

DIVERGÊNCIA GENÉTICA E AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MILHO EM DIFERENTES AMBIENTES NO ESTADO DE ALAGOAS

Stênio Lopes Paixão

Engenheiro Agrônomo, MSc/Produção Vegetal, UFAL, BR 104-Norte, km 85, CEP 57100-000, Rio Largo-AL,
Email: steniolopes@gmail.com

Marcelo Cavalcante

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Zootecnia/Forragicultura, UFRPE,
Email: marcelo.agronomia@gmail.com

Paulo Vanderlei Ferreira

Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. CECA/UFAL, Campus Delza Gitaí, BR 104 Norte, km 85, Rio Largo - AL, Brasil.
Email: paulovanderleiferreira@bol.com.br

José Antônio da Silva Madalena

Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Fitotecnia, (UFERSA) Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo-AL
Email: jasmufal@gmail.com

Rodrigo Gomes Pereira

Engenheiro Agrônomo, MSc/Produção Vegetal, UFAL, BR 104-Norte, km 85, CEP 57100-000, Rio Largo-AL,
Email: rgpereira2003@yahoo.com

Resumo: Três experimentos foram conduzidos no ano agrícola de 2007, objetivando estimar a divergência genética, por meio da distância generalizada de Mahalanobis, e o teste de competição de seis populações de milho nos municípios de Arapiraca, Rio Largo e Viçosa, Estado de Alagoas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com sete tratamentos e quatro repetições. Houve a formação de dois grupos divergentes onde, concluiu-se que é pequena a divergência genética entre as populações de milho. Um grupo foi constituído pelas seis populações e o outro pela variedade Asa Branca. As populações Rio Largo e Viçosense foram as mais próximas geneticamente ($D^2 = 1,70$), enquanto que a maior distância detectada se deu entre a população Alagoano e a testemunha Asa Branca ($D^2 = 67,27$). A produtividade média de grãos variou de 2.885 kg ha⁻¹ a 3.461kg ha⁻¹ nas populações São Luís e Viçosense, respectivamente, com média geral de 3.207 kg ha⁻¹, apesar de não diferirem estatisticamente.

Palavras-chave: *Zea mays*, produção de grãos, distâncias genéticas, análise multivariada.

GENETIC DIVERGENCE AND EVALUATION OF POPULATIONS OF MAIZE IN DIFFERENT ENVIRONMENTS OF ALAGOAS STATE

Abstract: Three experiments were conducted in the agricultural year of 2007, aiming to estimate the genetic divergence, using the Mahalanobis' generalized distance, and the test of competition of six populations of corn in the municipalities of Arapiraca, Rio Largo and Viçosa, of Alagoas State. The experimental was in the randomized blocks design with seven treatments and four repetitions. There was the formation of two different groups where, it was concluded that is small genetic divergence between the populations of corn. A group was formed by six populations and the other group by the "Asa Branca" variety. The people "Viçosense" and "Rio Largo" were closer genetically ($D^2 = 1.70$), while the longest distance has been detected among the population Alagoano and witness Asa Branca ($D^2 = 67.27$). The average yield of grains ranged from 2,885 kg ha⁻¹ to 3.461 kg ha⁻¹ in the "São Luiz" and "Viçosense" populations, respectively, with overall average of 3,207 kg ha⁻¹, although not statistically differ.

Key words: *Zea mays*, grain yield, genetic distance, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

O milho [*Zea mays* (L.) Poaceae], em função do seu potencial produtivo e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido a sua multiplicidade de aplicações, tanto na alimentação humana quanto animal, assume relevante

papel sócio-econômico, além de se constituir em indispensável matéria-prima de diversificados complexos agroindustriais (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

O desenvolvimento de novos cultivares de milho, bem adaptadas e de alta produtividade é de suma importância para se incrementar o rendimento da atividade agrícola.

No entanto, o desempenho de cultivares varia, normalmente, com os ambientes, de modo que, um cultivar, dificilmente é o melhor em todas as condições de cultivo.

