

Produtividade, adaptabilidade e estabilidade produtiva de cultivares de milho de menor custo de sementes⁽¹⁾

Lucas Pessoa Moreira de Oliveira⁽²⁾, Roberto dos Santos Trindade⁽³⁾, Paulo Evaristo de Oliveira Guimarães⁽³⁾, Lauro José Moreira Guimarães⁽³⁾, Bruno Henrique Messi⁽⁴⁾, Raul Paredes Ferreira⁽⁴⁾, Joana Cecília Moreira Gonçalves⁽⁴⁾, Samuel Henrique de Sousa Lyra⁽⁴⁾, Rafael Luís Ferreira Moreira⁽⁴⁾ e Lucas Pereira dos Santos Costas⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho financiado pelo CNPq. ⁽²⁾ Estudante de graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista Pibic/CNPQ. ⁽³⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. ⁽⁴⁾ Estudante, graduação, Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG.

Resumo – A variabilidade inerente à avaliação de genótipos em diferentes localidades demanda o uso de métodos robustos para quantificação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho. Neste contexto, o uso de estatística não paramétrica para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, como o método proposto por Lin e Binns (1988), destaca-se por sua simples execução e pela facilidade na interpretação dos resultados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de baixo custo de sementes em dez ambientes de safra/safrinha. Nesta pesquisa, foram avaliadas 25 cultivares de milho em dez ambientes no ano agrícola 2021/2022. Em todos os locais, os ensaios foram conduzidos no delineamento látice quadrado 5 x 5, com duas repetições. Foi avaliada a produtividade dos grãos por parcela de cada cultivar, corrigida a 13% de umidade, e convertida em t ha⁻¹. Os resultados indicam que a estatística Pi foi eficiente para a seleção de cultivares de milho de baixo custo de sementes, sendo os ambientes Paraíso e Goiânia os mais favoráveis para a produção de grãos, com médias de 8,86 e 9,51 t ha⁻¹, respectivamente. Dentre os genótipos avaliados, 3S2761, BM270 PRO2 e 3S2755 expressaram o melhor desempenho em termos de adaptabilidade e estabilidade, sendo os mais recomendados para plantio, independentemente do ambiente.

Termos para indexação: *Zea mays*, variedade, polinização, híbrido TopCross, Interação genótipos x ambiente.

Productivity, adaptability, and yield stability of lower-cost corn cultivars

Abstract – The inherent variability in the evaluation of genotypes across different locations requires the use of robust methods for quantifying the adaptability and stability of maize genotypes. In this context, the use of non-parametric statistics for the evaluation of adaptability and stability, such as the method proposed by Lin e Binns (1988), stands out for its simple execution and ease of result interpretation. The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of low-cost seed cultivars in ten crop season environments. In this research, 25 maize cultivars were evaluated across ten environments during the 2021/2022 agricultural year. In all locations, the trials were conducted using a 5 x 5 square lattice design with two replications. Grain yield per plot of each cultivar was evaluated, corrected to 13% moisture, and converted to t ha⁻¹. The results indicate that the Pi statistic was efficient in selecting low-cost seed maize cultivars, with Paraíso and Goiânia

environments being the most favorable for grain production, with averages of 8.86 and 9.51 t ha⁻¹, respectively. Among the genotypes evaluated, 3S2761, BM270 PRO2, and 3S2755 demonstrated the best performance in terms of adaptability and stability, making them the most recommended for planting, regardless of the environment.

Index terms: *Zea mays*, variety, pollination, TopCross hybrid, genotype x environment interaction.

Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma planta alógama pertencente à família Poaceae. É uma cultura de grande importância econômica, por seu uso como alimento, forragem ou na agroindústria (Cabral et al., 2000). Uma das maiores características da cultura do milho é a adaptabilidade da cultura a diferentes ambientes, em razão da variabilidade genética. Entretanto, a avaliação de genótipos em distintos ambientes e épocas de cultivo pode incorrer em desbalanceamento dos dados por causa de perda ou inclusão de tratamentos ou da existência de heterogeneidade das variâncias entre os diferentes ambientes (Cruz; Carneiro, 2003).

Cardoso et al. (2012) avaliaram a adaptabilidade e a estabilidade de variedades e híbridos de milho, em diferentes ambientes do Meio-Norte brasileiro, sendo observado que os híbridos mostraram melhor adaptação que as variedades para o conjunto dos ambientes de teste, sendo detectadas diferenças entre os genótipos e os ambientes e comportamento inconsistente desses genótipos na média dos ambientes. Por sua vez, Lima et al. (2023), selecionando híbridos de milho, por meio da análise GGE biplot, bem como avaliando sua estabilidade e adaptabilidade em diferentes ambientes das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil, detectaram interação significativa entre genótipos e ambientes, além da formação de três macroambientes com base em dados de produtividade de híbridos experimentais de milho. Esses trabalhos demonstram a variabilidade inerente à avaliação de genótipos em diferentes localidades, o que demanda o uso de métodos robustos para quantificação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho.

