

Interação cultivar x ambiente e estabilidade em cultivares de milho (*Zea mays* L.) de baixo custo

Cultivar x Environment Interaction and Stability in Low-Cost Maize (*Zea mays* L.) cultivars

Interacción cultivo x ambiente y estabilidad en cultivares de maíz (*Zea mays* L.) de bajo costo

Recebido: 21/10/2023 | Revisado: 02/11/2023 | Aceitado: 04/11/2023 | Publicado: 08/11/2023

Antônio Fanuel Boa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9453-8812>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: antoniofanuell@gmail.com

Joaquim Wate

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9586-2928>
Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
E-mail: wate.jv@gmail.com

Décia Teresa Eugénio Macuácuca

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8174-6472>
Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
E-mail: deciamacuca@gmail.com

Amílcar Dina Julião Neves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3188-5337>
Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
E-mail: amilcardina@gmail.com

Celso Dos Filipos Arquina Fernandes Sozinho

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2115-2866>
Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique
E-mail: celsosozinho01@gmail.com

Resumo

Estudos da expressão gênica através da interação genótipo x ambiente e estabilidade são utilizadas por programas de melhoramento de plantas para identificar cultivares que apresentam comportamento previsível e ótimo para posterior recomendação de cultivares. No presente trabalho objetivou-se identificar cultivares de milho com crescimento e produtividade estáveis e com baixo custo de aquisição por meio da avaliação da interação cultivar x ambiente e estabilidade produtiva no município de Vilankulo, Moçambique. Foram avaliadas quatro cultivares de milho em seis ambientes compostos pela combinação de duas épocas de cultivo e três níveis de adubação nitrogenada. Os experimentos foram conduzidos nas épocas agrícolas 2019/20 e 2020, na área experimental da UEM-ESUDER. Em cada experimento utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três níveis de adubação nitrogenada. Concluiu-se que a ordem de respostas no crescimento e produtividade das cultivares altera na mudança de época e nível de adubação aplicada. A cultivar VPAL é a mais produtiva e estável para o município de Vilankulo, Moçambique.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada; Épocas de cultivo; Estabilidade produtiva.

Abstract

Gene expression studies through genotype x environment interaction and stability are used by plant breeding programs to identify cultivars that present predictable and optimal behavior for subsequent cultivar recommendation. The objective of this present study was to identify maize cultivars with stable growth and productivity and low acquisition cost through the evaluation of the cultivar x environment interaction and production stability in the municipality of Vilankulo, Mozambique. Four maize cultivars were evaluated in six environments composed of the combination of two planting seasons and three levels of nitrogen fertilization. The experiments were conducted in the 2019/20 and 2020 agricultural seasons at the experimental area of UEM-ESUDER. In each experiment, a randomized complete block design (RCBD) was used in a 4 x 3 factorial arrangement with three replications, comprising four cultivars and three levels of nitrogen fertilization. It was concluded that the order of responses in the growth and productivity of cultivars changes with the shift in planting season and applied nitrogen fertilization level. The VPAL cultivar is the most productive and stable for the municipality of Vilankulo, Mozambique.

Keywords: Nitrogen fertilization; Growing seasons; Production stability.

Resumen

Los estudios de expresión génica a través de la interacción genotipo x ambiente y estabilidad son utilizados por programas de mejoramiento de plantas para identificar variedades que presenten un comportamiento predecible y óptimo para su posterior recomendación. En el presente trabajo, el objetivo fue identificar variedades de maíz con un crecimiento y productividad estables y un bajo costo de adquisición a través de la evaluación de la interacción cultivar x ambiente y la estabilidad productiva en el municipio de Vilankulo, Mozambique. Se evaluaron cuatro variedades de maíz en seis ambientes, que resultaron de la combinación de dos épocas de cultivo y tres niveles de fertilización nitrogenada. Los experimentos se llevaron a cabo en las temporadas agrícolas 2019/20 y 2020 en la zona experimental de la UEM-ESUDER. En cada experimento se utilizó un diseño de bloques al azar (DBC) en un esquema factorial 4 x 3, con tres repeticiones, considerando cuatro variedades y tres niveles de fertilización nitrogenada. Se concluyó que el orden de respuestas en el crecimiento y la productividad de las variedades cambia con el cambio de época y nivel de fertilización aplicado. La variedad VPAL es la más productiva y estable para el municipio de Vilankulo, Mozambique. **Palabras clave:** Fertilización con nitrógeno; Épocas de cultivo; Estabilidad productiva.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma das maiores culturas agrícolas produzidas no mundo, caracterizada pelas diversas formas de utilização, desde a alimentação humana e animal, até a indústria de alta tecnologia. É uma gramínea anual, monóica, pertencente à família Poaceae (Môro & Fristsche-Neto, 2015; Grubler, 2022). Em Moçambique é a cultura agrícola de maior importância, ocupando cerca de 1/3 da área total cultivada no país, todavia a produtividade ainda é muito baixa, situando-se em aproximadamente 0.8 ton. ha⁻¹ do potencial dentre 7 e 10 ton. ha⁻¹ (Mudema et al., 2012).