Estudos de divergência genética são importantes para o conhecimento da variabilidade genética existente na coleção do melhorista, possibilitando o monitoramento, auxiliando na identificação de possíveis duplicatas e fornecendo parâmetros para escolha de progenitores, que ao serem cruzados, possibilitem maior efeito heterótico, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (Cruz & Carneiro, 2003).

A divergência genética pode ser avaliada por meio de técnicas multivariadas ou por processos preditivos. Por dispensarem a obtenção de híbridos, os métodos preditivos da divergência genética têm merecido considerável ênfase. Estes tomam por bases diferenças entre características que possuem comportamento quantitativo, geralmente usando medida de dissimilaridade como a distância generalizada de Mahalanobis (Rao, 1952) citado por (Cruz & Regazzi, 2003).

As técnicas de análise de agrupamento têm por objetivo dividir um grupo original de observações em vários grupos homogêneos, segundo algum critério de similaridade ou dissimilaridade (Cruz, 1990). Entre os métodos de agrupamento mais utilizados no melhoramento de plantas, citam-se os hierárquicos e os de otimização. Como exemplo de métodos de otimização, tem-se o apresentado por Tocher, que vem sendo extensivamente utilizado em análises de divergência genética de várias espécies de plantas.

Nos métodos de otimização, os grupos são formados pela adequação de algum critério de agrupamento. No método proposto por Rao (1952), citado por Cruz (1990) é estabelecido o critério de manter a distância média intragrupo sempre inferior a qualquer distância intergrupo. Esses métodos diferenciam-se dos hierárquicos por serem os grupos formados mutuamente exclusivos ou sob o contexto de teoria de conjuntos, em razão de se caracterizarem por subdividir o grupo original em subgrupos não vazios, cuja interseção é nula e a união constitui o conjunto total (Cruz, 1990).

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho, determinar a divergência genética e avaliar seis populações de milho em diferentes ambientes no Estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Rio Largo, localizado a uma latitude de 9° 29' 45" S e longitude de 35° 49' 54" W; numa altitude de 127 metros, no mês de abril e nos municípios de Viçosa (Latitude de 09° 22' 17" S e Longitude de 36° 14' 27" W, numa altitude de 210 metros) e Arapiraca (Latitude de 09° 45'

09" S e Longitude de 36° 39' 40" W, com altitude de 264 metros), em maio do ano agrícola de 2007. Englobando diferentes condições ambientais do Estado de Alagoas.

Foram avaliadas seis populações de milho desenvolvidas no Centro de Ciências Agrárias CECA-UFAL: Alagoano, Branquinha, Nordeste, Rio Largo, São Luiz, Viçosense e o cultivar Asa Branca (BR 5033) como testemunha.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com sete tratamentos e quatro repetições. Cada parcela constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, espaçadas com 1,0 m entre fileiras e 0,20 m entre plantas. Foram colocadas três sementes por cova, sendo deixadas apenas uma planta após o desbaste, realizado aos 21 dias após a semeadura. Para as avaliações foram colhidas as duas fileiras centrais, eliminando-se 0,40 m de cada extremidade (área de amostragem), constituindo uma área útil de 8,40 m². As adubações foram realizadas conforme a análise de solo de cada área experimental, visando suprir as necessidades nutricionais da cultura no sistema de cultivo convencional.

A colheita foi efetuada aos 130 dias após a semeadura, sendo avaliadas as seguintes variáveis em cada parcela experimental (média de dez plantas por parcela): altura de planta (AP = medida do nível do solo ao ponto de inserção da lâmina foliar mais alta), altura de inserção da espiga (AE = do nível do solo ao ponto de inserção da primeira espiga), relação AE/AP, diâmetro do colmo (medido no segundo internódio), número de folhas (contagem de todas as folhas no início do florescimento), massa de 100 grãos (a partir da média de cinco amostras de 100 grãos, corrigida para 13% de umidade) e produtividade de grãos kg ha⁻¹ (corrigida para 13% de umidade).

