



COMPORTAMENTO AGRONÔMICO E GANHOS POR SELEÇÃO EM HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE MILHO EM CONDIÇÕES DE SAFRINHA

Silvimar Alves Guimarães⁽¹⁾, Roberto dos Santos Trindade⁽²⁾, Lauro José Moreira Guimarães⁽²⁾, Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães⁽²⁾, Walter Fernandes Meirelles⁽²⁾, Cleso Antônio Patto Pacheco⁽²⁾ e Flávio Dessaune Tardin⁽²⁾

1. Introdução

O milho é o principal cereal cultivado no Brasil, tendo grande importância como insumo para alimentação animal e humana e, mais recentemente, como alternativa para a produção de biocombustíveis. A época de cultivo conhecida como safrinha é definida como o milho de sequeiro cultivado extemporaneamente, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja, na região Centro-Sul brasileira (Cruz et al., 2005). Devido a demanda de opções de cultivo para a entressafra que permitam boa liquidez na comercialização do produto final, o cultivo do milho safrinha tem se expandido nas diferentes regiões produtoras do país, demandando o desenvolvimento de cultivares adaptadas para essa época de cultivo.

Um dos entraves à obtenção de ganhos genéticos mais expressivos no melhoramento de plantas é a dificuldade de atingir ganhos ótimos para todas as características avaliadas de forma simultânea. Tendo em vista que uma cultivar elite necessita combinar diferentes características de interesse agrônomo, uma estratégia adotada para a seleção de genitores superiores tem sido a aplicação de índices de seleção, que constituem um caráter adicional, estabelecido pela combinação linear de vários caracteres, o que possibilita a seleção simultânea com maior precisão (Cruz et al., 2004).

Entretanto, a avaliação de genótipos em distintos ambientes e épocas de cultivo pode incorrer em desbalanceamento dos dados devido à perda ou inclusão de tratamentos ou a existência de heterogeneidade das variâncias entre os diferentes ambientes. Neste caso o uso de modelos mistos para análise de dados experimentais constitui uma estratégia para predição dos valores genéticos, fornecendo informações sobre o mérito da progênie, de indivíduo nas progênies e considerando também o ambiente da repetição onde está localizado um indivíduo, aumentando assim a acurácia seletiva, minimizando o erro de predição e maximizando o ganho genético por ciclo de seleção (Resende, 2007).

⁽¹⁾Graduando em Agronomia, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Sete Lagoas - MG - Estagiário da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: silvimar030814@gmail.com

⁽²⁾Engenheiro(s) Agrônomo(s), Dr., Pesquisador(es), Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG. E-mails: roberto.trindade@embrapa.br; lauro.guimaraes@embrapa.br; paulo.guimaraes@embrapa.br; walter.meirelles@embrapa.br; cleso.pacheco@embrapa.br; flavio.tardin@embrapa.br





Diante do anteriormente explicitado, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar o comportamento agrônômico de genótipos experimentais de milho em dois ambientes, utilizando a metodologia de modelos lineares mistos para avaliação de híbridos e seleção de genótipos superiores por meio de índices de seleção.

2. Material e Métodos

Na safrinha de 2016, entre os meses de fevereiro e agosto, 63 híbridos de milho (51 híbridos experimentais e 12 testemunhas) foram avaliados nas áreas experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas – MG, e da Embrapa Soja, em Londrina – PR (Tabela 1). O delineamento experimental adotado em ambos os locais foi o de blocos aumentados, com testemunhas comuns.

As parcelas experimentais foram constituídas de duas linhas de 4,2 m, espaçadas de 0,8 m, com semeadura de cinco sementes por metro linear. A semeadura foi realizada de forma mecanizada e os tratos culturais e a condução do experimento seguiram as recomendações preconizadas para a cultura do milho em cada local. A colheita foi efetuada com o uso de colheitadeira de parcelas, com aferição de peso e umidade.

Durante o período de condução do experimento, foram avaliadas as seguintes características: estande final, obtido pela contagem do número total de plantas em cada parcela; tombamento, obtido pelo total de plantas acamadas e/ou quebradas em cada parcela, próximo a data de colheita; altura de planta obtidas pela medição da altura da base do colmo até a inserção da folha bandeira; altura de espiga, obtida pela altura da base da planta até a inserção da primeira espiga; umidade de grãos no momento da colheita, aferida por meio de medidor de umidade acoplado a colheitadeira, e; produtividade de grãos, obtida pela conversão do peso de grãos por parcela, obtido no momento da colheita para kg ha^{-1} a 13% de umidade.

As análises foram efetuadas com auxílio do software Selegen-Reml-Blup (Resende, 2007), considerando um delineamento em blocos aumentados (modelo 75) conforme o modelo preconizado por Resende (2007) $y = Xr + Zg + Wb + Ti + e$, em que y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados a média geral, g é o vetor de efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), b é o vetor de efeito de blocos (assumido como aleatórios), i é o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambientes (aleatórios), e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios), enquanto as letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.





