

Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de genótipos de milho (*Zea mays L.*) no município de Vilankulo

Genotype x environment interaction and phenotypic stability of maize genotypes (*Zea mays L.*) in the municipality of Vilankulo

Interacción genotipo x ambiente y estabilidad fenotípica de genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en el municipio de Vilankulo

Recebido: 26/04/2026 | Aceito: 07/05/2026 | Publicado: 08/05/2026

Dirson Rodrigues Manhaussane

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9726-3655>

Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique

E-mail: dirsonrodriguesm@gmail.com

Joaquim Vicente Wate

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9586-2928>

Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique

E-mail: wate.jv@gmail.com

Amílcar Dina Julião Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3188-5337>

Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique

E-mail: amilcardina@gmail.com

Resumo

O estudo da interação genótipo x ambiente e estabilidade produtiva é essencial para a identificação de genótipos com elevada produtividade e comportamento previsível de modo a garantir a segurança alimentar e o bem-estar económico das comunidades. Este estudo teve como objetivo avaliar a interação genótipo x ambiente e a estabilidade produtiva de sete cultivares de milho em dois distintos ambientes do Município de Vilankulo, Moçambique (Campus da UEM-ESUDER e Baixa de Nhamuchiche). Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados (DBCC) com sete tratamentos e quatro repetições. As variáveis agronómicas analisadas incluíram altura de plantas, altura de inserção de espiga, comprimento de espigas, diâmetro de espigas e produtividade de espigas. A análise de dados foi realizada por meio da análise conjunta, teste de médias de Scott-Knott (1974), decomposição da interação genótipo x ambiente pelo método de Cruz e Castoldi (1991) e verificação da estabilidade pelo método de Annicchiarico (1992). Para altura de plantas e altura de inserção de espigas houve prevalência da interação complexa e na produtividade de espigas prevalência da interação simples. Os genótipos SC 419, DKC 8053 e MRI 514 apresentaram maior estabilidade, enquanto os genótipos PAN 53, Vilankulo, Mabote e DK 777 apresentaram menor estabilidade. Dentre eles, a cultivar SC 419 foi a mais estável e produtiva, sendo recomendado para o cultivo na região.

Palavras-chave: Milho; Interação genótipo x ambiente; Estabilidade produtiva.

Abstract

The study of genotype x environment interaction and productive stability is essential for the identification of genotypes with high productivity and predictable performance in order to guarantee food security and the well-being of communities. This study aimed to evaluate the genotype x environment interaction and the yield stability of seven maize cultivars in two distinct environments in the Municipality of Vilankulo, Mozambique (UEM-ESUDER Campus and Baixa de Nhamuchiche). A randomized complete block design (RCBD) with seven treatments and four replications was used. The agronomic traits analyzed included plant height, ear insertion height, ear length, ear diameter, and ear yield. The data was analyzed using combined analysis of variance, the Scott-Knott test of means, decomposition of the genotype x environment interaction using the method of Cruz and Castoldi (1991) and verification of stability using the method of Annicchiarico (1992). A crossover interaction predominated for plant height and ear insertion height, while a non-crossover interaction was observed for ear yield. The genotypes SC 419, DKC 8053, and MRI 514 exhibited greater stability, whereas PAN 53, Vilankulo, Mabote, and DK 777 showed lower stability. Among them, SC 419 stood out as the most stable and productive cultivar, making it the recommended choice for cultivation in the region.

Keywords: Maize; Genotype x environment interaction; Productive stability.

Resumen

El estudio de la interacción genotipo x ambiente y la estabilidad productiva es esencial para identificar genotipos con alta productividad y comportamiento predecible para garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar económico de las comunidades. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la interacción genotipo × ambiente y la estabilidad productiva de siete cultivares de maíz en dos ambientes distintos del municipio de Vilankulo, Mozambique (Campus de la UEM-ESUDER y Baixa de Nhamuchiche). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables agronómicas analizadas fueron la altura de la planta, la altura de inserción de la mazorca, la longitud de la mazorca, el diámetro de la mazorca y el rendimiento de la mazorca. Los datos se analizaron mediante el análisis conjunto, la prueba de medias de Scott-Knott, la descomposición de la interacción genotipo x ambiente según el método de Cruz y Castoldi (1991) y la verificación de la estabilidad según el método de Annicchiarico (1992). Para la altura de la planta y la altura de inserción de la mazorca hubo una prevalencia de interacción compleja y para el rendimiento de la mazorca hubo una prevalencia de interacción simple. Los genotipos SC 419, DKC 8053 y MRI 514 mostraron mayor estabilidad, mientras que los genotipos PAN 53, Vilankulo, Mabote y DK 777 mostraron menor estabilidad. De ellos, el cultivar SC 419 fue el más estable y productivo y se recomienda su cultivo en la región.

