

Análise biométrica de famílias de meios-irmãos de milho verde visando a aumento da taxa fotossintética

Carla Mariane Machado dos Santos^{1*} (IC), Felipe Ribeiro Ilaria¹ (IC), Juliana Bezerra Martins¹ (IC), Fabrício Rodrigues¹ (PQ)

¹Universidade Estadual de Goiás (UEG), Rodovia GO-330, Km 241, Anel Viário, Ipameri, GO, CEP: 75780-000. *E-mail: carlamariane0701@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi realizar a análise biométrica de seleção recorrente, no segundo ciclo, para a formação de uma variedade melhorada com maior capacidade fotossintética, visando o consumo *in natura*. Foram avaliadas 64 famílias, em delineamento látice 8x8, conduzido durante a safra 2016/17, na safra de verão, com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅ e 90 kg ha⁻¹ de K₂O. As variáveis analisadas foram altura de planta (ALTP), altura de planta de espiga (ALTE), índice de clorofila Falker (ICF), diâmetro de espigas (DIAM), comprimento de espigas (COMP), produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PED), produtividade de espigas comerciais (PEC), na maturação fisiológica, com a utilização de diferentes índices de seleção. O programa possui variabilidade para dar continuidade nos ciclos seletivos nas diferentes características, sob redução foliar, e o índice que promoveu maiores ganhos preditos para as produtividades, apesar de estabilização e redução em algumas variáveis foi o de Willians.

Palavras-chave: *Zea mays* L. Seleção recorrente. Intrapopulacional. Fotossíntese.

Introdução

O Departamento de Agricultura dos EUA, (USDA), estima, em seu levantamento mensal da safra mundial de milho 2017/18, um aumento de produção para 1.036,90 bilhão de toneladas, fato este se deve à expansão de área plantada nas primeira e segunda safra (USDA, 2017). Essa boa produtividade tem contribuição do incremento de áreas, condições climáticas favoráveis e aumento da área plantada de milho. A região Centro-Oeste contribuiu para o aumento da produção nacional, com acréscimo de 18% comparado a safra passada (CONAB, 2017).

O milho é também utilizado na alimentação, em diversas formas, sendo secos ou verdes. Para consumo *in natura* o grão verde é conhecido popularmente como milho verde. Este se refere ao milho colhido e consumido ainda fresco, com alto teor de água variando de 70 a 80% de umidade (MAMEDE et al., 2015). Apresentando

consumo constante durante o ano, o milho verde pode ser consumido processado ou em espigas cozidas, possuindo alto valor nutricional. Deve-se levar em consideração algumas características sensoriais e de aparência para mercado do milho *in natura*, como cor, sabor e textura, atributos esses que apontam qualidade do milho verde (SANTOS e CARMO, 2015).

Esses requisitos são impostos pelas indústrias de processamento que estão diretamente ligados a aprovação do consumidor. Para atender as exigências não só do consumidor, mas também do produtor, foram criados programas de melhoramento genético de milho, visando o consumo *in natura*, gerando híbridos resistentes a doenças e pragas, além do aumento da produtividade (BARBIERI et al., 2006).

Nesse aspecto, o genótipo selecionado deve reunir, ao mesmo tempo, uma série de atributos favoráveis as exigências do produtor e consumidor, de forma simultânea (SILVA et al., 2012). No melhoramento de milho, em esquema de seleção recorrente intrapopulacional, com base em progênies de meios irmãos facilita a condução de um grande número de famílias e, também, possibilita maior eficiência no aumento da frequência de alelos favoráveis na população, permitindo realizar até duas gerações por ano. Essa recombinação entre genótipos selecionados, recompõe a variabilidade para próximo ciclo e resgata a condição de equilíbrio perdida a partir da seleção (COLOMBO et al, 2014 e AMARAL JÚNIOR et al., 2010).

O milho tem alto potencial produtivo e grande habilidade fisiológica de fotossíntese, entretanto, variável entre os diferentes genótipos. De acordo com Alvim et al. (2011), o rendimento e produtividade desse grão dependerá principalmente do quanto de radiação solar incidente será absorvida e da conversão dessa radiação em fitomassa, distribuindo assimilados à estrutura de interesse econômico, fato esse explicado devido ao índice de área foliar limitar seu rendimento. As folhas presentes em diversas posições do caule contribuem no suprimento dos metabolitos para as várias partes da planta e podem ou não distribuir para os grãos.