Procedeu-se a análise de deviance, a estimação dos valores genéticos preditos (VG), da média fenotípica e do intervalo de confiança para dados obtidos, efetuando-se em seguida a avaliação dos genótipos via índices de seleção utilizando-se todas as características avaliadas durante o experimento, sendo aplicados os índices aditivo, multiplicativo e de soma dos ranks (Mulamba e Mock). Os índices de seleção aditivo (IA), multiplicativo (IM) de Mulamba e Mock (com base na soma de ranks) (ISR), construídos a partir da metodologia REML/ BLUP são sucintamente apresentados a seguir:

$$IC = (p \times C1) \times (VG \times C1) + \dots$$

$$IM = (VG \times C1) \times \dots$$

$$ISR = (r \times C1 \times NCM) + \dots$$

Em que: p é o peso econômico estabelecido para o caráter; VG é o valor genotípico predito; r é o posto do genótipo e C1 é a característica de interesse, podendo ser acrescentadas quantas forem necessárias na equação. No caso do índice aditivo, os seguintes pesos econômicos foram aplicados: Stand – acréscimo 20%; Tombamento – decréscimo 10%; altura de planta – decréscimo de 5%; altura de espiga - decréscimo de 5%; umidade de grãos - decréscimo de 5%, e; produtividade - acréscimo de 55%. Para aplicação do índice de Mulamba e Mock (soma de ranks), as tendências de acréscimo e decréscimo aplicadas para o índice aditivo foram mantidas, mas sem a atribuição de pesos econômicos.

3. Resultados e Discussão

A análise de deviance não indicou ocorrência de interação genótipo x ambientes para produtividade de grãos (dados não apresentados), denotando que o ranqueamento dos genótipos não variou abruptamente entre os dois ambientes. Para o conjunto de genótipos avaliados, o stand variou entre 10 a 44 plantas, com média de 23 plantas; o tombamento variou entre 0 e 16 plantas por parcela, com média de cinco plantas por parcela; a altura de plantas variou entre 1,0 e 3,2 m, com média de 2,07 m; a altura de inserção de espiga oscilou entre 0,35 e 1,65 m, com média de 1,0 m; a umidade de grãos variou entre 12,8 e 22,1%, com média de 18,7%, indicando que a maior parte dos genótipos apresentou ciclo precoce normal. A produtividade variou entre 319 e 11.865 kg ha⁻¹, com média de 5.282 kg ha⁻¹ para os genótipos em avaliação.

A testemunha DKB 310VTPRO2 apresentou a maior produtividade média (Tabela 1), contudo, identificaram-se também híbridos experimentais de bom desempenho, se



destacando os tratamentos 91500181-2, 91501767, 91501776 e 91501759, os quais apresentaram elevada magnitude do valor genotípico e produtividade dentro do intervalo de confiança estabelecido para o híbrido DKB 310VTPRO2, denotando equivalência entre esses materiais com a melhor testemunha.

Tabela 1. Valor genotípico, média fenotípica para produtividade de grãos em kg ha⁻¹ e intervalo de confiança para produtividade de grãos, em kg ha⁻¹ para os 20 híbridos de milho mais produtivos avaliados em Sete Lagoas – MG e Londrina – PR na safrinha de 2016.

Genótipo	Valor genotípico	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Intervalo de confiança	
			Limite inferior	Limite superior
DKB 310 PRO	7.106,2	5.633,0	8.579,4	9.221,5
91500181-2	6.526,0	5.052,8	7.999,2	7.965,9
91501767	6.393,3	4.920,1	7.866,5	7.678,7
91501776	6.232,0	4.758,8	7.705,2	7.329,7
91501759	6.227,4	4.754,2	7.700,6	7.319,8
91500181-10	6.158,1	4.684,9	7.631,3	7.169,8
91501762	6.144,3	4.671,1	7.617,5	7.140,0
51400021	6.134,1	4.661,0	7.607,3	7.117,9
91501766	6.071,9	4.598,7	7.545,1	6.983,2
91500181-9	6.031,9	4.558,8	7.505,1	6.896,7
BRS 3042	6.030,1	4.556,9	7.503,2	6.892,7
91500197-1	5.903,5	4.430,3	7.376,7	6.618,8
91501765	5.828,4	4.355,2	7.301,6	6.456,2
91501774	5.785,5	4.312,3	7.258,7	6.363,4
91501764	5.759,9	4.286,7	7.233,1	6.308,1
91501768	5.747,1	4.273,9	7.220,3	6.280,4
91500168-2	5.700,2	4.227,0	7.173,4	6.178,9
91501788	5.687,5	4.214,3	7.160,7	6.151,4
91501756	5.615,0	4.141,8	7.088,2	5.994,5
91501757	5.610,4	4.137,2	7.083,6	5.984,5

Genótipos identificados em negrito são referentes a testemunhas experimentais.

