



**Universidade Federal de Sergipe**  
**Campus do Sertão**  
**Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão**



DARLITON ALEX SILVA FEITOSA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, HETEROSE E HETEROBELTIOSE DE  
VARIEDADES E HÍBRIDOS INTERVARIETAIS DE MILHO EM CONDIÇÕES  
IRRIGADAS E DE SEQUEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

abril de 23



DARLITON ALEX SILVA FEITOSA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, HETEROSE E HETEROBELTIOSE DE  
VARIEDADES E HÍBRIDOS INTERVARIETAIS DE MILHO EM CONDIÇÕES  
IRRIGADAS E DE SEQUEIRO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Agrônômica da Universidade Federal  
de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do  
título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

abril de 23



DARLITON ALEX SILVA FEITOSA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, HETEROSE E HETEROBELTIOSE DE  
VARIEDADES E HÍBRIDOS INTERVARIETAIS DE MILHO EM CONDIÇÕES  
IRRIGADAS E DE SEQUEIRO**

Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 05/05/2023

Banca examinadora:

---

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Doutor  
Universidade Federal de Sergipe

---

José Jairo Florentino Cordeiro Junior, Doutor  
Universidade Federal de Sergipe

---

Jacilene Francisca Souza Santos, Eng. Agrônoma  
Universidade Federal de Sergipe

---

Jadson dos Santos Teixeira, Mestre  
Universidade Federal de Sergipe - Campus Sertão

## Índice

Resumo	7
Abstract	8
<b>1. Introdução</b>	<b>9</b>
<b>2. Material e Métodos</b>	<b>10</b>
2.1 Material genético	10
2.2 Local e clima	12
2.3 Condução e avaliação experimental	13
2.4 Análises estatísticas	14
<b>3. Resultados e Discussão</b>	<b>15</b>
3.1 Análise de variância multivariada	15
3.2 Análise do desempenho agronômico	16
3.3 Heterose e heterobeltiose	20
3.4 Estabilidade média e ranqueamento	23
<b>4. Conclusões</b>	<b>26</b>
<b>5. Referências Bibliográficas</b>	<b>26</b>
<b>6. Agradecimentos</b>	<b>30</b>

# DESEMPENHO AGRONÔMICO, HETEROSE E HETEROBELTIOSE DE VARIEDADES E HÍBRIDOS INTERVARIETAIS DE MILHO EM CONDIÇÕES IRRIGADAS E DE SEQUEIRO

FEITOSA, Darliton Alex Silva <sup>1</sup>, OLIVEIRA, Gustavo Hugo Ferreira de <sup>2</sup>, CORDEIRO JUNIOR, José Jairo Florentino <sup>2</sup>, SANTOS, Barbara Nascimento <sup>1</sup>, OLIVEIRA, Jessica dos Santos <sup>1</sup>, FERREIRA, Kelvin Paixão Farias <sup>1</sup>, SILVA, Ronivaldo de Jesus <sup>1</sup>, SANTOS, Jacilene Francisca Souza <sup>3</sup>.

**Periódico submetido (Archives of Agronomy and Soil Science)**

## Resumo

Devido a importância do milho no comércio e alimentação animal da região-alvo, a criação de cultivares torna-se prioritária para a sustentabilidade dos sertanejos. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico, heterose e heterobelitiose de variedades de milho e seus intervarietais sob irrigação e sequeiro. Foram cruzadas por método dialélico, 10 variedades de milho, onde obteve-se 45 híbridos intervarietais (HI), para avaliá-los com 5 testemunhas. O experimento foi conduzido em dois ambientes, irrigado e em condições de sequeiro. Avaliou-se a altura de planta e de espiga, e produtividade de grãos. Utilizou-se o modelo GTbiplot, a heterose e heterobelitiose para selecionar variedades potenciais para geração de intervarietais. Na manova foi possível observar que há variabilidade. A heterose e heterobelitiose destacaram HI nos dois ambientes, dentre eles os H1, H13, H16, H32, H35, H5, H8 e H9, que apresentaram heterose positiva em ambos. Nos GTbiplots, os HI apresentaram valores positivos nos dois ensaios foram: H10, H13, H14, H16, H17, H19, H21, H26, H32 e H35, destacando-se o H16, H17 e H21. E evidenciaram potenciais genitores (P2, P9 e P3). Conclui-se que, os intervarietais F1(P1xP2), F1(P2xP6), F1(P2xP9), F1(P5xP7), F1(P5xP10), F1(P1xP5), F1(P1xP6), F1(P1xP9) e F1(P1xP10), apresentaram heterose positiva nos dois experimentos, junto aos parentais P2, P3 e P9, que mostraram-se potenciais genitores para criação de população-base para o semiárido, e os P2, P5, P9 e P10, que apresentaram bons desempenhos em sua prole em ambos os experimentos, mesmo cruzando-os com o genitor menos produtivo (P1).