A redução da área foliar de algumas dessas posições do caule poderá auxiliar no conhecimento da relação fonte-dreno e traduzir em resultados práticos imediatos a capacidade fotossintética da cultura submetida a esse tratamento, com redução de área foliar visando maior rendimento da cultura e dos grãos, com menores taxas de fotossíntese, favorecendo na formação de populações melhoradas para capacidade fotossintética.

O objetivo deste trabalho foi realizar a análise biométrica de seleção recorrente, no segundo ciclo, para a formação de uma variedade melhorada com maior capacidade fotossintética, visando o consumo *in natura*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Goiás, localizada no município de Ipameri, Goiás (17° 43' 19" S e 48° 10' 35" W, Alt. 773 m) durante a safra 2016/17, na safra de verão. O solo cultivado foi o Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2013), de textura argilosa, adubado de acordo com resultados das análises de solo e conforme Pereira Filho (2003), para uma produtividade média entre 15 e 17 toneladas de espigas empalhadas por hectare, sendo aplicados 120 kg ha⁻¹ de N (ureia - parcelado) e P₂O₅, mais 90 kg ha⁻¹ de K₂O.

O delineamento experimental utilizado foi o látice 8x8, totalizando 64 progênes de meios-irmãos, provenientes da população melhorada MelhorVe-003 (MV003), o qual foi selecionada por dois ciclos para produtividade de espigas empalhadas, diâmetro e comprimento de espigas (*pre-breeding*). Para a avaliação da taxa fotossintética foram cortadas as folhas, na base foliar e alternadas na planta, assim como feito por Alvim et al. (2011), permanecendo 50%. Os tratamentos foram aplicados no início da fase reprodutiva da planta, antes da polinização das espigas, as folhas foram arrancadas manualmente, com tesouras, mantendo as bainhas intactas.

Foram avaliadas as características de altura de planta (ALTP) – medida referente à altura da planta, em cm, do solo ao ápice da planta (pendão); altura de planta (ALTE) – medida referente à altura da planta, em cm, do solo até a espiga principal; índice de clorofila falker (ICF) – medidos através do aparelho CFL1030 (SN0359), expressos em unidades falker, a partir de 3 folhas totalmente abertas na porção mediana das plantas, no florescimento; diâmetro médio de espigas (DIAM) – medida referente ao diâmetro médio de cinco espigas representativas da parcela, na porção mediana da espiga, em mm; comprimento de espigas (COMP) - medida referente ao comprimento médio de 5 espigas representativas da parcela, da base da espiga ao ápice, em cm; produtividade de espigas empalhadas (PEE) - no qual foi obtida pela soma do peso das espigas empalhadas de cada parcela, posteriormente, transformados para quilos por hectare; produtividade de espigas despalhadas (PED) - no qual foi obtida pela soma do peso das espigas

despalhadas de cada parcela, posteriormente, transformados para quilos por hectare; produtividade de espigas comerciais (PEC) - no qual foi obtida pela soma do peso das espigas despalhadas maiores que 15 cm e com diâmetro superior a 3 cm e, também, isentas de pragas e doenças, posteriormente, transformados para quilos por hectare.

As análises estatísticas serão inicialmente análise de variância, com o auxílio do programa computacional GENES (CRUZ, 2013). Posteriormente, utilizados os índices de seleção baseados na PEC (direto), de Mulamba e Mock, Smith e Hazel, Willians, sem a utilização de pesos, no programa GENES e, o REML/BLUP, conforme Resende (2007), no programa Selegen.

Resultados e Discussão

O experimento foi delineado em Látice, entretanto, não houve efeito significativo e os resultados apresentados serão em blocos casualizados. Verifica-se que existe diferença significativa para as variáveis analisadas ($p \geq 0,01$), corroboradas pela variância fenotípica e genética observadas na Tabela 1. As herdabilidades apresentaram valores similares e similares entre as variáveis, com valor médio de 66,5%, inclusive para variáveis de produtividade como PEE, PED e PEC. Os valores obtidos para as características, foram de alta magnitude, assim, a seleção poderá ter sucesso, para as diferentes características de milho verde.

Segundo Raposo e Ramalho (2004), a herdabilidade é depende da população e da família utilizada para a seleção de espigas despalhadas, onde famílias endogâmicas apresentaram 57,17% e meios-irmãos 50,20%. Já para a outra população, os valores se invertem e passam para 26,64 e 35,14%, quando se considera o trabalho de se autofecundar e o tempo para a realizar os ciclos, os meios-irmãos passa a ser o melhor método de seleção.