Palabras clave: Maíz; Interacción genotipo x ambiente; Estabilidad productiva.

1. Introdução

O milho é a cultura agrícola de maior importância em Moçambique, ocupando aproximadamente 1/3 da área cultivada no país. É uma cultura alimentar essencial e de importância econômica, cultivada na maior parte para a subsistência, desempenhando prioridade na balança comercial e nutricional das comunidades, e a sua produção é realizada majoritariamente pelos pequenos e médios produtores (Marcos, *et al.*, 2023; Mudema, *et al.*, 2012).

Embora o milho seja a cultura mais produzida, a sua produtividade ainda é baixa no país, podendo estar a sua produtividade relacionada em 60% a fatores genéticos e 40% a fatores ambientais (Marcos, *et al.*, 2023). Os produtores de milho em Vilankulo têm enfrentado desafios significativos na sua produção ao longo das campanhas agrícolas. Entre 2020 e 2023 a produção de milho no distrito de Vilankulo registou uma redução na ordem de 34.38% (MADER, 2020; 2023). A interação genótipo x ambiente (GxA) é um dos principais fatores que afeta a produtividade, levando a alteração no ordenamento das cultivares em diferentes ambientes e dificultando a seleção de cultivares superiores.

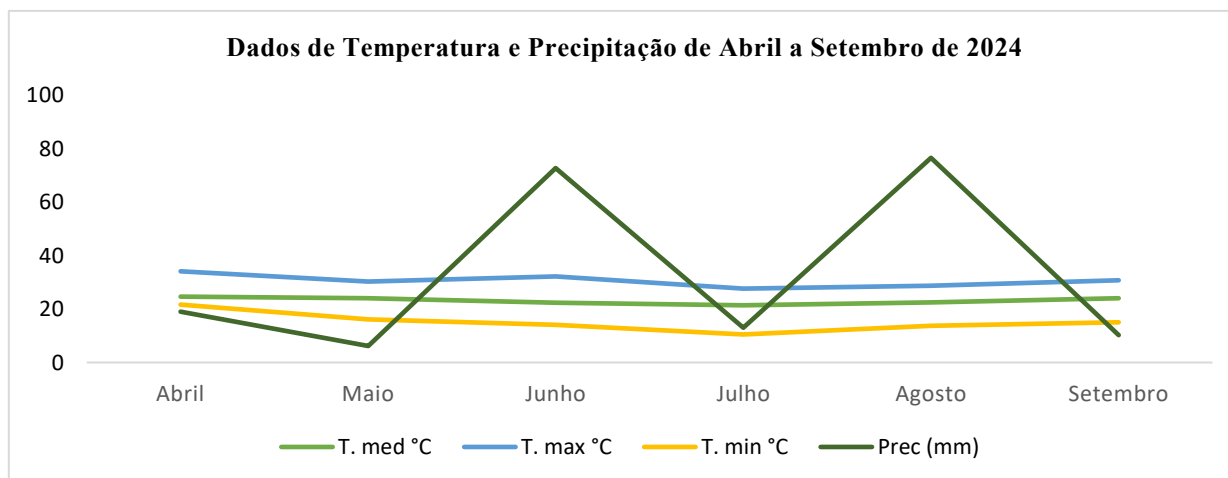
A identificação de cultivares com desempenho consistente tem sido uma estratégia bastante adotada para reduzir os efeitos da interação G x A e tornar o processo de recomendação de variedade mais confiável e seguro, assim como para a obtenção cultivares que simplifiquem a seleção de testemunhas em experimentos comparativos e a escolha de genitores para programas de melhoramento (Bratz, 2023; Teixeira & Trindade, 2021). A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a interação genótipo x ambiente e estabilidade produtiva de genótipos de milho no município de Vilankulo, Mozambique.