**Palavras-chave:** GTbiplot; Melhoramento genético; Semiárido.

1 Graduando(a) em engenharia agrônômica do Departamento de Graduação de Agronomia, Campus do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Sergipe. E-mail: [darliton.alex2@gmail.com](mailto:darliton.alex2@gmail.com); [barbaranascimento2804@gmail.com](mailto:barbaranascimento2804@gmail.com); [jessica1992.oliveira@gmail.com](mailto:jessica1992.oliveira@gmail.com); [kelvin.paixao2000@gmail.com](mailto:kelvin.paixao2000@gmail.com); [ronivaldosilva11081999@gmail.com](mailto:ronivaldosilva11081999@gmail.com);

2 Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão, Campus do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, Sergipe. E-mail: [gustavooliveira@academico.ufs.br](mailto:gustavooliveira@academico.ufs.br); [jairofcordeiro@academico.ufs.br](mailto:jairofcordeiro@academico.ufs.br).

3 Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão, Sergipe. E-mail: [jacilenesantos\\_14@hotmail.com](mailto:jacilenesantos_14@hotmail.com).

## **Abstract**

### **MULTIVARIATE APPROACH TO AGRONOMIC PERFORMANCE, HETEROSIS AND HETEROBELTIOSIS OF CORN VARIETIES AND INTERVARIETAL HYBRIDS IN IRRIGATED AND DRY SEASON CONDITIONS**

Due to the importance of corn in trade and animal feed in the target region, the creation of cultivars becomes a priority for the sustainability of the sertanejos. Therefore, the objective was to evaluate the agronomic performance, heterosis and heterobelthiosis of maize varieties and their intervarietals under irrigation and dryland. 10 maize varieties were crossed using the diallel method, from which 45 intervarietal hybrids (HI) were obtained, to be evaluated with 5 controls. The experiment was treated in two environments, irrigated and in rainfed conditions. accommodated plant and ear height, and grain yield. The GTbiplot model, heterosis and heterobelthiosis were used to select potential varieties for intervarietal generation. In the manova it was possible to observe that there is variability. Heterosis and heterobelthiosis highlighted HI in both environments, including H1, H13, H16, H32, H35, H5, H8 and H9, which showed positive heterosis in both. In the GTbiplots, the HI showed positive values in the two tests: H10, H13, H14, H16, H17, H19, H21, H26, H32 and H35, highlighting H16, H17 and H21. And they potentially highlighted the parents (P2, P9 and P3). It is concluded that the intervarietals F1(P1xP2), F1(P2xP6), F1(P2xP9), F1(P5xP7), F1(P5xP10), F1(P1xP5), F1(P1xP6), F1(P1xP9) and F1(P1xP10) . offspring in both experiments, even crossing them with the less productive parent (P1).

**Keywords:** GTbiplot; Open pollinated variety; Genetical enhancement; Semi-arid.

## 1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal extremamente importante para a economia nacional e internacional, e uma das culturas que tem mais área plantada em todo o mundo, chegando a terceira posição do ranking mundial (SILVA, 2019). Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que a produção nacional dos últimos cinco anos (2018 – 2022) atingiu uma média de 78.552.163,2 toneladas de milho, apenas na segunda safra. O Nordeste, por sua vez, com os avanços das tecnologias de plantio e utilização de híbridos aptos para o clima, conseguiu contribuir com a média de 2.624.990,4 toneladas, referente também à segunda safra dos últimos cinco anos. Mesmo com essas estratégias, a região semiárida ainda apresenta limitações na capacidade produtiva devido às altas temperaturas, as chuvas escassas e mal distribuídas e os longos períodos de estiagem (SILVA, 2019).

O estado de Sergipe com uma média de 713.156,8 toneladas, conseguiu, no ano agrícola de 2022, mesmo sendo o menor estado do Nordeste, e com maior parte dos principais produtores de milho situados na zona semiárida do estado, produzir 749.153 toneladas, destacando-se cada vez mais com suas taxas de produtividade (PRADO, et al., 2023). Atualmente ultrapassa a maior parte dos estados nordestinos com produtividade de 4,6 t/ha, perdendo apenas para o Piauí, com 4,7 t/ha (IBGE 2023). Isso só foi possível devido, dentre outros motivos, ao aumento do uso de tecnologias que vêm se mostrando cada vez mais eficientes no mercado, como a elaboração e utilização de cultivares híbridas tolerantes ao déficit hídrico e de múltipla aptidão (SILVA NETO, 2021).

No entanto, para a agricultura de médio e pequeno porte ainda se tem um gargalo com relação a tecnologia de cultivo e a demanda por cultivares que atendam essa classe de produtores no semiárido (SILVEIRA et al., 2021). A soberania alimentar é uma das ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil) estabelecidas pelas nações unidas e no tocante da soberania alimentar da população sertaneja (ONU, 2023), seja no aumento da renda do produtor ou nos recursos forrageiros, o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas a essas condições, como uma grande oportunidade de aumentar o rendimento produtivo do médio e pequeno produtor sertanejo, ajudando a atingir os objetivos da ONU (Organização das Nações Unidas) com as ODS 1 (Erradicação da Pobreza), ODS 2 (Fome zero e Agricultura Sustentável), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) e ODS 10 (Redução das Desigualdades).