A busca por cultivares superiores de baixo custo a serem utilizadas por produtores e consumidores é tarefa base do melhorista, com isto, a quantificação dos ganhos provenientes dos programas de melhoramento por meio de estudos de desempenho ao longo de vários ciclos de produção e avaliação de genótipos ajudam na seleção da cultivar ideal para uma região, o que pode promover o cultivo e otimizar a competitividade no mercado (Latheef *et al.*, 2022).

A avaliação das respostas dos genótipos em diferentes ambientes durante a seleção de indivíduos superiores, é necessário para garantir a precisão experimental, principalmente para características quantitativas (Rosado *et al.*, 2019). Por isso, diante da avaliação de um grupo de genótipos em diversos ambientes, a verificação da existência e magnitude da interação genótipos x ambientes (GxA) torna-se crucial para programas de melhoramento pois esta pode afetar a classificação dos genótipos avaliados em cada ambiente testado, caso ocorra a interação, existe a possibilidade do melhor genótipo em um ambiente não estar em outro, dificultando a seleção de genótipos superiores (Cruz et al., 2017; Lara, 2022).

A identificação de cultivares com comportamento previsível e que respondam às variações ambientais, sob condições específicas ou amplas, não é dada apenas pelo estudo da interação G x A, sendo assim, torna-se necessário a seleção de um genótipo que preserve as suas características face as oscilações ambientais por meio da análise de adaptabilidade e estabilidade (Borém *et al.*, 2021). Mediante este cenário, a presente pesquisa teve como objetivo identificar cultivares de milho com crescimento e produtividade estáveis e com baixo custo de aquisição por meio da avaliação da interação cultivar x ambiente e estabilidade produtiva no município de Vilankulo, Moçambique.

2. Metodologia

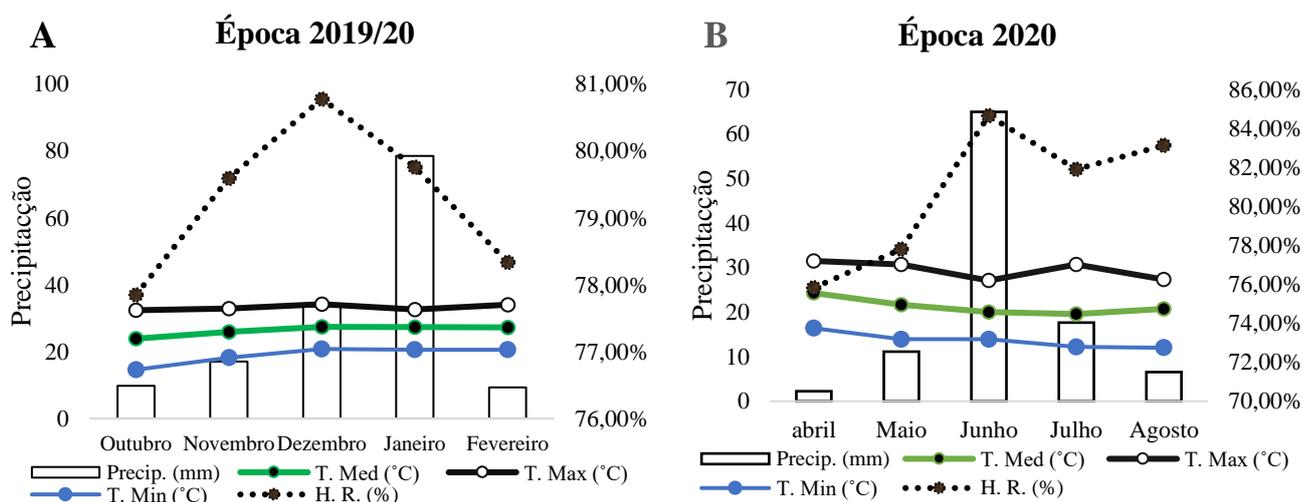
Descrição da área experimental e material genético