2. Metodologia

O estudo foi delineado como uma pesquisa experimental de campo, com abordagem quantitativa (Risemberg et al, 2026 & Pereira et al, 2018). Os experimentos foram conduzidos no ano de 2024 em dois ambientes no Município Vilankulo, nomeadamente: Campus da Universidade Eduardo Mondlane-Escola Superior de Desenvolvimento Rural (UEM-ESUDER) e Baixa de Nhamuchiche (BN), localizados nas seguintes coordenadas geográficas 21° 59' 28''S e 35° 16' 19''W, e 21° 59' 1''S e 35° 17' 41''W, respetivamente. No campus da UEM-ESUDER são característicos solos bem drenados e profundos e na Baixa de Nhamuchiche solos hidromórficos. A precipitação média anual do distrito de Vilankulo é de 936 mm com variação anual inter-significativa e temperatura média anual de 24°C (MICOA, 2012).

Os dados de temperatura e precipitação observados nos meses da condução do ensaio são ilustrados a seguir (Figura 1).

Figura 1 - Gráfico dos dados de temperatura e precipitação observados no município de Vilankulo durante a condução dos experimentos. (T. med - Temperatura média; T. max – Temperatura máxima; T. min – Temperatura mínima; Prec – Precipitação).



Fonte: Autores.

Foram avaliadas sete cultivares de milho dos quais duas cultivares de polinização aberta e cinco híbridos simples (Tabela 1).

Tabela 1 - Características dos materiais genéticos avaliados no município de Vilankulo no Campus da UEM-ESUDER e Baixa de Nhamuchiche, município de Vilankulo.

Variedades	Tipo	Ciclo	Cor da semente	Tipo de grão	Potencial (Ton/ha)
Vilankulo*	OPV	120-130	Amarela	Semi-dentado	4 a 6
Mabote**	OPV	110-125	Amarela	Duro	6 a 8
PAN 53	HS	125-140	Branca	Dentado e Duro	12
SC 419	HS	130-130	Branca	Dentado e Duro	8 a 15
DKC 80-53	HS	125-135	Branca	Dentado e Duro	12
DK 777	HS	115-120	Branca	Semi-dentado	8 a 10
MRI 514	HS	125-130	Branca	Dentado e Duro	10 a 13

OPV: Variedades de Polinização Aberta; HS: Híbrido simples; *Localmente conhecida por Maphembelete; **Localmente conhecida por Mukhambe; Ton/ha: Toneladas/hectare. Fonte: Autores

Delineamento experimental e condução do experimento

O experimento foi baseado no Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBCC), constituído de sete tratamentos e quatro repetições, totalizando 28 parcelas onde foram fixados os genótipos. A área do ensaio foi de aproximadamente 161.5 m² (17 m e 9.5 m de comprimento e largura, respetivamente), incluindo os blocos e espaços entre os blocos. Cada bloco constituído por sete parcelas e cada parcela com uma área de 4 m² e distas umas das outras à 0.5 m.

Antes da implantação dos experimentos foi realizada a preparação manual do solo. A sementeira de cada um dos genótipos foi realizada numa parcela de quatro linhas de dois metros de comprimento, o espaçamento adotado foi de 0.3 m entre plantas e 0.45 m entre as linhas totalizando 74,074 plantas/ha, onde as linhas centrais de cada parcela constituíram a área útil, onde foram coletados os dados durante a condução do experimento. A densidade de sementeira adotada foi de duas sementes por covacho conforme Resende (1989), e posteriormente, realizado o desbaste, mantendo a planta mais vigorosa.

Quanto à adubação, foi feita a adubação de fundo aplicando-se a quantidade recomendada de 200kg/ha de NPK 12:24:12, e 10 ton/ha de esterco galináceo, e a adubação de cobertura sendo realizada em duas fases com a aplicação da quantidade recomendada de 100 kg/ha de ureia 46%.

Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: altura de plantas, altura de inserção de espiga, comprimento de espigas, diâmetro de espigas e produtividade de espigas.

Análise de dados

Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos a análise de variância conjunta de acordo com o delineamento de blocos completos causalizados, de modo a verificar a significância interação GxA (Equação I). O agrupamento de médias foi realizado por meio do teste de Scott-Knott (1974) a nível de significância de 5% para as características nas quais foi verificada interação GxA significativa.