Os cruzamentos dialélicos na cultura do milho são frequentemente utilizados por melhoristas, para seleção de genitores promissores no desenvolvimento de novas variedades, podendo identificá-los pela capacidade de combinação (REZENDE, 2020). Assim, com utilização de variedades de polinização aberta (VPA) para o desenvolvimento de híbridos intervarietais pelo cruzamento dialélico, visa o aproveitamento do vigor híbrido, onde espera-se, com a utilização de grupos heteróticos distintos um aumento da heterose (SOUZA FILHO, 2021). Uma vez que as VPAs apresentam uma melhor viabilidade no custo de aquisição de sementes, tornando-se muito importante para o desenvolvimento de novas variedades acessíveis para o público-alvo.

Para o sucesso com a seleção de genótipos potenciais para o desenvolvimento de novas cultivares de milho, é necessário ferramentas de avaliações mais acuradas e validadas quanto ao poder de observação de desempenho na experimentação agrícola. Dentre essas ferramentas, encontra-se a análise multivariada, que além de trazer uma seleção minuciosa e mais detalhada, possibilita também o estudo do comportamento genotípico por meio de variáveis latentes que explicam a maior parte da variação fenotípica observada (SILVEIRA et al, 2021). Tornando mais acessível a visualização dos genótipos com as características desejáveis.

Além da análise multivariada, outro indicador de seleção fidedigna em cruzamentos intervarietais é a heterose, que possibilita averiguar a complementariedade das variedades em cruzamentos com potencial para geração de novas variedades para as condições de cultivo (SILVA, 2019). Nesse contexto, pode-se captar tendência de segregação transgressiva com a utilização da heterobeltiose, capitalizando maior probabilidade de seleção de bons genitores.

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o desempenho agronômico, heterose e heterobeltiose de variedades de milho e seus híbridos intervarietais em condições irrigadas e de sequeiro por meio de análise multivariada.

## **2. Material e Métodos**

### **2.1 Material genético**

No ano de 2021, implantou-se um campo de polinização para realizar o cruzamento entre 10 variedades de milho utilizando o método 2, modelo 1 de Griffing (1956), em que se obteve 45 híbridos intervarietais sem recíprocos (Tabela 1). Para os cruzamentos foram utilizadas 2 linhas de machos e 4 linhas de fêmeas, ambas com 4 m de comprimento, com espaçamento de 0,2 m

entre plantas e 0,8 m entre linhas para facilitar a movimentação entre as parcelas no processo de polinização manual.

**Tabela 1.** Características das 10 cultivares parentais utilizadas em cruzamentos dialélicos em Nossa Senhora da Glória.

VP	CARACTERÍSTICAS					
	CL	Ciclo	Mantenedor	Porte	Grão	Vantagens
P1	HC	Precoce	IAC	240 – 260 cm	Semidentado	Boa tolerância as ferrugens, pinta branca, mancha de turcicum e cercosporiose.
P5	HC	Precoce	IAC	205 – 230 cm	Semidentado	Resistente a fusariose – R, P. sorghi-MR, moderadamente resistente a doenças do colmo.
P2	VPA	Precoce	IAC	-	Semidentado	-
P3	HE	-	GNZ	-	-	-
P4	HE	-	GNZ	-	-	-
P8	HE	-	GNZ	-	-	-
P6	HT	Precoce	KWS	240 – 260 cm	Semiduro	Tecnologia VIP3, resistente ao Glifosato, tolerância ao complexo de enfezamento (cigarrinha).
P7	HT	Normal	KWS	240 – 260 cm	Semiduro	Proteção contra Pragas: Spodoptera eridania; Elasmopalpus lignosellus;
P9	HT	Precoce	KWS	230 – 240 cm	Semiduro	Diatraea saccharalis; Helicoverpa zea;
P10	HT	Precoce	KWS	240 – 260 cm	Semiduro	Agrotis psilon; Spodoptera frugiperda; Pseudaletia sequax. Resistente ao Glifosato.

VP = Varietal Parental; HC = Híbrido Comercial; VPA = Variedade de Polinização Aberta; HE = Híbrido Experimental; HT = Híbrido Transgênico; IAC = Instituto Agrônômico; GNZ = Geneze Sementes; KWS = KWS Sementes.

Por ocasião do plantio em campo de polinização, as linhas de macho foram plantadas em duas épocas, com 5 dias de diferença entre cada época, a fim de aumentar a coincidência do florescimento masculino e feminino entre as linhas. Antes da polinização, as espigas foram protegidas antes da emissão do estilo estigma para evitar contato com o pólen, os pendões das linhas de macho foram protegidos com sacos de papel e após 24 horas as espigas das linhas de fêmeas foram polinizadas. Durante o processo de colheita, todas as espigas polinizadas foram colhidas separadamente, identificadas e após debulhadas, para identificá-las, foi feito o acompanhamento das etiquetas de identificação presentes nas linhas dos pais. As sementes referentes a um mesmo cruzamento foram acondicionadas em câmara fria para as avaliações posteriores.