O experimento decorreu no campo experimental da Universidade Eduardo Mondlane- Escola Superior de Desenvolvimento Rural (UEM-ESUDER) localizado no distrito de Vilankulo, província de Inhambane, Moçambique, tendo como coordenadas geográficas 21°59'31,1''S e 35°16'16,1''E (Google Earth). O campus universitário é caracterizado por um solo de textura franco arenoso, bem drenado e profundo, com acumulação de matéria orgânica no horizonte superficial e o pH em torno de 4.93 e 5.66 (Ngungulo *et al.*, 2019). O clima do Distrito é tropical seco no interior, com duas estações: a quente ou chuvosa que vai de Outubro a Março e a fresca ou seca de Abril a Setembro com temperaturas médias ao longo do ano variando

entre os 18 °C - 33 °C (Ministério Moçambicano da Administração Estatal [MAE], 2014).

Os dados meteorológicos nas épocas agrícolas de 2019/20 e 2020, foram observados durante os meses da condução da pesquisa (Figura 1).

Figura 1 - Dados meteorológicos no município de Vilankulo durante a condução experimental. A- Dados da época 2019/20 e B- Dados da época 2020 (T- Temperatura; H.R- Humidade Relativa e Precip- Precipitação).



Fonte: Autores.

Foram avaliadas quatro cultivares das quais, uma variedade de polinização aberta local, um híbrido triplo e dois Híbrido Simples (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição das cultivares avaliadas nos experimentos conduzidos no campo experimental da UEM_ESUDER, no município de Vilankulo- Moçambique.

Cultivar	Tipo	Mat	Ciclo	Cor do gr	Tipo de gr	Rendimento (ton. ha ⁻¹)
VPAL	VPA	120 – 130	P	Am/Branca	SI	SI
PAN 53	HT	125 – 140	P	Branca	Duro	7 - 10
MRI 514	HS	120 – 125	P	Branca	Dentado	10
Matuba	HS	100 – 120	P	Branca	Duro	5- 6

HS: Híbrido simples; HT: Híbrido Triplo; VPAL: Variedade de polinização aberta local; Mat: Maturação; P: ciclo precoce; gr: grão; Am: Amarela e SI: Sem informação. Fonte: Autores.

Condução, Delineamento e avaliações experimentais

O experimento foi conduzido em duas épocas de cultivo (2019/20 e 2020) na área experimental do campus universitário da UEM-ESUDER, em cada época, foram avaliadas quatro cultivares de milho, em três níveis de adubação nitrogenada (0%; 50% e 100 %), caracterizando assim seis ambientes distintos. Para este estudo considerou-se ambiente (A) a combinação das épocas de cultivo e as doses de adubação nitrogenada (N), sendo **A1**- 2019/20_0N, **A2**- 2019/20_50N, **A3**- 2019/20_100N, **A4**- 2020_0N, **A5**- 2020_50N e **A6**- 2020_100%N.

O preparo do solo foi feito de forma manual, com os seguintes materiais: enxada, catanas e ancinhos metálicos. Para adubação de fundo, aplicou-se o esterco bovino curtido de forma homogênea, em quantidade de 10 ton.ha⁻¹. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas apresentavam 8-10 folhas completamente expandidas e/ou na fase da emissão da

panícula conforme o recomendado por Barros & Calado (2014). Foi aplicada a quantidade recomendada de 80 kg.ha⁻¹ de fertilizante ureia (46-0-0) para tratamento com 100% de N, 40 kg.ha⁻¹ para 50/50% de N, e não se aplicou nenhuma quantidade para o tratamento testemunha (0% de N).

Para implantação e condução dos experimentos nas duas épocas, utilizou-se o Delineamento em Blocos Causalizados (DBC), em esquema fatorial 4x3, com três repetições, sendo quatro cultivares e três níveis de adubação nitrogenada. Cada parcela experimental foi constituída de quatro (4) linhas com espaçamento de 0.8 m e de 0,20 m entre plantas, sendo 3,2 m de sementeira e 1 m separação entre blocos, alcançando assim uma população de 62500 plantas por hectare. As duas linhas centrais de cada parcela constituíram área útil, onde foram colhidos os dados durante a condução do experimento.

Foram avaliadas as características: altura da planta (AP), prolificidade (Prol), massa de espigas (ME), produtividade de grãos (PG) e Peso de 100 sementes (P100S), das quais a produtividade foi corrigida a umidade para 13%.

Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas pelo *software* R 4.3.1 (R Core Team, 2023). Os dados obtidos foram inicialmente submetidos a Análise de Variância conjunta (ANOVA) pelo teste F, que envolve o estudo da interação das cultivares e todos os ambientes. Para os parâmetros em que foi verificada a interação C x A, foram agrupadas e comparadas as médias pelo teste de Scott e Knott (1974), a nível de 5%. A estabilidade das cultivares foi avaliada utilizando o índice de estabilidade proposto por Olivoto, *et al.* (2019) denominado média ponderada dos escores absolutos estimados com a matriz BLUP de interação GA (WAASB, *Weighted Average of the Absolute Scores estimated with BLUP GA matrix*), para este modelo, o genótipo mais estável é aquele com o menor valor de WAASB (equação I).

Equação I:

$$WAASBi = \frac{\sum_{k=1}^p |IPCA_{ik} \times EPk|}{\sum_{k=1}^p EPk}$$

Onde: **WAASB_i**: é a média ponderada dos escores absolutos do genótipo *i* (ou ambiente);

IPCA_{ik}: é o escore do genótipo *i* (ou ambiente) no *k*-ésimo eixo de interação de componentes principais-IPCA;

EP_k: é a variância explicada pelo *k* IPCA para *k*=1,2,.., *k* *p*=1,2,..., *p*, sendo *p*=min (*g*-1; *e*-1).

Os quadrantes propostos nesta interpretação representam as quatro classificações propostas por Olivoto (2019) em relação à interpretação conjunta da produtividade e estabilidade, onde, cultivares incluídas no quadrante (I), são consideradas pouco produtivas e pouco estáveis; cultivares incluídas no quadrante (II), são consideradas produtivas, mas pouco estáveis, cultivares incluídas no quadrante (III), são consideradas estáveis, mas pouco produtivas. A cultivar (ou ambiente) considerada como ideal, seria aquela (e) que está incluído no quadrante IV (produção maior que a média geral, e WAASB menor que a média geral).

3. Resultados e Discussão

Interação Cultivar x ambiente

Foram observadas interações significativas entre as cultivares e os ambientes (C x A) na análise de variância conjunta a 5% de significância para as características de altura da planta (AP), prolificidade e produtividade de grãos (PG), e diferenças a 1% de significância para produtividade total das espigas (PE), apenas para o peso de 100 sementes (P100S) os valores da não diferiram estatisticamente (*p* <0,05) (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo das análises de variância conjunta de 4 cultivares com 6 ambientes, analisados nos experimentos conduzidos na UEM-ESUDER, em Vilankulo – Moçambique.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		AP	Prol	ME	PG	P100S
Blocos	2	0.0012	0.0420	0.0250	0.0001	0.0157
Cultivar (C)	3	0.3124***	2.3629***	2.8556***	0.00007 ^{ns}	0.6296**
Ambiente (A)	5	0.2431***	0.6657***	2.0308***	0.00006 ^{ns}	0.8626**
C x A	15	0.0487*	0.2178*	0.5997**	0.00007*	0.2595 ^{ns}
Resíduo (R)	46	0.0257	0.0989	0.2139	0.00002	0.1446
Total	71					
CV (%)		11.2	18.3	47.6	16.1	51.1

C x A= Interação cultivar e ambiente; GL= Graus de liberdade; AP= Altura da planta; Prol= Prolificidade; ME=Massa de espigas; PG = Produtividade de grãos; ***, **, * Significativo a 0,1%, 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respetivamente e ns= não significativo. Fonte: Autores.

Os testes de comparação de médias revelaram que, em geral os ambientes que constituem a segunda época (2020) de cultivo contendo adubação nitrogenada favoreceram o desenvolvimento aéreo de todas as cultivares. Para o caráter altura da planta as maiores alturas foram observadas nas variedades VPAL e PAN53, das quais a maior altura absoluta foi verificada na cultivar PAN53 no ambiente 2019/20_100N. Em relação a prolificidade as variedades VPAL, PAN53 e MRI14 apresentaram similaridade prolífera com uma média de duas espigas por planta, todavia, apenas a cultivar Matuba apresentou baixa prolificidade, tendo produzido apenas uma espiga por planta independente do ambiente avaliado (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores das médias de AP e Prol obtidas na formação de grupos provenientes do teste de Scott-Knott das 4 cultivares analisadas em 6 ambientes, analisados nos experimentos conduzidos na UEM-ESUDER, em Vilankulo – Moçambique.