Equação I:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + \varepsilon_{ijk},$$

Onde:

Y_{ijk} = observação da característica no k-ésimo bloco, avaliada dentro do j-ésimo ambiente no i-ésimo genótipo;

μ = média geral;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo considerado fixo;

B/A_{jk} = efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente, considerado aleatório;

A_j = efeito do j-ésimo ambiente, considerado aleatório;

GA_{ij} = efeito da interação entre o i-ésimo genótipo e o j-ésimo ambiente, considerado fixo; e

ε_{ijk} = efeito do erro experimental associado à observação de ordem ijk, considerado aleatório.

Após a confirmação da interação genótipo $\times$ ambiente (G $\times$ A) por meio do teste F, procedeu-se à sua decomposição em parte simples e complexa, conforme o método proposto por Cruz & Castoldi (1991) (Equação II):

$$C = \sqrt{(1-r)^2} \sqrt{Q_1 Q_2}$$

Sendo:

C: parte complexa da interação.

Q1 e Q2: quadrados médios de genótipos nos ambientes 1 e 2

r: indica a correlação entre as médias dos genótipos avaliados nesses dois ambientes..

A análise da estabilidade das cultivares foi realizada aplicando-se o método proposto por Annicchiarico (1992) baseado no índice de confiança ω_i (Equação III).

Equação III:

$$\omega_i = \mu i - Z(1-\alpha)\sigma z_i$$

Em que ω_i é Trata-se de um índice de confiança, cujos maiores valores são atribuídos aos genótipos que apresentam maior média percentual (μi) e menor desvio (σz_i), Z é o valor associado ao nível de confiança (0.75).

No método de Annicchiarico (1992), quanto maior a estimativa de ω_i , mais estável é a cultivar, dessa forma, cultivares que exibam valores iguais ou superior a 100 são consideradas estáveis. Sendo assim, cultivares com ω_i superior a 100 não poderão possuir médias fenotípicas menores que a média geral.

As análises foram realizadas com recurso ao Software Genes.

3. Resultados e Discussão

Avaliação da Interação genótipo x ambiente

Para as características altura de plantas, altura de inserção de espigas e produtividade de espigas foi observada interação genótipo e ambiente significativa a nível de significância de 1% , e interação não significativa entre genótipos e ambientes para as características comprimento e diâmetro de espigas a nível de significância de 5%.

A significância da interação genótipo x ambiente demonstra que os genótipos têm um desempenho variável em função dos ambientes. Estas diferenças são justificadas pelas condições particulares de cada local, como diferenças de altitude, fertilidade de solo, incidência de pragas e doenças, assim como diferentes regimes hídricos (Artuzo et al, 2019). Por outro lado, a ausência da interação indica que a troca do ambiente não afeta a ordem de manifestação dos genótipos em análise e vice versa. De acordo com Khamphasan *et al.* (2020), esses efeitos podem confundir a seleção de genótipos superiores sendo necessário aumentar o número de ambientes a avaliar.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância conjunta de 7 cultivares avaliadas em 2 ambientes no município de Vilankulo.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		AP	AIE	CE	DE	PE
Blocos	6	0.0004	11.14492	3.22883	3.99868	246240.343
Genótipos	6	0.00567 ^{ns}	188.44599 ^{ns}	12.43526 ^{ns}	80.47394 ^{ns}	12378039.856*
Ambiente	1	0.17719**	1443.12711**	397.75125**	322.80004**	12355176.686**
G X A	6	0.02101**	163.88828**	6.24766 ^{ns}	21.619 ^{ns}	1632722.918**
Erro	36	0.00025	9.16964	4.73618	20.15604	466269.034
CV (%)		0.906	4.886	12.888	11.055	11.461

GxA: Interação genótipo x ambiente; GL: Graus de liberdade; AP: Altura de plantas; AIE: Altura de inserção de espigas; CE: Comprimento de espigas; DE: Diâmetro de espigas; PE: Produtividade de espigas; **, *: Significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente e ns: não significativo. Fonte: Autores.