## 2.2 Local e clima

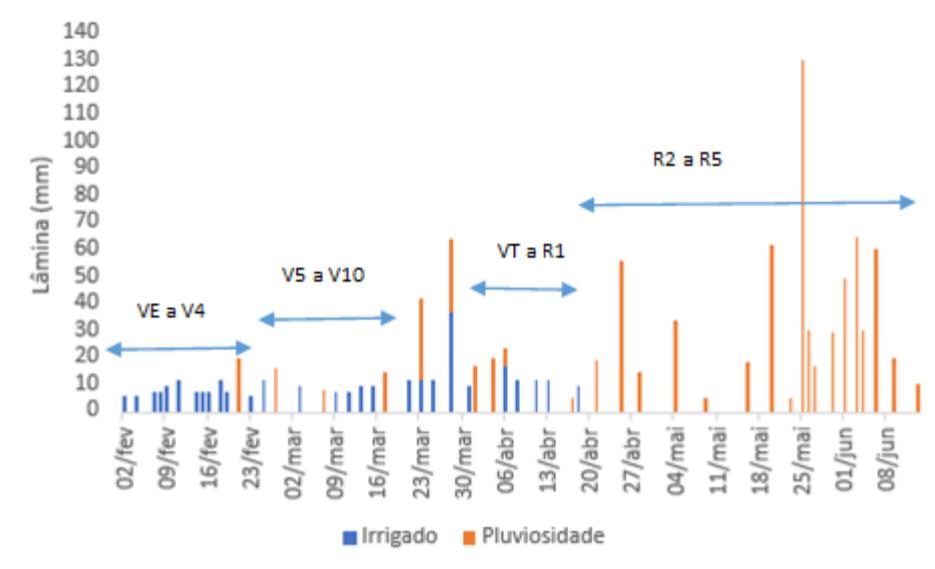
O experimento foi conduzido em dois locais do estado de Sergipe. O primeiro ensaio (irrigado) foi conduzido na área experimental da estação de tratamento de águas residuárias do município de Nossa Senhora das Dores (NSD) e o segundo ensaio (sequeiro), na fazenda experimental da Embrapa Semiárido localizada no município de Nossa Senhora da Glória (NSG) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Dados edafoclimáticos dos municípios de Nossa Senhora da Glória e Nossa Senhora das Dores (ALVARES, 2013).

Informações	Variáveis ambientais	
Cidade	Nossa Senhora das Dores -SE	Nossa Senhora da Glória- SE
Experimento	Irrigado	Cruzamentos e Sequeiro
Latitude	10°12'48.44" S	10°29'27" S
Longitude	37°11'34" W	37°19'1.68" O
Altitude	200 m	291 m

Clima	Quente e Úmido	Quente e Seco
Pluviosidade Média	1000 mm/a	700 mm/a
Classificação	As	As

Os experimentos foram conduzidos no ano de 2022, sendo o ensaio NSD no período de fevereiro a junho e o ensaio NSG no período de junho a novembro. O ensaio em NSD foi conduzido sob irrigação por gotejamento, por meio de fitas gotejadoras, utilizando água residuária da estação de tratamento. Com os dados pluviométricos coletados na área com auxílio de um pluviômetro, utilizou-se irrigação suplementar nos dias de ausência de chuvas para manter os níveis de necessidade hídrica da planta, como apresentado na figura 1. O ensaio NSG foi conduzido na época de sequeiro, caracterizando-se sem suplementação de água durante o ciclo produtivo da cultura.



**Figura 1.** Distribuição da lâmina de água no experimento irrigado na cidade de Nossa Senhora das Dores.

O preparo do solo ocorreu de forma convencional, utilizando grade aradora e niveladora para os dois ensaios. A adubação de fósforo e potássio em fundação foi baseada na análise química e de fertilidade do solo (500kg/ha (10-30-00) para a área dos cruzamentos, 571,4 kg/ha (6-24-12) para o plantio irrigado e 285,7 kg/ha (6-24-12) em sequeiro.) e a adubação com nitrogênio foi realizada utilizando 40 kg/ha de N em fundação e 100 kg/ha de N em cobertura, adicionada entre os estádios V4 e V6 para os ensaios.

### 2.3 Condução e avaliação experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com 60 tratamentos, equivalente aos 45 híbridos intervarietais, 10 genitores e 5 testemunhas, utilizando 2 repetições, totalizando 120 parcelas em cada ensaio. As parcelas experimentais foram constituídas de duas linhas, ambas com 4 m de comprimento espaçadas em 0,2 m entre plantas e 0,7 m entre linhas, totalizando um estande de 40 plantas por parcela e densidade populacional de 71428 plantas por hectare.

Avaliou-se a altura de planta (AP) e altura da espiga (AE) em metros, após a parcela atingir 50 % do florescimento masculino. Foi utilizado um campo amostral de cinco plantas aleatórias da parcela e medidas do chão até a base do pendão para AP e do chão até a inserção da espiga principal com o colmo, para avaliação da AE. A produção de grãos foi avaliada após a colheita, secagem e debulha das espigas com a respectiva aferição da umidade. A produtividade de grãos em quilogramas por hectare (PG) foi estimada pelo método de Zuber e ajustada a 13 % de umidade (Zuber, 1942; SCHILMILDT et al., 2001).