Realizou-se a análise de variância de todas as variáveis, individualmente, para cada local, e também a análise conjunta dos dados obtidos nos três locais estudados, sendo as médias confrontadas pelo teste de Tukey (P < 0,05). Estimativas de correlação fenotípica entre todos os caracteres foram realizadas, seguindo as recomendações de Ferreira (2000). Todas as análises foram realizadas empregando-se os recursos computacionais do Programa Genes (Cruz, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados obtidos nos três locais de experimentação, processou-se a análise individual e conjunta de variância com as médias de todas as variáveis estudadas, onde, pode-se observar diferenças em relação a AP, AE, AE/AP, NF e M100 (Tabela 1). Foi encontrado efeito significativo de ambiente para AP, AE, DC, NF e PROD e interação genótipo x ambiente em relação AP, AE, AE/AP e M100, o que demonstra inconsistência no comportamento das cultivares ante as oscilações ambientais. Os coeficientes de variação oscilaram de

5,98% a 18,42%, conferindo boa precisão aos ensaios, conforme critérios adotados por Ferreira (2000).

Com o desdobramento dos tratamentos em três grupos na análise de variância, obtiveram-se entre grupos,

valores do teste F não significativos para todos as variáveis estudadas.

Tabela 1. Resultados médios e resumo da análise conjunta de variância para sete variáveis em seis populações de milho e a variedade Asa Branca (BR 5033). Alagoas, 2007.

Fonte de variação	Variáveis						
	AP ^{3\}	AE	AE/AP	DC	NF	M100	PROD
Alagoano	244,33b ^{1\}	154,00b	0,63b	1,95a	14,43b	15,70c	3165,42a
Asa Branca	198,66a	111,33a	0,56a	1,73a	12,87a	14,99a	3125,25a
Branquinha	242,00b	149,66b	0,62ab	1,89a	14,24b	16,13e	3324,33a
Nordestino	231,33b	142,66b	0,62ab	1,93a	14,24b	16,16f	3388,75a
Rio Largo	231,33b	138,67b	0,59a	1,92a	13,74b	15,35b	3095,42a
São Luís	243,67b	151,67b	0,63b	1,84a	14,31b	16,18f	2885,50a
Viçosense	234,00b	145,00b	0,62ab	1,97a	14,06b	15,75d	3461,08a
F _(Tratamento)	15,51** ^{2\}	16,94**	4,85**	2,03ns	4,26**	4,57**	1,35ns
F _(Ambiente)	93,23**	38,00**	1,08ns	28,03**	10,55**	0,62ns	551,21**
F _(Trat x Amb)	4,73**	5,18**	2,07*	0,49ns	1,85ns	1,99*	1,23ns
CV (%)	5,98	8,59	6,29	10,85	6,48	6,70	18,42

^{1\}: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^{2\}: ns, * e **: não-significativo e significativo a 5% e 1% pelo teste F, respectivamente.

^{3\}: AP: altura de planta; AE: altura de inserção da espiga; AE/AP: relação entre a altura de inserção da espiga e altura de planta; DC: diâmetro do colmo; NF: número de folhas; M100: massa de 100 grãos; PROD: produtividade de grãos.

Constatou-se diferença significativa entre as populações e a variedade Asa Branca (BR 5033) em relação à altura de plantas e de espigas, destacando-se a população Alagoano com 244,33 e 154,00 cm, respectivamente, em relação a estas variáveis (Tabela 1). Pacheco *et al.* (1998) trabalhando com outras populações, encontraram altura de plantas variando de 1,50 m a 2,50 m e altura de espiga variando de 0,80 m a 1,50 m. Dentre os componentes morfológicos a altura de plantas, geralmente não tem influência na produtividade, pois, cultivares modernas, com alto potencial produtivo são, em sua maioria, de porte baixo, porém, pode-se também encontrar materiais de porte alto com performances semelhantes.

A relação AE/AP, que mede a posição relativa da inserção da espiga na planta foi semelhante entre as populações, diferindo significativamente em relação à variedade Asa Branca que apresentou o menor resultado 0,56 (Tabela 1). Os resultados indicam que as populações,

apresentaram em média, inserção mais alta de espigas na planta, que a variedade Asa Branca utilizada como testemunha.