Teste de médias

Os resultados do teste de médias demonstraram que no ambiente UEM-ESUDER a maior altura de plantas foi observada na cultivar DKC 8053 e, a menor altura foi observada na cultivar PAN 53. A cultivar Vilankulo apresentou maior altura de plantas no ambiente BN e a cultivar DK 8053 foi a que obteve menor altura no mesmo ambiente. No diz respeito a altura de inserção de espiga, as cultivares Mabote e DKC 8053 apresentaram maiores alturas de inserção de espigas no ambiente UEM-ESUDER, por outro lado as cultivares Vilankulo e SC 419 apresentaram maiores alturas de inserção de espigas no ambiente BN. Os resultados observados para a produtividade de espigas indicam que a cultivar SC 419 teve maior destaque pois foi observada maior produtividade em ambos ambientes testados, apresentando produtividade de 6811.032 kg.ha⁻¹ no ambiente UEM-ESUDER e 8082.597 kg.ha⁻¹ no ambiente BN, todavia, as cultivares Mabote e Vilankulo apresentaram menor produtividade em ambos ambientes, sendo que no ambiente UEM-ESUDER a cultivar Mabote foi menos produtiva com 2839.377 kg.ha⁻¹ e, no ambiente BN a cultivar Vilankulo foi a que apresentou menor produtividade 5146.972 kg.ha⁻¹.

Esses resultados reforçam a presença da interação genótipo ambiente indicando que a resposta das cultivares variou conforme o ambiente (Savicki, *et al.*, 2023). Alturas adequadas de plantas podem ser associadas a maior intercetação radicular, redução do acamamento, melhor translocação de assimilados entre os órgãos, por outro lado, alturas muito abaixo do potencial podem indicar restrições ao crescimento devido a práticas agrícolas e condições atmosféricas não favoráveis comprometendo o rendimento (Jafari *et al.*, 2023).

Plantas com alturas de inserção da primeira espiga elevadas tendem a aumentar a suscetibilidade da cultura ao acamamento e a quebras de colmos (Pinto, 2017).

Conforme mencionado pelo IIAM (2023), as variedades locais ou tradicionais geralmente são inferiores aos híbridos em rendimento e uniformidade, assim como constatado no presente estudo, embora possam ser mais estáveis. Os rendimentos mais altos normalmente observados em híbridos são principalmente devido aos seus genes serem expressos de forma heterozigótica, portanto, há um acúmulo de genes favoráveis dominantes (Botet & Keurentjes, 2020; Mhlanga *et al.*, 2024).

Mupangwa, *et al.*, (2020), em concordância com os resultados obtidos neste estudo constatou que o ambiente da região de baixa altitude teve melhor desempenho em relação ao da zona alta. Os autores ainda relatam que zonas baixas podem ser mais produtivas devido a fatores como maior disponibilidade hídrica, solos mais férteis e um microclima favorável.

Tabela 3 - Valores das médias de AP (cm), AIE (cm) e PE (Kg.ha) de 7 cultivares avaliadas em 2 ambientes no município de Vilankulo

Cultivares	Altura de plantas		Altura de inserção de espigas		Produtividade de espigas	
	Ambientes		Ambientes		Ambientes	
	ESUDER	BN	ESUDER	BN	ESUDER	BN
Vilankulo	1.633 Bc	1.876 Aa	52.305 Bd	77.025 Aa	3794.657 Bb	5146.972 Ac
Mabote	1.703 Bb	1.782 Ac	69.775 Aa	66.312 Ab	2839.377 Bb	5476.628 Ac
PAN 53	1.590 Bd	1.820 Ab	46.162 Be	61.900 Ab	5936.220 Aa	6063.750 Ac
SC 419	1.719 Bb	1.819 Ab	59.987 Bb	69.375 Ab	6811.032 Ba	8082.597 Aa
DKC 8053	1.783 Aa	1.722 Bd	62.687 Ab	65.350 Ab	6625.000 Aa	7365.535 Ab
DK 777	1.651 Bc	1.766 Ac	51.037 Bd	63.587 Ab	5796.500 Aa	6092.627 Ac
MRI 514	1.729 Bb	1.811 Ab	56.275 Bc	65.750 Ab	6615.750 Aa	6766.377 Ab