Ambiente	Altura da planta (m)				Prolificidade			
	Cultivares				Cultivares			
	VPAL	PAN53	MRI514	Matuba	VPAL	PAN53	MRI514	Matuba
2019/20_0N	1,19 Ab	1,29 Ab	1,12 Ab	0,97 Ba	1,84 Aa	1,92 Aa	1,93 Aa	0,59 Ba
2019/20_50N	0,95 Ab	1,13 Ab	1,03 Ab	1,22 Aa	0,94 Bb	1,04 Bb	1,69 Aa	0,73 Ba
2019/20_100N	1,63 Aa	1,56 Aa	1,38 Aa	1,07 Ba	1,90 Aa	1,95 Aa	1,92 Aa	1,10 Ba
2020_0N	1,38 Aa	1,45 Aa	1,08 Bb	1,19 Ba	1,20 Ab	1,49 Ab	1,15 Ab	0,82 Aa
2020_50N	1,45 Aa	1,55 Aa	1,39 Aa	1,25 Aa	1,49 Aa	1,47 Ab	1,34 Ab	0,97 Aa
2020_100N	1,55 Aa	1,27 Bb	1,05 Bb	1,22 Ba	1,86 Aa	1,11 Bb	1,68 Aa	0,79 Ba

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal constituem grupo estatisticamente homogêneo, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste Scott Knot a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Comparando os ambientes das duas épocas de cultivo, houve maior rendimento de espigas e de grãos nos ambientes com adubação nitrogenada em ambas as épocas, e as maiores massas de espigas foram encontrados na época 2020, na qual o maior rendimento (4,72 ton ha⁻¹) foi encontrado na cultivar VPAL no ambiente 2020_50N, e para a produtividades de grãos as maiores foram verificadas nas cultivares VPAL (3,07 ton ha⁻¹) e PAN53 (2,95 ton ha⁻¹) ambas no ambiente 2020_100N (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores das médias de ME e PG obtidas na formação de grupos provenientes do teste de Scott-Knott das 4 cultivares analisadas em 6 ambientes, analisados nos experimentos conduzidos na UEM-ESUDER, em Vilankulo – Moçambique.

Ambiente	Massa de espigas (ton ha ⁻¹)				Produtividade de grãos (ton ha ⁻¹)			
	Cultivares				Cultivares			
	VPAL	PAN53	MRI514	Matuba	VPAL	PAN53	MRI514	Matuba
2019/20_0N	1,40 Ac	1,72 Ab	2,24 Aa	2,12 Aa	1,14 Ab	0,97 Ab	1,41 Aa	1,03 Ab
2019/20_50N	1,60 Bc	2,77 Ab	2,43 Aa	1,89 Aa	1,09 Ab	2,01 Aa	1,08 Ba	1,42 Aa
2019/20_100N	4,49 Ba	2,96 Bb	1,81 Ba	2,06 Ba	3,03 Aa	2,54 Aa	0,76 Ba	0,98 Bb
2020_0N	3,51 Ab	2,03 Bb	1,94 Ba	2,09 Ba	2,31 Aa	1,23 Bb	1,10 Ba	1,28 Aa
2020_50N	4,72 Aa	3,14 Ba	2,57 Ba	2,78 Ba	2,01 Aa	1,95 Ab	1,33 Aa	1,91 Aa
2020_100N	4,34 Aa	4,65 Aa	2,33 Ba	2,15 Ba	3,07 Aa	2,95 Aa	0,81 Ba	1,10 Bb

