

Capacidade combinatória de genótipos comerciais para características de rendimento e qualidade industrial de milho verde

Maurício Carlos Kuki ⁽¹⁾; **Filipe Augusto Bengosi Bertagna** ⁽¹⁾; **Edicarlos Peterlini** ⁽¹⁾; **Marcelo Akira Saito** ⁽²⁾; **Robson Akira Matsuzaki** ⁽³⁾; **Alex Viana Alves** ⁽⁴⁾; **Evandrei Santos Rossi** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento - UEM; Maringá, Paraná; E-mail: mcarloskuki@gmail.com; ⁽²⁾ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá; ⁽³⁾ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Agronomia; ⁽⁴⁾ Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento.

RESUMO: A falta de genótipos de milho verde que reúnam características de produção e de qualidade resultam em um produto final que não atinge as expectativas do mercado consumidor. Os objetivos deste trabalho são: *i)* avaliar a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC) e o efeito recíproco (ER) entre nove genótipos comerciais de milho comum destinados a produção verde; *ii)* identificar os genótipos mais promissores na extração de linhagens para o melhoramento de milho verde. O experimento foi instalado na localidade de Iguatemi – PR, com as 72 combinações híbridas e mais duas testemunhas experimentais em delineamento de blocos incompletos alfa látice. O resultado da análise de variância para o dialelo foi significativo para tratamentos ajustados em todas as características avaliadas. Os efeitos não aditivos foram mais importantes que os efeitos aditivos para a produção de espigas empalhadas e despalhadas, mas com predomínio dos efeitos aditivos para comprimento e diâmetro de espigas comerciais, além de textura de pericarpo. Os genitores AM811, HTMV1, Cativeverde 02 e AI Piratininga foram selecionados com base no efeito de CGC. As combinações AM811 x HTMV1, AM811 x AG1051, HTMV1 x AG4051, AI Piratininga x AG1051 e apresentaram melhores CEC e deverão ser utilizadas para o melhoramento interpopulacional. O efeito recíproco indica a necessidade do uso do genitor AM811 como fêmea em futuras combinações híbridas.

Termos de indexação: Milho *in natura*, dialelo, efeito recíproco.

INTRODUÇÃO

O milho é uma das espécies alógamas mais estudadas em todo o mundo, devido à sua produtividade de grãos, composição química e valor

nutritivo (Grigolo et al., 2011). Grande parte da produção no Brasil é destinada ao mercado de grãos secos. Contudo, diversos nichos de produção de milhos considerados especiais estão em franca expansão, como por exemplo o milho verde.

A produção e comercialização do milho verde são quase que exclusivamente feita por pequenos e médios agricultores. Segundo Pereira Filho (2003), uma cultivar destinada à produção de milho verde deve reunir alguns atributos, tais como produtividade de espigas empalhadas acima de 12 t.ha⁻¹, maior período útil de colheita e alta porcentagem de espigas comerciais. Albuquerque et al. (2008) também destaca a importância de espigas que possuam comprimento maior de 15 cm e 30 mm de diâmetro, cor de grãos creme ou amarelo clara, elevado rendimento industrial e alinhamento retilíneo de fileiras.

O esquema dialélico envolve diversas combinações de cruzamentos entre diferentes genitores, fornecendo ao melhorista informações a respeito dos pais e dos efeitos genéticos que governam determinada característica, além de identificar os melhores genitores para a formação de populações base dentro de um programa de melhoramento (Vencovsky & Barriga, 1992).

Os objetivos deste trabalho são: *i)* estimar a capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e o efeito recíproco (ER) dentre nove genótipos, para as principais características relacionadas à produção e comercialização de milho verde; *ii)* identificar as cultivares mais promissoras para a extração de linhagens e formação de populações base.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção dos cruzamentos F1's e recíprocos dos genitores, um campo de polinização

foi semeado na safrinha do ano de 2014. As características dos nove genitores estão descritas na **Tabela 1**.