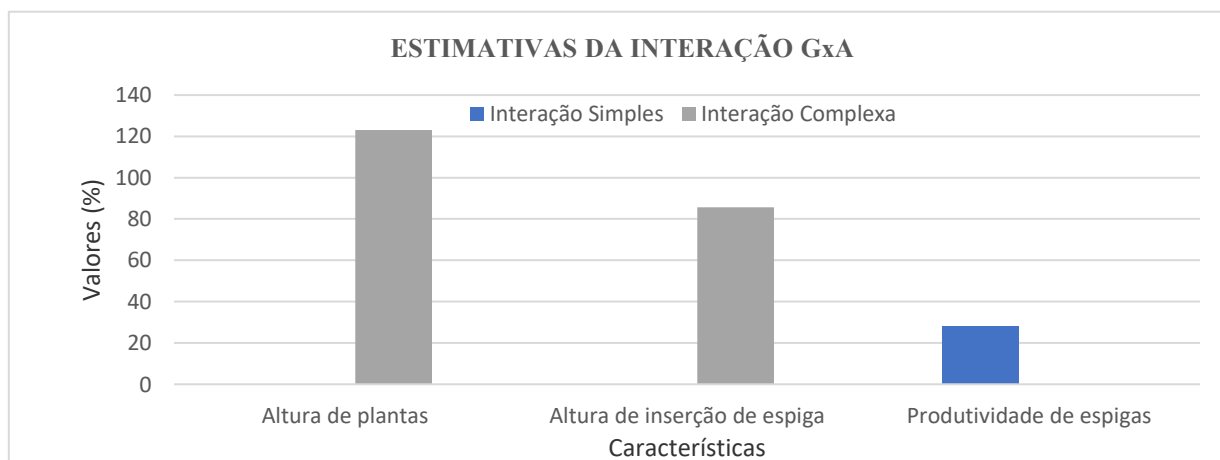
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Fonte: Autores

Decomposição da interação genótipo x ambiente

A decomposição proposta por Cruz e Castoldi (1991), classifica a interação em partes simples e complexas, onde, valores superiores a 50% da parte complexa classificam a interação como complexa, por outro lado, valores inferiores a 50% da parte complexa classificam-na como de natureza simples. Sendo assim, a partir das comparações feitas entre os dois ambientes para as três características observou-se que para a altura de plantas e altura de inserção de espigas as estimativas percentuais foram superiores a 50% (Figura 2), evidenciando uma interação do tipo complexa, o que demonstra ausência de correlação genética no desempenho dos genótipos nos dois ambientes, neste caso os genótipos considerados superiores em um ambiente, não serão necessariamente em outro (Caires, 2019). A ocorrência da interação complexa pode dificultar a seleção de variedades, pois não se pode fazer uma recomendação padronizada para a região sem prejudicar consideravelmente a produção.

Entretanto, para a produtividade de espigas as estimativas percentuais foram inferiores a 50 % (Figura 2), expressando uma interação do tipo simples. Essa situação é favorável para o trabalho dos melhoristas, pois a parte simples é devida as magnitudes das diferenças entre os genótipos, não modificando a classificação dos genótipos com o ambiente (Pour-Aboughadareh *et al.*, 2022).

Figura 2 - Gráfico da decomposição da interação G x A em parte simples e complexas para AP, AIE e PE de 7 genótipos de milho em 2 ambientes.



Fonte: Autores.

Estabilidade produtiva de cultivares

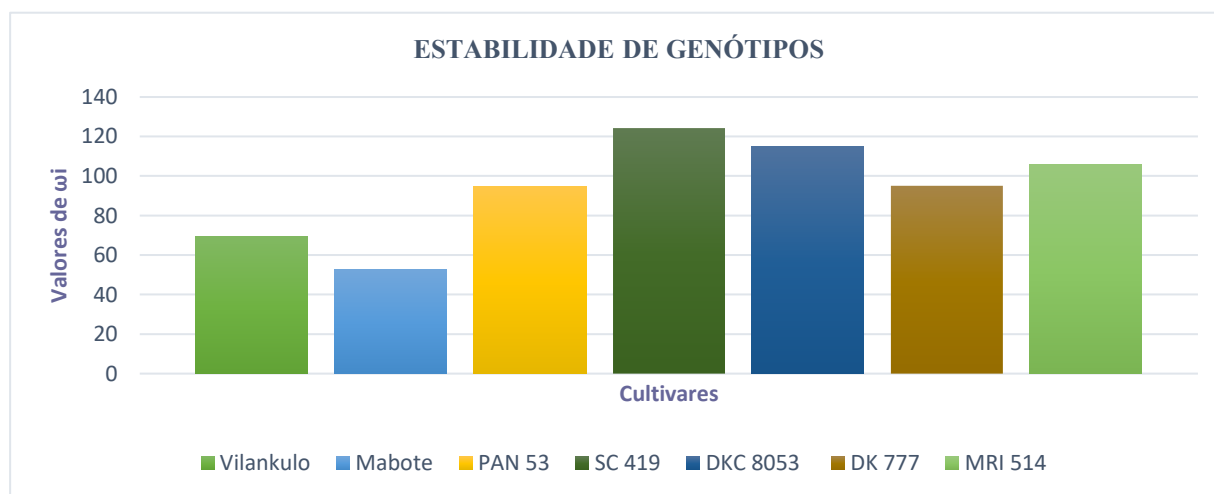
Segundo a metodologia de Annicchiarico (1992), em que a estabilidade fenotípica é mensurada pela superioridade do genótipo em função da média de cada ambiente. pelo parâmetro (ω_i), as cultivares SC 419, DKC 8053, MRI 514 apresentaram índice de confiança (ω_i) superiores que 100, o que demonstra que essas cultivares são estáveis, dos quais a cultivar SC 419 foi o mais estável. Por outro lado, a cultivar Vilankulo, Mabote e DK 777 e PAN 53 apresentaram índices de confiança menores que 100, indicando que as cultivares apresentam baixa estabilidade, em contrapartida a cultivar Mabote foi a menos estável em relação a todas as cultivares.