### 2.4 Análises estatísticas

Utilizou-se a análise de variância multivariada (MANOVA) com modelo de blocos casualizados para aferir sobre as diferenças entre os materiais e análise de boxplot para avaliação da distribuição das médias dos genótipos em cada ensaio avaliado. Por ocasião da análise, para estudo aprofundado das diferentes classes estudadas por esse trabalho, considerou-se o banco de dados completos das variedades parentais (VP), híbridos intervarietais (HI) e testemunhas comerciais (TC), o banco de dados apenas com os HI e banco de dados somente com as VP.

A heterose foi estimada para todas as variedades em combinações híbridas, para determinar a superioridade do híbrido intervarietal sobre a média das variedades parentais e a complementaridade dos cruzamentos para geração de novas populações com potencial de cultivo ou uso como população base em programa de melhoramento. Foi expressa em porcentagem por meio da expressão 1.

$$HV = \frac{F1-MVP}{MVP} X 100 \quad \text{Exp. 1}$$

Onde, HV determina a heterose estimada a partir do cruzamento entre duas variedades, F1 é a média do híbrido intervarietal e MVP é a média das duas variedades parentais envolvidas no cruzamento.

A heterobeltiose, que determina a superioridade do híbrido intervarietal sobre a melhor variedade parental, também foi estimada. Foi expressa em porcentagem por meio da expressão 2.

$$HBV = \frac{F1-MVPS}{MVPS} \times 100 \quad \text{Exp. 2}$$

Onde HBV é a heterobeltiose que representa a superioridade de um híbrido intervarietal sobre a melhor variedade parental, F1 é a média do híbrido intervarietal e MVPS é a média da variedade superior entre os dois pais do cruzamento. As fórmulas da heterose e da heterobeltiose são adaptações realizadas a partir das expressões descritas por Matzinger et al. (1962).

Para a seleção de genótipos de forma multivariada, utilizou-se o modelo de componentes principais estudados por um GTbiplot disponível no pacote metan (OLIVOTO & LUCIO, 2020). Todas as análises foram realizadas com o software R (R CORE, 2018), por meio do Rstudio.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Análise de variância multivariada

A tabela 3 apresenta a análise de variância multivariada para AP, AE e PG. Observa-se variabilidade entre os genótipos avaliados (manova GERAL). Possivelmente essa variabilidade é proveniente das diferenças existentes entre os genitores e as testemunhas (manova VP), uma vez que não foram observadas diferenças entre os híbridos intervarietais (manova HI). Resultado importante para prática da seleção entre as variedades parentais avaliadas.

**Tabela 3.** Resumo das análises de variância multivariada (MANOVA) desenvolvidas para todos os tratamentos (GERAL), híbridos intervarietais (HI) e variedades parentais (VP), considerando AE, AP e PG dos tratamentos avaliados em condições irrigadas e de sequeiro.

GERAL	GL	PILLAI (Irigado)	PILLAI (Sequeiro)
Genótipos	59	1,70*	1,91***
Repetição	1	0,06	0,31***
Resíduo	59		

<b>HI</b>	<b>GL</b>	<b>PILLAI (Irrigado)</b>	<b>PILLAI (Sequeiro)</b>
Genótipos	44	1,67	1,81
Repetição	1	0,03	0,36
Resíduo	44		

<b>VP</b>	<b>GL</b>	<b>PILLAI (Irrigado)</b>	<b>PILLAI (Sequeiro)</b>
Genótipos	9	2,13 *	2,13 *
Repetição	1	0,53	0,66 *
Resíduo	9		

\*\*\* = significativo a 0,001; \*\* = significativo 0,01; \* = significativo 0,05 pelo teste de Pillai; GL = Grau de Liberdade; HI = Híbridos intervarietais; VP = Varietais Parentais.

As diferenças foram detectadas para os dois ambientes de avaliação, permitindo aferir sobre o sucesso na seleção de genitores produtivos e aptos ao desenvolvimento de novas populações, nas condições avaliadas. Sousa (2023) avaliou sob estresse hídrico e em ambiente controlado, cruzamentos e seus progenitores de feijão-caupi, dentre os métodos de avaliação utilizados por ela, encontra-se três diferentes testes de variância multivariada (Lambda de Wilks, Traço de Pillai e Traço de Lawley-Hottelling) para seleção dos progenitores responsivos para tolerância ao déficit hídrico, ao relatar que não haviam grandes diferenças nos resultados entre os testes multivariados, mesmo apresentando valores significativos em algumas variáveis, notou-se também que não havia significância em ambos os testes multivariados. O que afirma a importância da significância das varietais parentais no atual trabalho.

### 3.2 Análise do desempenho agrônômico

A tabela 4 apresenta a média de cada genótipo avaliado no trabalho, assim como a média geral dos dois ensaios realizados. Com essa média pode-se estimar de forma geral a diferença entre o sistema irrigado e de sequeiro, como mostra o ensaio irrigado, que apresentou produtividade média superior ao plantio em sequeiro, assim como na variável altura de planta, em que a média reduziu mais de 20 cm no experimento em sequeiro em comparação com o ensaio irrigado. Estes

resultados aferem sobre a importância da suplementação de água por irrigação nos ganhos de produtividade do milho, além da maior responsividade dos genótipos com a utilização da irrigação (ROCHA, 2019).