O experimento foi instalado considerando o modelo 3 do dialelo de GRIFFING (1956). Juntamente com os 72 cruzamentos possíveis, foram adicionadas duas testemunhas comerciais: um híbrido simples disponibilizado pela Balu Sementes (tipo de grãos *flint*), e um híbrido triplo da EMBRAPA (tipo de grãos *dent*), totalizando 74 tratamentos, os quais foram avaliados na localidade de Iguatemi – PR. O experimento foi delineado em blocos incompletos do tipo alfa látice, com três repetições. A população final de plantas, após desbaste, foi de aproximadamente 55.500 plantas.ha⁻¹.

Tabela 1 - Características das cultivares utilizadas no dialelo, quanto a base genética, ciclo, empresa, textura de grão, cor do grão e aptidão de produção

Genótipo	B.G.	Ciclo	Tipo grão	Aptidão
AG 1051	HD ¹	SMP ⁴	Dentado	G ⁶ /S ⁷ /MV ⁸
AG 4051	HT ²	SMP	Dentado	G/S/MV
AL Pirat.	V ³	SMP	Semident.	G/S/MV
Cativ. 02	V	SMP	Dentado	S/MV
CD 316	HS	SP ⁵	Semiduro	G
CD 393	HS	SP	Duro	G
AM 606	HS	SP	Semiduro	G/S/MV
AM 811	HS	SP	Semident.	G/S/MV
HTMV1	HT	SMP	Semident.	G/S/MV

¹HD: híbrido duplo, ²HT: híbrido triplo, ³V: variedade de polinização aberta, ⁴SP: Super precoce, ⁵SMP: Semi precoce, ⁶G: uso como grão, ⁷S: uso como silagem, ⁸MV: uso como milho verde.

As características avaliadas foram: Número de espigas comerciais (NC); produtividade de espigas comerciais (PC, kg.ha⁻¹); comprimento de espigas comerciais (CE, cm); diâmetro de espigas comerciais (DE, mm); textura do pericarpo (TP, Newtons).

Na avaliação da textura de pericarpo, os grãos foram submetidos a um processo de enlatamento similar ao de uma indústria de conserva. Foi utilizado um texturômetro modelo TA.XTPlus, (Stable Micro Systems, Surrey, England) com probe HDP/WBR (velocidade do pré-teste: 2,00 mm.s⁻¹, velocidade de compressão de 2,00 mm.s⁻¹ e

velocidade de retorno de 10 mm.s⁻¹). O ponto máximo da força necessária para perfurar a amostra de cinco grãos foi considerado o valor de interesse.

A análise de variância foi efetuada no software SAS 9.3. Para a análise dialélica, foi utilizado o programa GENES.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância, expresso na **Tabela 2**, demonstram diferenças significativas ($p < 0,05$) para a fonte de variação tratamentos ajustados e seus desdobramentos de interesse (*Dialelo*, F_1 e RC) em todas as características avaliadas. A significância destes desdobramentos de tratamentos evidencia diferenças genéticas nos tratamentos. Indica também que os genitores variaram em relação à forma como se combinam uns com os outros.

Considerando o contraste F_1 vs RC , houve diferenças significativas para a produtividade de espigas comerciais (PC), além de número de espigas comerciais (NC). Para as duas testemunhas utilizadas, houve apenas diferença significativa para textura de pericarpo (TP). Este resultado evidencia a relação entre o tipo de grão e a textura do pericarpo, visto que a testemunha Embrapa possui grãos dentados e a testemunha Balu possui grãos duros.

A comparação entre grupos, *testemunhas versus dialelo*, demonstrou efeitos significativos para produtividade de espigas comerciais (PC), textura de pericarpo (TP), comprimento e diâmetro de espigas (CE e DE). Resultados semelhantes são observados por Rodrigues et al. (2009), em análise dialélica entre linhagens de milho destinadas à produção de milho verde. Os autores encontraram diferenças significativas entre todas as combinações híbridas testadas, evidenciando assim a diferença genética entre os parentais.