Os resultados constatados sugerem que a escolha da cultivar em Vilankulo não só deve considerar a produtividade média, mas também deve ter consideração a consistência no desempenho dos genótipos face às variações ambientais. Couto *et al.* (2023), avaliando 13 genótipos de milho comerciais e tradicionais em 9 ambientes constatou que a maior parte dos híbridos simples tiveram elevada estabilidade e produtividade, semelhante ao constatado no presente estudo. Apesar dos OPVs geralmente serem mais estáveis do que os híbridos, os OPVs em nosso estudo mostraram menos estabilidade em comparação com os híbridos (Mhlanga *et al.*, 2024), possivelmente devido a menor uniformidade genética, menor número de ambientes avaliados ou devido a metodologia usada para avaliar a estabilidade.

Em relação a cultivar ideal, considera-se ideal a cultivar aquele que possui elevada estabilidade e produtividade superior à média geral (Mullualem *et al.*, 2024; Silveira *et al.*, 2024). De acordo com o observado na Figura 3 e Tabela 3 a variedade SC 419 é o genótipo ideal.

Cultivares com estabilidade produtiva são previsíveis em seus resultados e expressando mínima variação quando exposta a diferentes ambientes (Cruz *et al.*, 2014). A expressão da estabilidade promove a segurança alimentar, perpetuação e avanço do cultivo do milho na região.

Figura 3 - Gráfico de estimativa da estabilidade para a produtividade de espigas.



Fonte: Autores.

4. Conclusão

Na altura de plantas e altura de inserção de espigas houve prevalência da interação complexa e na produtividade de espigas prevalência da interação simples. As cultivares SC 419, DKC 8053, MRI 514 apresentam-se estáveis nos ambientes avaliados no Município de Vilankulo, por outro lado, as cultivares Vilankulo, Mabote, DK 777 e PAN 53 foram os menos estáveis. A cultivar SC 419 foi a mais estável e produtiva para o município de Vilankulo.

Referências

- Annicchiario, P. (1992). Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. *J. Genet. & Breed*, 269-278.
- Artuzo et al, F. (2019). O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(2), 515-540. doi:10.17765/2176-9168
- Botet, R., & Keurentjes, J. (2020). The role of transcriptional regulation in hybrid vigor. *Plant Sci*, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00410
- Bratz, J. K. (2023). *Desempenho de linhagens de milho para produção de sementes em diferentes épocas de semeadura*. Dissertação de Mestrado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde - GO.
- Caires, A. M. (2019). *Interação "genótipo x ambiente" em sorgo sob a perspectiva da estratificação ambiental*. Tese de Pós-Graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.
- Cruz, C D; Castoldi, F L. (1991). Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexas. *Ceres*, 38, 422-430.
- Cruz, C. D., Regazzi, A. J., & Carneiro, P. C. (2014). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV.
- Couto, D., Oliveira, W. d., de Oliveira, J., Guilhen, J., Bernardes, C. d., Posse, S., . . . Ferreira, A. (2023). Análise do efeito da interação do genótipo e do ambiente na estabilidade da produtividade de variedades de milho; Recursos genéticos para melhoramento. *Agronomy*, 13(8). doi:10.3390/agronomy13081970
- IIAM. (2023). *Estratégias para incrementar a eficiência de seleção no melhoramento do milho*. Maputo: Instituto de Investigação Agrária de Moçambique.
- Jafari, F., Wang, B., Wang, H., & Zou, J. (2023). Breeding maize of ideal plant architecture for high-density planting tolerance through modulating shade avoidance response and beyond. (H. Liu, Ed.) *Journal of Integrative Plant Biology*, 66(5), 849-864. doi:doi.org/10.1111/jipb.13603
- Khamphan et al, P. (2020). Combinando Capacidade e Heterose para Características Agrônomicas, Concentração de Pigmentos na Casca e na Espiga de Milho. *MPDI*, 1-19. doi:https://doi.org/10.3390/agriculture10110510
- MADER, M. d. (2020). Inquérito Agrário Integrado 2020.
- MADER, M. d. (2023). *Inquérito Agrário Integrado 2023*.
- Marcos, R. A., Dutra, I. P., Da Silva, M. B., Borges, A. L., Capelini, V. A., & Dalvi, L. P. (2023). Produção e produtividade de milho em Moçambique: panorama de tecnologias de sementes. *A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições*. doi:https://dx.doi.org/10.18066/inic0102.23