Neste contexto, o uso de estatística não paramétrica para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade, como o método proposto por Lin e Binns (1988), destaca-se por sua simples execução e pela facilidade na interpretação dos resultados. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de cultivares de baixo custo de sementes em dez ambientes de safra/safrinha.

Por apresentar dados relativos ao desempenho de genótipos de milho em diferentes ambientes de cultivo no Brasil, este trabalho contribui para o atendimento do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS 2 da Agenda 2030 proposta pela Organização das Nações Unidas ONU: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável - Fome zero e agricultura sustentável, mais especificamente para com a meta 2.4:

Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo (Nações Unidas, 2024).

Material e métodos

Para a realização da pesquisa, foram avaliadas 25 cultivares de milho (Tabela 1), sendo três híbridos duplos experimentais, nove híbridos triplos experimentais, cinco híbridos TopCross e oito testemunhas.

Tabela 1. Relação de genótipos avaliados no experimento em dez ambientes de safra e safrinha no ano agrícola 2021/2022.

Tipo	Identificação
Híbrido Duplo	2R2642
Híbrido Duplo	2R2643
Híbrido Duplo	2S2697
Híbrido Triplo	3P2200
Híbrido Triplo	3S2730
Híbrido Triplo	3S2731
Híbrido Triplo	3S2734
Híbrido Triplo	3S2755
Híbrido Triplo	3S2761
Híbrido Triplo	3S2770
Híbrido Triplo	3S2772
Híbrido Triplo	3S2787
Híbrido TC	HTC697
Híbrido TC	HTC717
Híbrido TC	HTC781
Híbrido TC	HTC795
Híbrido TC	HTC771
Testemunha	1Q2400
Testemunha	1Q2403
Testemunha	AG8061 PRO2
Testemunha	BM270 PRO2
Testemunha	BRS 3042
Testemunha	BRS2022
Testemunha	BRS2107
Testemunha	SHS7930 PRO2

Os ensaios foram conduzidos em dez ambientes de safra e safrinha no ano agrícola 2021/2022: Janaúba, MG - Estresse hídrico (Safra); Janaúba, MG - Irrigado (Safra); Sinop, MT (Safrinha); Londrina, PR (Safra); Londrina, PR (Safrinha); Sete Lagoas, MG (Safra); Goiânia, GO (Safra); Brejo, MA (Safra); Teresina, PI (Safra); Paraíso, TO (Safrinha). Em todos os locais, os ensaios foram

conduzidos no delineamento látice quadrado 5 x 5, com duas repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas com 4 m de comprimento, espaçadas em 0,80 m. As adubações de plantio e cobertura, e os demais tratos culturais, foram realizados de acordo com a época e o sistema de cultivo para cada ambiente, em conformidade com as normas técnicas (Coelho, 2006).

Foi avaliada a produtividade dos grãos (PG) por parcela de cada cultivar, corrigida a 13% de umidade, e convertida em t.ha⁻¹. Para a análise dos dados, procedeu-se inicialmente à análise de variância, para detecção da interação genótipos por ambientes, seguindo-se da estratificação de ambientes e da quantificação da adaptabilidade e estabilidade, utilizando o método não paramétrico elaborado por Lin & Binns (1988), que se baseia no estimador Pi como parâmetro para determinação do comportamento dos genótipos em um conjunto de ambientes. Em todos os procedimentos empregou-se o software GENES (Cruz, 2001).

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância (não apresentados) indicaram a existência de interação genótipo x ambientes, mostrando grande variabilidade entre genótipos e ambientes. A média geral foi 6,66 t/ha, acima da média nacional, de 4,9 t/ha (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2024), demonstrando que mesmo híbridos de baixo custo de sementes podem ser opção de plantio em diferentes condições.

Dentre os ambientes avaliados, com base no índice Pi (Tabela 2), verifica-se que os dois ensaios conduzidos em Janaúba foram os mais desfavorecidos pelas condições do ambiente, enquanto os ambientes Paraíso e Goiânia foram os mais favoráveis para a produção de grãos, com médias de 8,86 e 9,51 t/ha, respectivamente.

Tabela 2. Médias e valores máximos e mínimos de produtividade de grãos em toneladas por hectare (t ha⁻¹) e índice Pi para ambientes favoráveis e desfavoráveis com base no desempenho de genótipos de milho em cada ambiente.