Os 72 híbridos oriundos dos cruzamentos entre os nove genitores foram avaliados separadamente, por meio da análise dialélica, com o intuito de identificar a participação da CGC e da CEC no controle das principais características relacionadas ao milho *in natura*. Os quadrados médios demonstraram efeitos significativos para a capacidade geral de combinação (CGC) e para a capacidade específica de combinação (CEC) em todas as características avaliadas. O efeito recíproco (ER) foi considerado não significativo para comprimento (CE) e diâmetro (DE) de espigas comerciais.

Estes efeitos permitem aferir que os genitores apresentam diferenças quanto ao comportamento genético aditivo, contribuindo de modo diferenciado nos cruzamentos em que estão envolvidos. Os

efeitos significativos para a CEC indicam que há diferenças entre as médias observadas e as esperadas com base na CGC, indicando assim que há influência de efeitos não aditivos (dominância, epistasia, etc.) entre estes cruzamentos.

A significância do efeito recíproco é um critério adequado para indicar se, a partir de determinados genitores, existem diferenças no uso dos mesmos como genitores femininos ou masculinos. Maia Paiva (2014) obteve efeitos significativos para CGC, em linhagens e testadores de milho doce, e CEC para a altura de plantas e diâmetro de espigas. O efeito aditivo das linhagens foi significativo para o número de fileiras por espiga e para o comprimento de grãos frescos, sem indícios de dominância e epistasia na herança destas características.

Em programas de melhoramento de milho, as populações base que atuarão como fonte de linhagens deverão apresentar um bom desempenho e uma alta variabilidade genética. Logo, as estimativas da capacidade geral de combinação permitem selecionar os melhores genótipos, com base nos efeitos genéticos aditivos, para formar um grupo de linhagens com grande potencial de gerar híbridos de excelente desempenho em nível de campo (Beck et al., 1990).

Foram obtidas as estimativas \hat{g}_i , expressas na **Tabela 3**, para cada parental, em relação às diferentes características estudadas. O genitor AM811 foi destaque para NC e PC. Para CE, o genótipo HTMV1 apresentou uma melhor estimativa de CGC. Para DE, os genótipos HTMV1 e AM811 foram superiores em relação aos demais. Para TP, é de interesse do melhorista menores valores de \hat{g}_i . Logo, os híbridos CD316, CD393 e as variedades Al Piratininga e Cativeverde 02 apresentaram valores inferiores que os demais.

Como critério de seleção das melhores CEC, ao menos um dos genitores envolvidos no cruzamento deverá apresentar efeito superior da CGC (Cruz et al., 2012). Caso o efeito recíproco apresente estimativa negativa, é recomendável a inversão da ordem masculino-feminina dos genitores no cruzamento.

A combinação AM811 x HTMV1 apresentou CEC superior às demais para NC (3,10), PC (1,672) e DE (0,59). O cruzamento entre AM811 x AG1051 foi superior que os demais para CE (0,45). Para TP, as combinações Al Piratininga x AG4051 (-8,61) e Cativeverde 02 x AG4051 (-4,60) foram selecionadas por apresentarem as menores estimativas.

O efeito recíproco entre AM811 x HTMV1 apresentou estimativa negativa para NC (-2,02) e PC (-478,70). A estimativa também apresentou valor negativo para CE (-0,08) no cruzamento entre AM811 x AG1051. Mesmo considerando que o

efeito recíproco foi positivo para DE (0,59) no cruzamento entre AM811 x HTMV1, é evidente o potencial do genitor AM811 quando utilizado como genitor masculino dentro do melhoramento de milho verde. As demais combinações específicas para TP apresentaram valores positivos de efeito recíproco, logo, não há a necessidade de alteração na ordem dos genitores.

CONCLUSÕES

Com base nos efeitos aditivos, o genitor AM811 foi selecionado para NC, PC e DE. O genitor HTMV1 foi selecionado para CE. Para TP, os genitores Al Piratininga, Cativeverde 02 e HTMV1 apresentaram CGC superior que os demais.

Os cruzamentos específicos AM811 x HTMV1, AM811 x AG1051, Al Piratininga x AG4051 e Cativeverde 02 x AG4051 apresentaram as melhores CEC e deverão ser utilizados para o melhoramento interpopulacional de milho verde.