- Mhlanga, B., Gama, M., Museka, R., & Thierfelder. (2024). Understanding the interactions of genotype with environment and management (G×E×M) to maize productivity in Conservation Agriculture systems of Malawi. *Plos one*, 19(4), 1-24. doi:10.1371/journal.pone.0298009
- MICOA. (2012). *Perfil ambiental e mapeamento do uso atual da terra nos distritos da zona costeira de Moçambique: Distrito de Vilankulo – Versão preliminar*. Projecto de Avaliação Ambiental Estratégica da Zona Costeira – Moçambique, Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental, Província de Inhambane. Obtido de https://biblioteca.biofund.org.mz/wp-content/uploads/2019/01/1547464069-Perfil_Vilankulo.pdf#page=8.07
- Mudema, J. A., Sitole, R. F., & Mlay, G. (2012). *Rentabilidade da cultura do milho na zona sul de Moçambique: Estudo de caso do distrito de Boane*. IIAM - Instituto de Investigação Agrária de Moçambique.
- Mullualem, D., Tsega, A., Mengie, T., Fentie, D., Kassa, Z., Fassil, A., . . . Astatkie, T. (2024). Genotype-by-environment interaction and stability analysis of grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using AMMI and GGE biplot analyses. *Heliyon*, 10(12), 1-16. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e32918.
- Mupangwa, W. C. (2020). Avaliação de algoritmos de aprendizado de máquina para prever o rendimento do milho sob agricultura de conservação na África Oriental e Meridional. *SN Appl. Sci*, 2(952). doi:<https://doi.org/10.1007/s42452-020-2711-6>
- Pereira, A. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria: Editora da UFSM.
- Pinto, J. (2017). *Adaptabilidade e estabilidade em populações de milho*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Jataí (Goiás).
- Pour-Aboughadareh, A., Khalili, M., Pocza, P., & Olivoto, T. (2022). Stability Indices to Deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) Effect: An Applicable Review for Use in Plant Breeding Programs. *Plants*, 1-24. doi:doi.org/10.3390/plants11030414
- Resende, M. D. (1989). *Seleção de Genótipos de (Zea mays L.) em solos contrastantes*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Risemberg, R., Wakin, M., & Shitsuka, R. (2026). A importância da metodologia científica no desenvolvimento de artigos científicos. *E-Acadêmica*, 7(1). doi:<https://doi.org/10.52076/eacad-v7i1.675>
- Savicki, A. D., Carvalho, I. R., Loro, M. V., Pradebon, L. C., Schmidt, A. L., Sfalcin, I. C., & Chaliil, M. A. (2023). Posicionamento de cultivares de aveia branca em diferentes ambientes para alta produtividade de grãos em sistema orgânico. *Agroecossistemas Tropicais e Subtropicais*, 26(2), 1-12.
- Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.
- Silveira, D. L., Filho, A. C., Souza, J. M., Trivisol, V., & Somavilha, F. (2024). Adaptability and stability of grain yield and maize tassel traits. *Ciencia Rural*, 54(9), 1-11. doi:10.1590/0103-8478cr20230395
- Teixeira, F. F., & Trindade, R. (2021). Recursos genéticos de milho: importância e uso no melhoramento. *Revista Ifes Ciência*, 7(3), 1-22. doi:<https://doi.org/10.36524/ric.v7i3.1488>