A razão também possibilita afirmar tal sucesso com a seleção, apesar influencia ambiental, mas com cautela, devido ao elevado CV (%) apresentando pelas variáveis, principalmente para PEC, seguido de PED e PEE (Tabela 1).

Os valores médios observados para IRC variam muito na população, sendo indicado fazer um número maior de avaliações e, em maior número de estádios, pois, no florescimento pode inflacionar ou subestimar os valores de clorofila.

Algumas apresentaram valores bem abaixo do esperado para este estágio, o qual tenderam a amarelecer antes do período normal, devido à redução foliar.

Tabela 1. Resumo da análise de variância e estimativas de parâmetros genotípicos e fenotípicos das variáveis índice de clorofila falker (IRC), altura de planta (ALT), altura de espiga (ALTE), diâmetro de espigas (DIAM), comprimento de espigas (COMP), produtividade de espigas empalhadas (PEE), produtividade de espigas despalhadas (PED) e produtividade de espigas comerciais (PEC). Ipameri, GO, 2017.

FV	GL	IRC (falker)	ALT (cm)	ALTE (cm)	DIAM (cm)
Bloco	2	9,35	2570,04	87,41	0,67
Família	63	71,79	546,02	315,59	0,63
Erro	126	23,69	194,73	103,60	0,22
Variância fenotípica (média)		23,93	182,01	105,20	0,21
Variância Ambiental (média)		7,90	64,91	34,53	0,07
Variância Genética (média)		16,03	117,10	70,66	0,14
Herdabilidade (%)		67,00	64,34	67,17	64,98
CVg (%)		8,68	5,52	8,50	7,52
Razão CVg/Cve		0,82	0,78	0,83	0,79
CV (%)		10,55	7,12	10,29	9,56
Média		36,12	186,04	98,89	4,90
Valor Mínimo		20,50	117,00	62,30	2,40
Valor Máximo		54,10	225,20	149,00	6,10
FV	GL	COMP (cm)	PEE (kg ha ⁻¹)	PED (kg ha ⁻¹)	PEC (kg ha ⁻¹)
Bloco	2	1,11	413770,57	999000,44	1519672,65
Família	63	9,17	5948284,82	4295034,77	2641354,41
Erro	126	3,15	1913749,42	1364008,19	877847,42
Variância fenotípica (média)		3,06	1982761,60	1431678,26	880451,47
Variância Ambiental (média)		1,05	637916,47	454669,40	292615,81
Variância Genética (média)		2,01	1344845,13	977008,86	587835,66
Herdabilidade (%)		65,66	67,83	68,24	66,77
CVg (%)		9,06	23,34	23,81	33,37
Razão CVg/Cve		0,80	0,84	0,85	0,82
CV (%)		11,34	27,84	28,13	40,77
Média		15,63	4968,79	4151,79	2297,86
Valor Mínimo		10,58	1429,00	1143,00	407,00
Valor Máximo		21,50	10286,00	8857,00	5602,00

** - Significativo a 1% pelo teste F, sendo o Látice não eficiente; CVg – coeficiente de variação genética; CVg/Cve – razão entre a variação genética e ambiental; CV (%) – coeficiente de variação genética.

Para as variáveis ALT e ALTE, a diferença entre o mínimo e o máximo chega 39 e 87 cm, respectivamente. Já para DIAM e COMP a variação é menor e os valores mais próximos do que o consumidor deseja (Tabela 1), com valor médio de 4,9 e 15,6 cm.

Registra-se que existem famílias superiores para as produtividades, entretanto, a granação ainda é falha e desalinhada em parte da população. A média ainda está longe da indicada, que para PEE é de 12.000 kg. Deve se considerar também que a redução drástica de 50% da área foliar iria afetar as produtividades, mas mesmo assim, famílias de meios-irmãos chegaram a produzir 10 toneladas de espigas empalhadas. Em contrapartida, para PEC poucas foram as espigas que passaram para comerciais, sendo o índice de refugo elevado, apresentando famílias com um baixo valor de espigas comerciais, como 407 kg por hectare.

Tabela 2. Estimativas de ganhos percentuais com base na seleção direta na produtividade de espigas comerciais (direto), Mulamba e Mock (M&M), Smith e Hazel (S&H), Willians (WL), sem a utilização de pesos e, no REML/BLUP. Ipameri, GO, 2016.