Com base no efeito recíproco, o genitor AM811 deverá atuar como doador de pólen dentro do programa de melhoramento.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-75, 2008.
- BECK, D. L.; VASAL, S.K.; CROSSA, J. Heterosis and combining ability of CIMMYT's tropical early and intermediate maturity maize (*Zea mays* L.) germoplasm. **Maydica**, Bergamo, v.35, p.279-285, 1990.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, Viçosa, Brasil, 2012, 514p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 463-493, 1956.
- GRIGULO, A.S.M.; AZEVEDO, V.H.; KRAUSE, W.; AZEVEDO, P.H. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 27, p. 603-608, 2011.
- MAIA PAIVA, A.P. **Cruzamentos entre linhagens tropicais de milho doce e testadores com introgressão de germoplasma temperado**. Botucatu, 2014. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista.
- PEREIRA FILHO, I. A. (Ed. Tec.). O cultivo do milho verde. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2003. 204 p.



RODRIGUES, F.; VON PINHO, R.G.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FARIA FILHO, E.M.; GOULART, J.C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 75-84, 2009.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância individual, para as principais características relacionadas à produtividade e qualidade de milho verde, no município de Iguatemi – PR.

	GL	NC ¹	PC ²	CE ³	DE ⁴	TP ⁵
Repetições	2	36,43	4095938	0,80	2,40	210,39
BI/Rep (aj.)	24	96,77	4741070	0,60	2,57	188,22
Trat (aj.)	73	68,78*	3418754*	1,57*	7,62*	581,49*
Dialelo	71	70,07*	3393769*	1,55*	7,67*	552,76*
F1	35	60,34*	2758396*	1,44*	6,91*	476,86*
RC	35	78,08*	3918127*	1,70*	8,60*	638,68 ^{ns}
F1vsRC	1	130,48*	7279306*	0,18 ^{ns}	1,75 ^{ns}	201,96 ^{ns}
Testemunhas	1	26,25 ^{ns}	38592 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,53 ^{ns}	14295,14*
Entre Grupos	1	19,90 ^{ns}	8572874*	4,27*	9,80*	24950,76*
Erro Efetivo	122	23,33	1119901	0,70	2,13	229,56
CV (%)	-	17,37	16,04	4,33	3,09	21,12
Média	-	27,80	6.593,72	19,31	47,24	64,94
Efic. Lát. (%)	-	151,74	153,15	97,77	103,5	97,04

¹NC - Número de espigas comerciais; ²PC (kg.ha⁻¹) – Produtividade de espigas comerciais; ³CE (cm) – Comprimento de espigas comerciais; ⁴DE (mm) – Diâmetro de espigas comerciais; ⁵TP (N) – Textura do pericarpo. * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Valores de \hat{g}_i para nove genitores, em relação às principais características relacionadas à produtividade e qualidade de milho verde.

Genitores	NC ¹	PC ²	CE ³	DE ⁴	TP ⁵
AM606	1,215	-259,96	-0,365	-0,535	-0,781
AM811	4,681	776,536	-0,752	0,603	3,510
HTMV1	-2,235	-68,214	0,551	1,175	6,561
AL PR.	-1,012	103,258	-0,065	0,360	-2,378
CAT 02	-0,353	285,332	0,146	0,020	-4,837
CD316	1,753	-243,445	0,075	-0,816	-4,961
CD393	0,366	-33,454	0,15	-1,783	-6,374
AG1051	-3,421	-578,792	0,095	0,469	2,438
AG4051	-0,993	18,737	0,163	0,506	6,823
DP (\hat{g}_i)	0,702	153,953	0,121	0,212	2,204
DP ($\hat{g}_i - \hat{g}_j$)	1,053	230,929	0,182	0,318	3,306

¹NC - Número de espigas comerciais; ²PC (kg.ha⁻¹) – Produtividade de espigas comerciais; ³CE (cm) – Comprimento de espigas comerciais; ⁴DE (mm) – Diâmetro de espigas comerciais; ⁵TP (N) – Textura do pericarpo. * Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns} não significativo a 5% de probabilidade.