Ambientes	Média (t ha ⁻¹)	Máximo (t ha ⁻¹)	Mínimo (t ha ⁻¹)	Índice Pi
Janaúba, MG - Estresse hídrico	3,41	7,08	1,61	-3,26
Janaúba, MG – Irrigado	5,06	6,67	4,17	-1,62
Sinop, MT	6,88	8,97	4,39	0,21
Londrina, PR	6,62	9,33	4,39	-0,06
Londrina, PR	6,06	9,06	3,57	-0,61
Sete Lagoas, MG	5,81	10,37	3,23	-0,86
Goiânia, GO	9,51	12,75	6,35	2,84
Brejo, MA	6,79	9,74	4,95	0,12
Teresina, PI	7,69	9,30	6,70	1,02
Paraíso, TO	8,86	11,76	7,10	2,19

Para a seleção dos genótipos mais adaptados e estáveis via estatística Pi, buscaram-se os genótipos de menor valor do estimador Pi, sendo que o ideal é que apresentem desempenho superior

em ambientes favoráveis e desfavoráveis ao mesmo tempo. Diante do exposto, os dados indicam que os genótipos 3S2761, BM270 PRO2 e 3S2755 expressaram o melhor desempenho em termos de adaptabilidade e estabilidade (Tabela 3), além de atingirem valores de produtividade acima de 8 t ha⁻¹, sendo os genótipos mais adaptados.

Tabela 3. Médias gerais de produtividade, índices Pi geral e em ambientes favoráveis e desfavoráveis estimados para 25 genótipos de milho, avaliados em dez localidades no ano agrícola 2021/2022.

Genótipo	Média (t ha ⁻¹)	Pi geral	Pi favoráveis	Pi desfavoráveis
1Q2400	7,5	3,32	0,55	6,06
1Q2403	7,80	2,00	0,75	3,26
2R2642	7,17	3,28	2,17	4,38
2R2643	6,80	4,23	4,97	3,48
2S2697	7,61	2,78	1,33	4,22
3P2200	6,80	4,10	4,55	3,65
3S2730	5,73	8,43	7,26	9,59
3S2731	6,86	4,12	3,36	4,88
3S2734	6,13	6,77	3,28	10,26
3S2755	8,21	1,58	1,28	1,88
3S2761	8,49	0,91	1,48	0,35
3S2767	6,71	4,59	3,77	5,40
3S2770	5,83	7,29	5,88	6,38
3S2772	6,32	6,13	5,87	8,51
3S2787	6,87	4,04	3,80	4,29
AG8061 PRO2	7,00	4,02	4,31	3,72
BM270 PRO2	8,34	1,32	1,70	0,94
BRS 2022	5,23	10,08	8,05	12,10
BRS 3042	6,37	5,90	3,29	8,70
BRS2107	6,08	6,70	4,57	8,82
HTC697	5,43	9,10	7,31	10,89
HTC717	5,55	8,70	5,65	11,74
HTC781	5,10	10,92	8,63	13,21
HTC795	5,63	8,47	7,61	9,32
SHS7930 PRO2	7,09	3,83	5,19	2,48

Conclusão

Com base nos dados apresentados, conclui-se que a estatística Pi foi eficiente para a seleção de cultivares de milho de baixo custo de sementes, sendo os ambientes Paraíso e Goiânia os mais favoráveis para a produção de grãos, com médias de 8,86 e 9,51 t ha⁻¹, respectivamente. Dentre

os genótipos avaliados, 3S2761, BM270 PRO2 e 3S2755 expressaram o melhor desempenho em termos de adaptabilidade e estabilidade, sendo os mais recomendados para plantio, independentemente do ambiente.

Agradecimentos

À Embrapa Milho e Sorgo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e à Fapemig. À equipe do programa de melhoramento de milho (pesquisadores, técnicos, assistentes, estagiários e bolsistas).

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos, v. 11 - safra 2023/24, n. 4 – quarto levantamento: janeiro 2024. Brasília, DF: Conab, 2024. 116 p. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/4o-levantamento-safra-2023-24/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CABRAL, A. C.; THEODOROVITZ, A. V.; SOUZA, S. N. M. de; MARI JUNIOR, A.; CABRAL, C. Milho (*Zea mays*) uma cultura energética. *Acta Iguazu*, v. 1, n. 4, p. 47-54, 2000. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/7748/0>. Acesso em: 13 abr. 2024.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L. de; ROCHA, L. M. P.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. de O.; PARENTONI, S. N.; OLIVEIRA, I. R. Identificação de cultivares de milho com base na análise de estabilidade fenotípica no Meio-Norte brasileiro. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 2, p. 346-353, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200018>.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 78). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 648 p.

LIMA, J. A.; ROSSI, A. A. B.; SANTOS, T. O.; PENNA, G. F.; TARDIN, F. D.; TRINDADE, R. S.; GUIMARÃES, P. E. O.; GODINHO, V. P. C.; AMARAL JUNIOR, A. T.; CORDEIRO, A. G. M.; SANTOS, R. C. dos; JESUS, M. S. F.; POGALSKY, L. S.; TIAGO, A. V.; PEDRI, E. M.; FERREIRA, E. L.; ZANETTI, G. T. Adaptability and stability of corn hybrids for the south of the Amazon biome via GGE biplot. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 58, e02931, 2023. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2023.v58.02931>.

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. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2**: fome zero e agricultura sustentável: erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 13 maio 2024.