Variável	Direto	M&M	S&H	WL	BLUP
IRC (falker)	0,70	1,70	-3,25	-3,26	-0,28
ALT (cm)	-0,84	3,12	-0,84	-0,75	0,48
ALTE (cm)	0,67	5,00	-1,70	-1,31	1,32
DIAM (cm)	3,11	3,91	4,35	4,02	3,79
COMP (cm)	3,31	5,22	2,75	3,31	3,76
PEE (kg ha ⁻¹)	12,13	14,24	26,59	27,40	17,65
PED (kg ha ⁻¹)	12,18	14,92	27,44	24,70	18,18
PEC (kg ha ⁻¹)	43,37	25,73	23,52	26,77	30,87

O índice de seleção com base somente na PEC é superior e com baixa influencia para IRC, ALT e ALTE. Porém, se o intuito fosse elevar a PEE, este não seria indicado. Relata-se, também, que pode haver redução na palhada e aumentar o refugo, assim como observado também no índice de Mulamba e Mock e no BLUP.

Ressalta-se que os índices de Smith e Hazel e de Willians apresentam redução para três características, simultaneamente, entretanto, insignificantes para ALT e ALTE. Além disso, mantem os valores de produtividades em níveis mais

satisfatórios. Como o índice de Willians apresenta maior ganho para PEE e PEC, este é o mais indicado para a seleção das famílias superiores.

Considerações Finais

O programa possui variabilidade para dar continuidade nos ciclos seletivos nas diferentes características, sob redução foliar, e o índice que promoveu maiores ganhos preditos para as produtividades, apesar de estabilização e redução em algumas variáveis foi o de Willians.

Agradecimentos

Agradecemos a UEG por conceder a bolsa PIBIC/UEG à aluna Carla M. M. dos Santos.

Referências

ALVIM, K. R. T.; BRITO, C. H.; BRANDÃO, M. A.; GOMES, L. S.; LOPES, T. G. Redução da área foliar em plantas de milho na fase reprodutiva. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.4, p.413-418, 2011.

AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JUNIOR, S.P.; RANGEL, R.M., PENNA, G.F.; RIBEIRO, R.M.; MORAIS, R.C.; SCHUELTER, A.R. Improvement of a popcorn population using selection indexes from a fourth cycle of recurrent selection program carried out in two different environments. **Genetics and Molecular Research**, v. 09, n. 01, p. 340-347, 2010.

BARBIERI, V. H. B.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H.; DUARTE, J. M.; GOMES, L. S.; SANTANA, D. G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, v.23, N.3, p.826-830. 2005.

COLOMBO, G. A.; VAZ-DE-MELO, A.; TAUBINGER, M.; DIAS, S. W.; DOVALE, J. C. Potencial genético de famílias de meios irmãos de milho pipoca para as condições de cerrado do Sul de Tocantins. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.3. p.259-266, 2014.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2016/2017 – 8º Levantamento** – safra 2016/17 - Grãos. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_05_12_10_37_57_boletim_graos_maio_2017.pdf>. Acesso: 02 junho. 2017

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

EMPRAPA. **Classificação Brasileira de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2013, 286p.

MAMEDE, A. M. G. N.; FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; PEREIRA FILHO, I. A.; GODOY, R. L. O. Conservação pós colheita do milho verde minimamente processado sob atmosfera controlada e refrigeração. **Revista Ceres**, v.62, n.2, p.149-158, 2015.

PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde**. EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Brasil. 2003. 217p.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P. Componentes de variância genética de populações derivadas de híbridos simples de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 03, 2004.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 561p.

SANTOS, N. C. B.; CARMO, S. A.; MATEUS, G.P.; KOMURO, L. K.; PEREIRA, L. B.; SOUZA, L. C. D. Características agronômicas e de desempenho produtivo de

cultivares de milho-verde em sistema orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n.3, suplemento 1. p. 1807-1822, 2015.

SILVA, M. G. M.; VIANA, A. P. **Alternativas de seleção em população de maracujazeiro-azedo sob seleção recorrente intrapopulacional**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.34, n.2, p.525-531, 2012.

USDA- (United States Department of Agriculture). **Foreign Agricultural Service, Fev./2016**. Disponível em:<<http://www.pecad.fas.usda.gov/>>. Acesso em: 12 Julho. 2017.