Uma grande altura de planta e a alta proporção entre altura de espigas e altura de plantas podem fazer com que a cultivar apresente maior suscetibilidade ao acamamento, podendo por vezes não ser indicada para cultivo em locais com grande intensidade de ventos e com solos muito férteis.

Não foi constatada diferença significativa em relação ao diâmetro do colmo entre as populações e a variedade Asa Branca. Normalmente, o diâmetro do colmo apresenta correlação com a produtividade por se tratar de um órgão de reserva da planta. De acordo com Fancelli & Dourado-Neto (2000), o colmo é uma importante característica para a produção, atuando como estrutura de armazenamento de sólidos solúveis que serão utilizados posteriormente, na formação dos grãos e conferindo maior resistência ao acamamento.

Foi constatada diferença significativa entre as populações e a variedade Asa Branca em relação ao número de folhas pelo teste F (Tabela 1). As populações Alagoano, Branquinha e Nordeste, apresentaram os maiores valores 14,43; 14,24 e 14,24; respectivamente, enquanto que, a variedade Asa Branca apresentou o menor 12,87.

Os valores médios da massa de 100 grãos indicaram variações significativas entre as cultivares, destacando-se, as populações São Luís e Nordeste, com os grãos mais pesados e a variedade Asa Branca com os menores valores. Segundo Ohland *et al.* (2005), a massa de grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos, apresentando grande influência na produção final dessa cultura.

As produtividades médias de grãos oscilaram de 2.885 kg ha⁻¹, na população São Luiz, a 3.461 kg ha⁻¹, na Viçosense, com média geral de 3.207 kg ha⁻¹ (Tabela 1),

demonstrando uma razoável faixa de variação nas condições ambientais em que foram realizados os ensaios e a boa adaptação desses materiais na região, merecendo destaque, aqueles que expressaram rendimentos superiores à média geral (Tabela 1). Estes resultados foram similares aos encontrados por Madalena *et al.* (2003) estudando os mesmos genótipos no município de Rio Largo, Alagoas.

Conquanto seja um dado experimental, uma produtividade média de 3206,54 kg ha⁻¹ corresponde a cerca de cinco vezes a produtividade média desta região, que gira em torno de 650 kg ha⁻¹, enquanto nos Estados do Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil, as produtividades médias atingem valores acima de 5000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2008).

As médias de dissimilaridade entre cada par de genótipos, obtidas via transformação das variáveis originais, pela Distância Generalizada de Mahalanobis (D²) podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Medidas de dissimilaridade entre as populações de milho e a variedade Asa Branca, obtidos a partir da Distância Generalizada de Mahalanobis (D²). Alagoas, 2007.

Genitores	Asa Branca	Branquinha	Nordestino	Rio Largo	São Luís	Viçosense
Alagoano	67,27	11,47	28,88	11,21	5,88	15,19
Asa Branca	---	60,55	25,89	45,60	61,63	2,02
Branquinha	---	---	15,46	6,35	6,35	7,57
Nordestino	---	---	---	8,57	21,19	6,71
Rio Largo	---	---	---	---	7,57	1,71
São Luís	---	---	---	---	---	13,25

As estimativas das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D²) indicaram os pares de cultivares mais distantes geneticamente. Observa-se, pelos valores obtidos, que o maior valor de D² (67,27) ocorreu entre a população Alagoana e a testemunha Asa Branca (BR 5033) e a menor distância (1,71) entre as populações Rio Largo e Viçosense. A testemunha Asa Branca, como esperado, destacou-se como uma das mais dissimilares, estando envolvida nas maiores distâncias registradas. Dentre as populações, a Nordeste está entre aquelas nas quais foram observadas as maiores distâncias.

A relação entre o maior e o menor valor observado de D² foi da ordem de 39, caracterizando, assim, a existência de divergência entre alguns materiais estudados, possibilitando a oportunidade de ganho heterótico e

manifestação de genótipos superiores em gerações segregantes.