Apesar das plantas menores atingirem a maturidade fisiológica mais rápido que as plantas altas (CRUZ et al., 2006), o que reduz os impactos causados pelos longos períodos de estiagem, essa característica não é desejada visto que a planta tende a ter pouca matéria seca e menor produtividade. Além disso, grande parte dos produtores de Sergipe, buscam cultivares de milho que apresentem dupla aptidão, devido a produção de silagem impulsionada pela forte influência da bovinocultura da região (PAULA, 2021).

**Tabela 4.** Médias da altura de espiga, altura da planta e produtividade de grãos para os 60 genótipos avaliados nas condições irrigadas e de sequeiro.

Pedigree	Código	Irigado			Sequeiro		
		AP (m)	AE(m)	PG (kg/ha)	AP (m)	AE (m)	PG (kg/ha)
F1 (P1 x P2)	H1	2,27	1,21	3971,86	1,68	0,95	3059,27
F1 (P2 x P3)	H10	2,33	1,32	2726,66	1,97	1,06	3700,10
F1 (P2 x P4)	H11	2,30	1,31	3029,98	1,89	0,86	2442,96
F1 (P2 x P5)	H12	2,34	1,27	3786,68	2,02	1,04	2711,02
F1 (P2 x P6)	H13	2,34	1,26	4022,95	2,16	1,12	3767,74
F1 (P2 x P7)	H14	2,45	1,36	4080,42	2,09	1,15	3336,77
F1 (P2 x P8)	H15	2,39	1,30	3908,00	1,93	1,01	3026,32
F1 (P2 x P9)	H16	2,31	1,21	4693,43	2,19	1,18	4091,29
F1 (P2 x P10)	H17	2,41	1,23	3154,50	2,20	1,18	4047,58
F1 (P3 x P4)	H18	2,19	1,08	3093,84	1,91	0,90	3238,85
F1 (P3 x P5)	H19	2,40	1,33	3607,88	2,16	1,12	3884,31
F1 (P1 x P3)	H2	2,32	1,20	3805,84	1,84	0,99	3425,14

F1 (P3 x P6)	H20	2,08	1,09	4256,02	2,01	1,02	3397,46
F1 (P3 x P7)	H21	2,43	1,13	4042,10	2,09	1,09	3795,57
F1 (P3 x P8)	H22	2,09	1,08	2298,82	1,72	0,88	2113,91
F1 (P3 x P9)	H23	2,08	0,94	3307,75	2,09	1,04	4326,49
F1 (P3 x P10)	H24	2,19	1,11	3888,85	2,02	1,07	3050,50
F1 (P4 x P5)	H25	2,26	1,26	3515,29	1,81	0,90	2852,44
F1 (P4 x P6)	H26	2,19	1,21	5328,81	2,06	1,01	3585,17
F1 (P4 x P7)	H27	2,25	1,19	3911,20	1,99	1,01	3738,88
F1 (P4 x P8)	H28	2,05	1,03	3326,91	1,99	1,02	3485,10
F1 (P4 x P9)	H29	2,10	1,09	4380,54	1,73	0,71	3566,89
F1 (P1 x P4)	H3	2,08	1,09	1999,34	1,73	0,89	2872,02
F1 (P4 x P10)	H30	2,19	1,11	3888,85	1,84	0,91	3226,61
F1 (P5 x P6)	H31	2,14	1,16	4150,66	2,04	1,09	2990,85
F1 (P5 x P7)	H32	2,28	1,19	5632,13	2,21	1,13	4082,62
F1 (P5 x P8)	H33	2,32	1,21	4562,53	1,84	1,01	3243,25
F1 (P5 x P9)	H34	2,33	1,18	3780,29	2,01	1,00	4160,60
F1 (P5 x P10)	H35	2,37	1,26	5284,11	2,13	1,20	3652,99
F1 (P6 x P7)	H36	2,18	1,09	3694,08	1,99	1,05	3292,11
F1 (P6 x P8)	H37	2,09	1,14	4881,81	1,72	0,87	3600,37
F1 (P6 x P9)	H38	2,01	1,06	4294,34	1,89	0,93	3084,47
F1 (P6 x P10)	H39	2,06	0,99	4067,65	1,84	0,90	3424,96
F1 (P1 x P5)	H4	2,19	1,09	3272,63	1,78	0,88	3010,19

