 \times P_9$, $P_2 \times P_4$, UNB2U-C4 e UNB2U-C5 apresentaram os menores valores de P_i , para RG, tendendo assim a ser mais adaptados e estáveis nas regiões avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros de estabilidade de Lin e Binns (1988) para a rendimento de grãos (kg ha) de 16 genótipos de milho pipoca avaliados em cinco locais.

Genótipos	Geral $P_i/10000$	Desvio		% de derivação genética	Contribuição para interação (%)
		Genético	Interação		
BRS Angela	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	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
Zelia	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

Considerando que estes genótipos exibiram as maiores médias de RG 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 (Mendes de Paula et al., 2010; Scapim et al. 2010).

Neste contexto o genótipo ideal é aquele que apresenta o menor P_i sendo que a maior parte dessa estimativa 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 GxA variando de 6.69 a 51.01%. Dentre 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 2).

Conclusão

Com base nos resultados obtidos pode-se inferir que a população experimental UNB2U-C5 e o híbrido simples $P_1 \times P_7$ possuem elevado potencial para registro junto ao MAPA e conseqüente recomendação para as regiões Norte e Noroeste Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

Literatura Citada

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.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T., PEREIRA, M.G., SANTOS, F.S., GABRIEL, A.P.C., FREITAS JÚNIOR, S.P. Recurrent selection in inbred popcorn families. Scientia Agricola, Piracicaba-SP, 61(6):609-614, 2004.

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.

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.

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.

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_i 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.

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.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 12. ed. São Paulo: Nobel, 467p, 1990.

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.

RIBEIRO, R.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GONÇALVES, L.S.A.; CANDIDO, L.S.; SILVA, T.R.C.; PENA, G.F. Genetic progress in the UNB-2U population of popcorn under recurrent selection. *Genetics and Molecular Research*, 2012.

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.

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. *Euphytica*, v. 174, n. 2, p. 209-218, 2010.

SANTOS, F.S., AMARAL JÚNIOR, A.T., FREITAS JÚNIOR, S.P., RANGEL, M.R., PEREIRA, M.G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66(3):389-396, 2007.

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.

VILELA, F.O., AMARAL JÚNIOR, A.T., PEREIRA, M.G., SCAPIM, C.A., VIANA, A.P., FREITAS JÚNIOR, S.P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the unb-2u popcorn population using rapd markers. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30:25-30, 2008.

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.