A identificação dos grupos, realizada pelo método de agrupamento proposto por Tocher a partir das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D²), possibilitou a formação de dois grupos distintos (Tabela 3), onde pode ser observado que seis genótipos foram dispostos em um mesmo grupo de similaridade (Grupo I), evidenciando a existência de significativa similaridade entre os mesmos. Espera-se que genótipos constantes em um mesmo grupo de similaridade, quando cruzados entre si, exibam pouca heterose, recomendando-se, então, a realização de cruzamentos entre genótipos de grupos distintos, a fim de se obter maior ganho.

Tabela 3 - Composição de agrupamentos estabelecida pelo método de Tocher aplicado à matriz das distâncias generalizadas de Mahalanobis (D²) entre seis populações de milho e a variedade Asa Branca. Alagoas, 2007.

Agrupamentos	Número de genótipos	Genótipos
I	06	Alagoano, Branquinha, Nordeste, Rio Largo, São Luís e Viçosense
II	01	Asa Branca

O grupo I possui as cultivares geneticamente mais semelhantes, levando a crer que suas recombinações podem proporcionar variabilidades inferiores, se comparada ao grupo II. No tocante às distâncias intergrupos, pode-se constatar que os pares de cultivares mais distantes geneticamente, são a população Alagoana e a testemunha Asa Branca (BR 5033).

Visando futuros trabalhos de melhoramento, cruzamentos devem ser realizados entre os genótipos de grupos diferentes. Entretanto, o fato de dois genitores serem divergentes não implica superioridade de seus híbridos, conforme Ferreira (1993). Por outro lado,

quando genitores utilizados são adaptados, a média de uma população segregante depende da frequência de locos fixados com alelos favoráveis e da frequência de locos em heterozigose (Oliveira, 1995).

Na Tabela 4, observa-se a contribuição relativa de cada característica para a divergência genética. Todas as características avaliadas contribuíram para determinação da divergência genética, em maior ou menor proporção. Verifica-se, entretanto, que juntas, as características altura de planta e relação AE/AP, contribuíram com 74,73 % na avaliação da divergência genética entre os genótipos.

Tabela 4: Contribuição relativa dos caracteres para divergência genética.

Variável	S.J.	Valor (%)
AP	233,08	49,56
AE	16,08	3,42
AE/AP	118,37	25,17
DC	11,66	2,48
NF	6,05	1,29
M100	35,87	7,63
PROD	36,89	7,85

Embora se tratando da observação de apenas um ano, observados em outros tipos de ensaio, nos locais considerados nesse documento. Considerando estes resultados e o grande potencial dos tabuleiros costeiros do Nordeste brasileiro para a produção de milho, deve-se, na recomendação dessas cultivares para exploração comercial na região, averiguar as condições prevaletentes em cada sistema de produção.

CONCLUSÃO

Existe baixa divergência genética entre as populações de milho, não havendo diferença estatística significativa entre os genótipos avaliados quanto a produtividade de grãos. Os ambientes exercem influência sobre a altura de planta e espigas, relação AP/AE e massa de 100 grãos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: oitavo levantamento, maio de 2008. Brasília: Conab, 2008. Capturado em 10 maio 2008. Disponível na Internet: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>.

alguns materiais com boa expressividade produtiva foram CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C. D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. 1990. 188f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística, versão 2007. Capturado em 15 dez. 2007. Disponível na Internet: <<http://www.ufv.br/dbg/genes/genes.htm>>.

FANCELLI, L. A.; DOURADO-NETO, D. **Produção de Milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERREIRA, P. V. **Estatística experimental aplicado à Agronomia**. Maceió: EDUFAL. 2000. 419p.

FERREIRA, D. F. **Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos**. 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993. MADALENA, J. A. S. **Seleção de genótipos de milho (*Zea mays* L.)**

submetidos a quatro densidades de sementeira no município de Rio Largo-AL. 2003. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, 2003.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; MACHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

PACHECO, C. A. P.; GAMA, E. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; SANTOS, M. X.; FERREIRA, A. S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-42 e CMS-43 de milho pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 12, p. 1995-2001, 1998.

OLIVEIRA, L. B. **Alternativas na escolha dos parentais em um programa de melhoramento do feijoeiro.** 1995. 60p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1995.