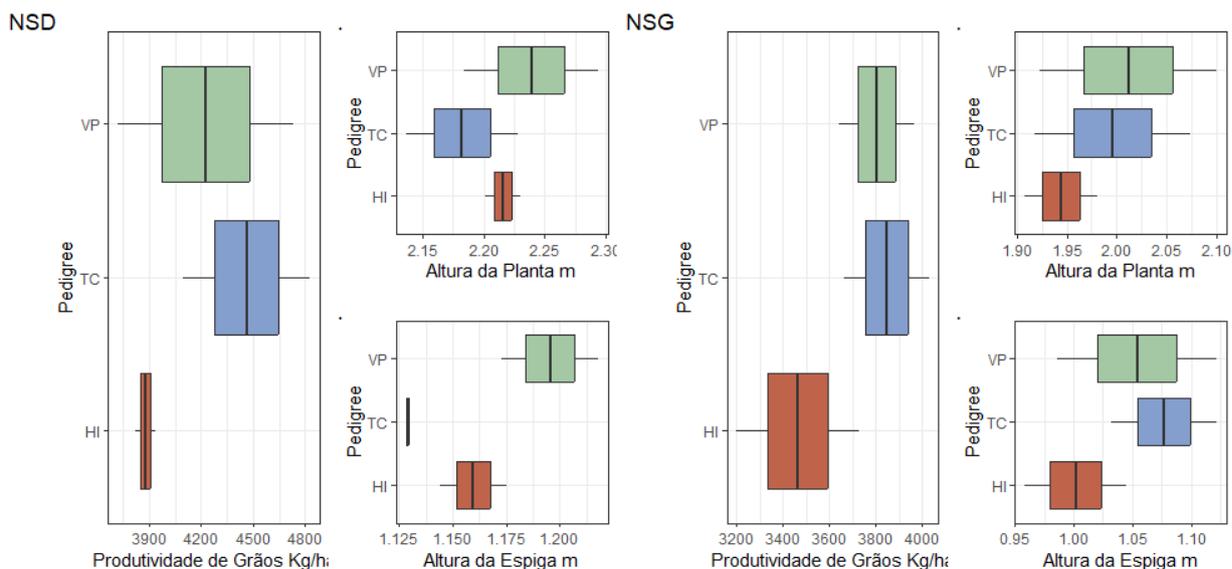
F1 (P7 x P8)	H40	2,09	1,08	3863,31	2,04	1,08	3999,10
F1 (P7 e P9)	H41	2,04	1,06	2717,08	1,95	1,00	4322,90
F1 (P7 x P10)	H42	2,11	1,15	4093,19	1,95	1,07	3077,70
F1 (P8 x P9)	H43	2,31	1,18	3780,29	2,07	1,11	4363,42
F1 (P8 x P10)	H44	2,14	1,13	5303,27	1,95	1,01	3186,00
F1 (P9 x P10)	H45	2,12	1,05	3697,28	1,87	0,96	3660,67
F1 (P1 x P6)	H5	2,10	1,14	3876,08	1,82	0,99	3375,19
F1 (P1 x P7)	H6	2,06	1,02	2302,02	1,91	0,89	3616,72
F1 (P1 x P8)	H7	1,96	0,97	2825,64	1,63	0,89	3599,10
F1 (P1 x P9)	H8	2,25	1,17	4543,37	1,88	0,92	3755,20
F1 (P1 x P10)	H9	2,30	1,22	4899,37	1,76	0,89	3630,54
VP1	P1	2,14	1,01	2027,50	1,77	0,97	3050,06
VP2	P2	2,28	1,20	3129,00	2,24	1,21	2766,14
VP3	P3	2,54	1,43	5169,00	2,12	1,08	5099,44
VP4	P4	2,41	1,32	3898,50	1,83	0,91	3790,89
VP5	P5	1,96	1,09	4272,00	1,93	1,05	2752,21
VP6	P6	2,36	1,35	4310,00	1,97	1,00	3601,08
VP7	P7	2,02	1,08	4808,50	2,15	1,13	4768,23
VP8	P8	2,27	1,17	4588,00	1,87	1,04	4341,67
VP9	P9	2,28	1,19	5150,00	2,06	0,98	4094,83
VP10	P10	2,11	1,09	4897,50	2,15	1,15	3781,63
TC 1	T1	2,18	1,23	4256,00	1,90	1,04	3069,00

TC 2	T2	2,13	1,14	4307,50	1,98	1,18	4425,63
TC 3	T3	2,09	1,04	3962,00	2,09	1,10	4345,92
TC 4	T4	2,24	1,11	4367,50	1,91	0,98	3869,82
TC 5	T5	2,25	1,12	5415,00	2,09	1,07	3518,90
Média F1	-	2,19	1,15	3888,85	1,95	1,01	3485,10
Média VP	-	2,28	1,18	4449,00	2,02	1,05	3786,26
Média TC	-	2,19	1,12	4307,50	1,99	1,08	3869,82
Média geral	-	2,21	1,16	3968,42	1,95	1,01	3552,44

---

AP = Altura de planta em metros; AE = Altura de espiga em metros; PG = Produtividade de grão em kg/ha, VP = Varietais Parentais, TC = testemunhas comerciais.

A figura 2 apresenta uma síntese da distribuição das médias de AP, AE e PG para as VP, HI e TC. Com isso, pode-se observar que houve tendência das VP serem superiores aos HI para o desempenho médio da variável PG para os dois ambientes de cultivo. Para as duas situações, as testemunhas comerciais foram mais produtivas que as VP e os HI. As TC são importantes para comparar com o desempenho, pois trata-se de híbridos com ótimos resultados para região, e como podemos observar, as VP apresentaram valores aproximados, mesmo contendo boa parte não comercial, a sobreposição da espessura do boxplot representada pela variação dos valores dos tratamentos, mostram que alguns das VP se sobressaíram em relação algumas das TC, ponto importante para seleção dos genitores mais promissores.