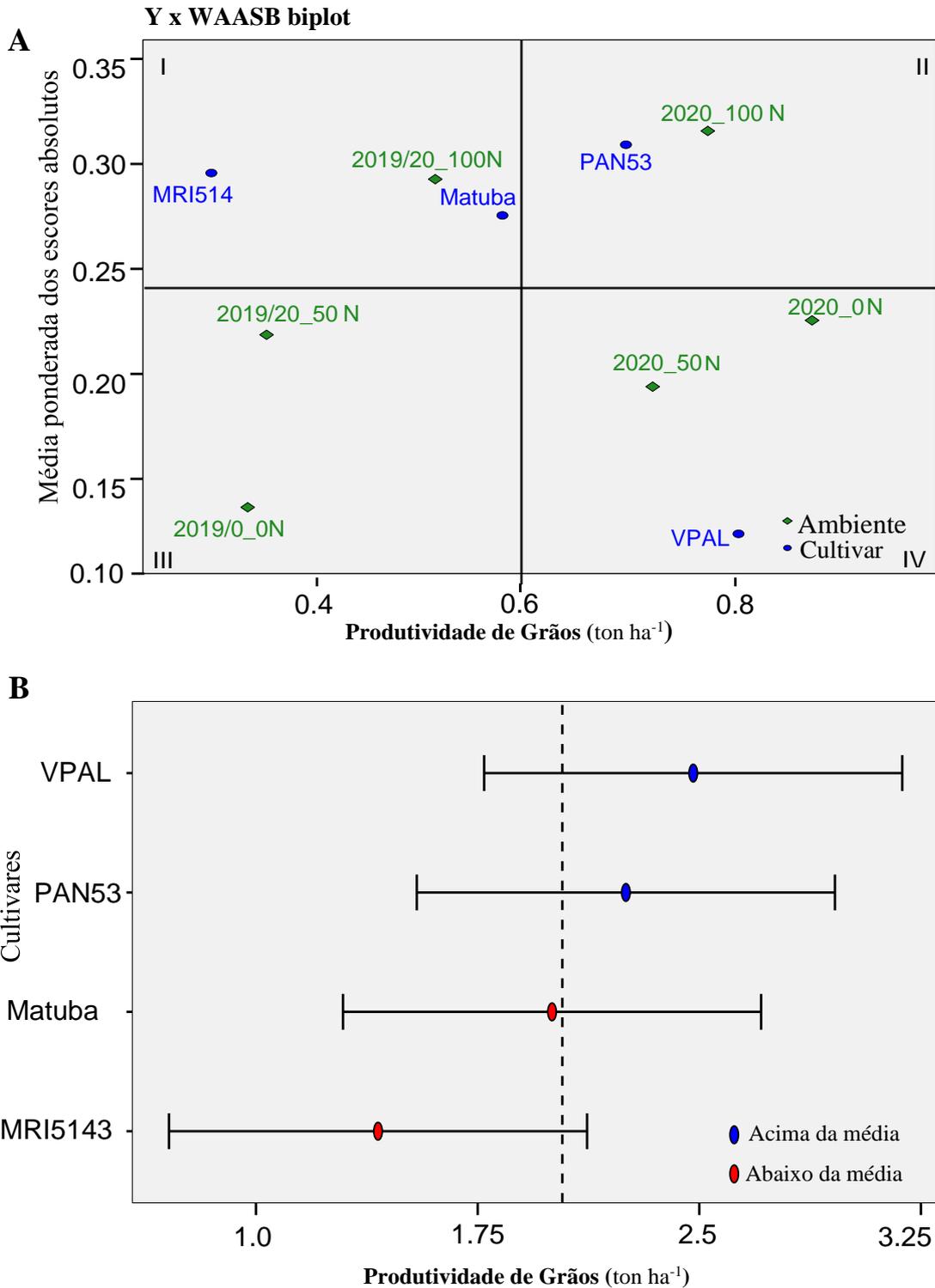
Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal constituem grupo estatisticamente homogêneo, médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste Scott Knot a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Estabilidade produtiva

Em relação a estabilidade produtiva, a cultivar VPAL mostrou-se a mais estável por apresentar produção de grãos maior que a média geral, e WAASB menor que a média geral (quadrante IV), por outro lado, verificou-se que as cultivares MRI514 e Matuba são consideradas pouco produtivas e pouco estáveis por apresentar as menores médias da produtividade de grãos, por último a análise de estabilidade produtiva revelou que a variedade PAN53 é bastante produtiva, todavia, é instável na oscilação ambiental (Figura 2A).

Os resultados apresentados através da melhor predição linear imparcial para as cultivares (Figura 2B), confirmam os dados antes referidos, em que as cultivares VPAL e PAN53 apresentaram os maiores valores de produtividade de grãos, sendo que apenas a VPAL apresentou estabilidade e produtividade de grãos concomitante.

Figura 2 - Estabilidade Produtiva de grãos para quatro cultivares avaliadas em seis ambientes no estudo, A- média ponderada dos escores absolutos pelo WAASB; B- BLUPs das produtividades preditos para as cultivares.



Discussão dos resultados

Houve interações significativas entre as cultivares e os ambientes (C x A) em todos os caracteres exceto para o peso de 100 sementes, e a cultivar VPAL mostrou-se a mais estável para produtividade de grãos.

Fatores ambientais causam diferentes influências no crescimento e rendimento, principalmente na produtividade de grãos causando respostas distintas aos diferentes genótipos face às mudanças bióticas e abióticas (Carvalho *et al.*, 2021). A

ausência de interação em relação ao P100S indica que, a mudança do ambiente não afeta a ordem de manifestação das cultivares e ao mudar a cultivar não afeta a ordem de manifestação ou influência do ambiente.