Dentre os três índices de seleção aplicados, o que possibilitou maiores ganhos por seleção foi o índice aditivo (Tabela 2), seguido do índice de Mulamba e Mock e do índice multiplicativo, respectivamente, os quais apresentaram magnitudes de ganhos por seleção próximas. O índice aditivo também apresentou maior coincidência da presença dos genótipos de maior produtividade (Tabela 1) dentre os híbridos selecionados (Tabela 2). Com efeito, dos 20 genótipos de maior produção, 13 foram selecionados utilizando-se o índice aditivo. Este resultado pode estar ligado a premissa do método, que demanda a atribuição de pesos com base na importância de cada característica. Considerando o peso dado a produtividade de grãos (acréscimo de 55%), a produtividade tende a ser o fator preponderante sobre as demais características agrônômicas.



O índice multiplicativo permitiu a seleção de 12 genótipos dentre os híbridos mais produtivos (Tabela 2), número bem próximo ao índice aditivo, mas com ranqueamento diferente do obtido utilizando o índice aditivo. Neste caso, a atribuição de pesos para este método se deu de forma mais equilibrada, considerando o valor genotípico de cada característica como fator para atribuição dos pesos e construção de índices de seleção. Esta característica, embora implique em menores ganhos quando comparado com o método aditivo, proporcionou maior equilíbrio na seleção, permitindo a seleção de genótipos produtivos, mas que também possibilitem ganhos em outros caracteres de interesse agrônomo. Pedrozo et al. (2009), avaliando a eficiência de índices de seleção via modelo reml/blup para seleção de genótipos de cana-de-açúcar, obtiveram maiores estimativas de ganhos por seleção utilizando o índice multiplicativo.

Tabela 2. Ganho de seleção para híbridos experimentais de milho estimados por três índices de seleção, com base em seis características agrônomicas.

Índice aditivo		Índice multiplicativo		Índice de Mulamba e Mock - Soma de Ranks	
Genitor	Ganho (%)	Genitor	Ganho (%)	Genitor	Ganho (%)
DKB 310VTPRO2	168,53	91501788	81,43	91501756	88,24
91501762	139,15	91501764	74,22	2B587 RR	77,78
91500181-2	127,16	91501785	71,19	91500200-1	71,94
91500197-1	120,31	DKB 310VTPRO2	66,82	91500197-1	67,69
91501767	113,58	91501762	62,47	2E530	64,95
91501762	107,24	91501765	59,11	91500168-2	62,48
91500181-10	101,87	91500181-2	56,55	91500190-8	60,57
91501766	97,73	91501787	54,51	91500181-9	58,35
91500181-9	93,69	91501756	52,74	BRS 3035	56,66
91501763	90,45	91500180-8	51,29	91500181-10	55,21
91501765	87,68	91501759	49,78	91500176-6	53,27
91500180-8	85,01	91501767	48,35	91500197-5	51,48
91501769	82,51	91500197-1	47,13	91500180-9	49,91
91500168-2	80,05	91501758	45,50	91500200-5	48,51
2B587 RR	77,47	91501786	44,03	91501763	46,86
91501757	75,08	91501783	42,69	P30F35H	45,18
BRS 1040	72,82	91500181-10	41,48	91501757	43,10
91501759	70,80	2B587 RR	40,28	91501767	40,83
91501783	68,86	91501789	39,20	91500153-10	38,55
91500200-1	66,83	91501766	38,22	DKB310 VTPRO2	36,56

Genótipos destacados em negrito são parte dos 20 híbridos mais produtivos avaliados no experimento.



O índice de Mulamba e Mock selecionou nove genótipos dentre os 20 híbridos mais produtivos, com maior diferença no ranqueamento dos indivíduos dentre os índices utilizados. Cabe destacar também a menor coincidência de híbridos selecionados pelo índice de Mulamba e Mock em comparação aos demais índices utilizados no experimento.

Considerando-se a eficiência de um índice de seleção para aplicação em programa de melhoramento, é importante considerar o ganho obtido pela aplicação do índice e o potencial que o mesmo tem em selecionar indivíduos com base em características de interesse, sem se permitir inflacionar ou atribuir peso demasiado a uma das características que compõem o índice. Neste contexto, dentre os índices utilizados no experimento para seleção de híbridos superiores, o índice aditivo foi o mais eficiente, pois apresentou maior magnitude de ganhos e possibilitou selecionar grande proporção de indivíduos dentre os mais produtivos do experimento. Entretanto, deve se atentar para a atribuição de pesos econômicos no uso deste índice, a fim de não se aplicar peso demasiado a uma característica específica, em detrimento dos demais caracteres agrônômicos.

4. Conclusões

O uso de índices de seleção no contexto de modelos mistos, foi eficiente para seleção de genótipos superiores em condições de safrinha. O índice aditivo foi o mais eficiente para seleção de genótipos superiores de milho, podendo aumentar a chance de sucesso em programas de melhoramento da cultura.

Referências

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético - volume I**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 480p.

CRUZ, J.C.; PEREIRA, F.T.F.P.; PEREIRA FILHO, I.A.; COELHO, A.M. **Resposta de cultivares de milho à adubação nitrogenada em cobertura**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. p.65. (Comunicado Técnico, 116).

PEDROZO, C.A.; BENITES, F.R.G.; BARBOSA, M.H.P.; RESENDE, M.D.; SILVA, F.L. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia reml/blup no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.31-36, 2009.

RESENDE, M.D.V. **Software SELEGEN – REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.