As diferentes épocas de semeadura afetaram as características altura da planta, altura da espiga e principalmente a produtividade de grãos, onde, o atraso da semeadura acarretou em grande redução da produtividade nas culturas, principalmente no milho, e as melhores épocas de semeadura verificam-se na primeira época, sendo que o atraso provocou efeitos negativos, principalmente na produtividade de grãos nos genótipos testados por Neto (2023). Com base no maior desenvolvimento verificado na altura da planta, prolificidade e rendimento de espigas e de grãos das cultivares nos ambientes da segunda época pode-se inferir que as cultivares tem maior expressão génica quando a semeadura é realizada entre os meses de fevereiro e março e que a quantidade de nitrogénio disponibilizado para planta interfere nas respostas genéticas de cada cultivar.

Avaliando a produtividade de grãos dos tratamentos (seis genótipos), analisando as correlações entre as médias de produtividade de grãos e as densidades populacionais de plantas para cada ambiente por meio do coeficiente de correlação de Pearson verificou-se em trabalhos conduzidos por Gazotto *et al.* (2020), que a safra da segunda época proporcionou o maior rendimento médio, independente da densidade populacional. Para o presente estudo houve um rendimento relativamente alto no ambiente da primeira época na VPAL quando submetido a adubação nitrogenada, isto pode estar atrelado aos mecanismos de adaptação que a cultivar contem, visto que é uma cultivar produzida localmente, todavia a eficiência de uso de nutrientes é caracterizada como a capacidade de um genótipo apresentar altas produções mesmo em solo deficiente deste nutriente, sendo um dos tipos das eficiências de uso a eficiência agrônômica, que reflete a capacidade de produção de grãos por unidade de fertilizante aplicado no solo (Ferrante *et al.*, 2017).

A produtividade de grãos é uma das características de maior importância em programas de melhoramento de milho, por isso a avaliação da estabilidade produtiva é uma das ferramentas fundamentais para seleção de genótipos potencialmente superiores (Foguesatto *et al.*, 2021; Lamêgo *et al.*, 2022). Em 26 genótipos analisados a estabilidade e o potencial de produção de grãos de genótipos de milho nos anos agrícolas de 2020 e 2021, por Santos (2023) constatou-se que a maioria dos híbridos simples foram os mais estáveis e com alta produtividade de grãos em condições de cultivo variável, todavia para a presente pesquisa os híbridos simples foram os menos responsivos em relação a produtividade de grãos face as oscilações ambientais.

A utilização direta de variedades de milho de polinização aberta (VPA) como cultivares, podem ser fontes de variabilidade genética em programas de melhoramento genético, na qual diversas instituições desenvolvem programas de melhoramento genético de diferentes variedades e híbridos visando não apenas maior rendimento, mas também características agrônômicas desejáveis (Gazotto *et al.*, 2020). A ampla variabilidade genética apresentada pelas VPA's pode explicar os resultados encontrados na presente pesquisa, ao demonstrar que a variedade de polinização aberta local é a mais estável entre as cultivares avaliadas indicando que a diversidade genética ajuda a preservar a produtividade de grãos face a alterações ambientais. Este grupo de variedades é o mais cultivado por pequenos agricultores (Bettio *et al.*, 2017).

4. Conclusão

A ordem de respostas no crescimento e na produtividade das cultivares altera na mudança de época e nível de adubação aplicada. A VPAL é a cultivar mais produtiva e estável para o município de Vilankulo, Moçambique.

Sugere-se que mais trabalhos de pesquisa ligados ao melhoramento de plantas sejam realizados para mais cultivares, ampliando a gama de locais e ambientes, com vista identificar cultivares adaptas e estáveis para o município de Vilankulo, Moçambique.

Agradecimentos

Aos caríssimos Fanuel António Boa e Argentina Francisco Zimila pela perseverança na educação e formação e a Escola

Superior de Desenvolvimento Rural da UEM por fornecer recursos que possibilitaram a materialização da pesquisa, e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e sucesso deste artigo.

Referências

- Barros, J. F., & Calado, J. G. (2014). *A cultura do milho*. [Texto de apoio]. Repositório digital da Universidade Évora. <http://hdl.handle.net/10174/10804>
- Bettio, C. S., Ganascini, D., Wunsh, C. A., Renosto, L., Maggi, M. F., & Gurgacz, F. (2017). Produtividade do milho (*Zea mays* L.) com diferentes arranjos populacionais em linhas simples e duplas. *Acta Iguazu*, 6(3), 44-51.
- Borém, A., Miranda, G. V., & Fritsche-Neto, R. (2021). *Melhoramento de plantas*. (8a ed.). Oficina de Textos, 384p.
- Cruz, CD, Rodrigues, HS, Rosado, RDS, & Bhering, LL (2017) Biometria aplicado ao melhoramento genético. In: Silva, F., Borém, A., Sedyama, T., & Ludke, W. (Eds.) Melhoramento da Soja. Viçosa, MG: Editora UFV, pág. 249-287.
- Da Costa Gazotto, L. A., Charnai, K., de Fátima Santos, L., Carvalho, M. N., & Moro, G. V. (2020). Correlation between grain yield in maize plant densities. *Científica*, 48(3), 226-231.
- Ferrante, A., Nocito, F. F., Morgutti, S., & Sacchi, G. A. (2017). Plant breeding for improving nutrient uptake and utilization efficiency. *Advances in research on fertilization management of vegetable crops*, 221-246.
- Foguesatto, M. V. U., Carvalho, I. R., Hutra, D. J., Loro, M. V., Moura, N. B., & Bubans, V. E. (2021). Associações das características de importância agrônômica em linhagens da soja. *Salão do Conhecimento*, 7(7).
- Fritsche-Neto, R., & Mõro, G. V. (2015). Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. *Visão agrícola*, (13), 12-15.
- Grubler, E. (2022). *Melhoramento genético do milho*. [Monografia de bacharel em agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul]. Repositório digital UFFS. <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/5564>
- Lamêgo, D. L., Pereira, J. L., da Silva, S. P., da Silva Figueiredo, J., Fuly, L. M. C., Gomes, L. P., ... & do Amaral Júnior, A. T. (2022). Compreensão da expressão gênica de características de interesse à adaptação de genótipos de milho-pipoca à seca via dialelo parcial. In *Congresso Fluminense de Pós-Graduação-CONPG*.
- LARA, L. P. (2022). Interação entre genótipos de sorgo biomassa e ambientes de cultivo no estado de Mato Grosso. [Dissertação de mestrado no curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de plantas, Universidade Do Estado De Mato Grosso]. Repositório Institucional UNEMAT. http://portal.unemat.br/media/files/DissertacaoFinal_LizandraPaesanoLara_Publicada_UNEMAT_1.pdf
- Latheef, A., Pugalandhi, L., Rani, A., Jeyakumar, P., Kumar, M., & Devi, M. (2022). Genetic Analysis of Mango (*Mangifera indica*. L) Genotypes for Year-round Flowering and Yield Characters. *Madras Agricultural Journal*, 109 (march (1-3)), 1.
- Ministério Administração Estatal (MAE). (2014) – Perfil do Distrito de Vilankulo. Maputo. Disponível em <https://pdfslide.tips/documents/perfil-do-distrito-de-vilankulo-provincia-de-maefpgovmzwp-content/uploads/201704.html?page=1>. Acesso a 02 de Setembro de 2023.
- Mudema, J., Sitole, R., & Mlay, G. (2012). Rentabilidade da cultura do milho na zona sul de Moçambique: Estudo de caso do distrito de Boane. *Relatório Preliminar de Pesquisa*, (3P).
- Neto, E. R. (2023). *Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de milho e sorgo em condições de segunda safra em balsas-maranhão*. [Dissertação de mestrado em agronomia, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Institucional UNESP. <http://hdl.handle.net/11449/244056>
- Ngungulo, I. D.; Vine P. N.; Chutumia, C. B.; Maite, C. J.; Manjate, F. A.; & Remane, F. E. O.; (2019). Características dos solos nos campos experimentais da UEM-ESUDER, Vilankulo, Moçambique. 38p. Disponível em: https://www.academia.edu/40669260/Solos_da_UEM_ESUDER_Vilankulo_Moçambique. Acesso a 12 de Setembro de 2023.
- Olivoto, T., Lúcio, A. D., da Silva, J. A., Marchioro, V. S., de Souza, V. Q., & Jost, E. (2019). Mean performance and stability in multi-environment trials I: combining features of AMMI and BLUP techniques. *Agronomy Journal*, 111(6), 2949-2960.
- R Core Team (2023). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rosado, R. D. S., Rosado, T. B., Cruz, C. D., Ferraz, A. G., & Laviola, B. G. (2019). Genetic parameters and simultaneous selection for adaptability and stability of macaw palm. *Scientia Horticulturae*, 248, 291-296.
- Santos, A. D. M. (2023). *Estabilidade produtiva de genótipos de milho no alto sertão sergipano*. [Monografia de bacharel em engenharia agrônômica da Universidade Federal de Sergipe]. Repositório Institucional UFS. <https://ri.ufs.br/jsui/handle/riufs/17599>
- Scott, A. J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 507-512.