**Figura 2.** Distribuição das médias por meio de Boxplots para variedades parentais (VP), híbridos intervarietais (HI) e testemunhas comerciais (TC), para altura da planta, altura da espiga e produtividade de grãos avaliadas em condições irrigadas (NSD) e em sequeiro (NSG).

Com relação a AP, observou-se maiores alturas médias das VP com relação as TC e aos HI nos dois ambientes. Além disso, observou-se a inversão média da AP, quando comparado os dois sistemas de cultivo, onde em condições irrigadas os HI foram mais altos do que as TC, enquanto observou-se o efeito contrário quando avaliados em condições de sequeiro (Figura 2). Para a AE, os valores mais baixos tornam-se pontos fortes para os HI, devido a maior proximidade da base da planta, melhorando a fixação ao solo, reduzindo os danos por quebramento e tombamento (CARDOSO, 2001).

A figura 2 indica que os HI apresentaram uma queda na AE quando avaliados em sequeiro, ficando até mais abaixo que as TC, as quais apresentaram melhores valores no experimento irrigado. Isso pode ser explicado pela maior variação genética dos HI, pois sendo as testemunhas, híbridos comerciais, é esperado que tenham pouca variação nos valores de AE, devido a sua alta adaptabilidade e estabilidade, características que são avaliadas antes do lançamento de novos cultivares (REZENDE, 2019).

### 3.3 Heterose e heterobeltiose

Dezessete dos HI no experimento irrigado apresentaram uma heterose positiva para PG (Tabela 5), mostrando-se superiores à média dos seus genitores, são eles o H1, H12, H13, H14, H15, H16, H2, H26, H32, H33, H35, H37, H4, H44, H5, H8 e H9 que correspondem aos cruzamentos F1(P1xP2), F1(P2xP10), F1(P2xp5), F1(P2xP6) F1(P2xP7), F1(P2xP8), F1(P2xP9),

F1(P1xP3), F1(P4xP6), F1(P5xP7), F1(P5xP8), F1(P5xP10), F1(P6xP8), F1(P1xP6), F1(P1xP9), F1(P1xP10). Dentre esses HI, sete apresentaram heterobeltiose positiva (H1, H26, H32, H35, H37, H44 e H9), caracterizando esses cruzamentos como excelentes estratégias de formação de população base devido a boa complementariedade de seus genitores (P2, P6, P7, P8 e P10). Rocha (2019) mostrou em seu experimento que dois cruzamentos destacaram-se nos ambientes irrigado e sob estresse, onde os mesmos demonstram um parental em comum, com potencial genético para o compartilhamento de características desejáveis para produtividade em todos os ambientes avaliados.

No experimento em sequeiro (NSG), mesmo com a redução da produtividade de grãos devido à má distribuição de chuvas (SANTOS et al., 2023), doze HI apresentaram heterose positiva, sendo eles os cruzamentos F1(P1xP2), F1(P2xP6), F1(P2xp9), F1(P2xP10), F1(P5xP7), F1(P5xP9), F1(P5xP10), F1(P1xP5), F1(P8xP9), F1(P1xP6), F1(P1xP9), F1(P1xP10). E para heterobeltiose foram F1(P1xP2), F1(P2xP6), F1(P2xP10), F1(P5xP9) e F1(P8xP9), que tem como os melhores parentais os P2, P6, P10, P9 e P8.

Entre os HI destacados na heterose, citados acima, alguns deles coincidem em ambos os experimentos (H1, H13, H16, H32, H35, H4, H5, H8 e H9), principalmente os que tem a presença dos genótipos P2, P9, P10, como genitores. Esses parentais, mesmo não tendo tanta representação como o P10, que foi a melhor VP em seis intervarietais que apresentaram heterose positiva, ambos apresentaram uma ótima responsividade para compartilhamento de genes desejáveis. Alguns dos HI que apresentaram o P2 como genitor, não atingiram uma heterobeltiose positiva. Isso pode ter ocorrido devido à sua baixa produtividade de grãos, quando comparado aos híbridos comerciais avaliados no trabalho, pois trata-se de uma população que apresenta uma tendência, principalmente, para característica de plantas altas, como é apresentado na figura 5.

Os híbridos intervarietais que apresentaram heterose positiva em ambos os experimentos (H1, H13, H16, H32, H35, H4, H5, H8 e H9) apresentaram o P1 como potencial genitor, mas esse resultado não traz uma boa confiabilidade nesse caso, devido à baixa produtividade do P1, que pode ter influenciado nos cálculos da heterose. Mas mostra que as VP P2, P5, P9 e P10, foram superiores e responsivas pelo aumento da produtividade expressada na prole do P1. O que as indicam como potenciais variedades parentais para agregação de genes promissores para desenvolver genótipos de milho mais produtivos.

**Tabela 5.** Valores de heterose e heterobeltiose dos híbridos intervarietais avaliados sob irrigação e em condições de sequeiro.

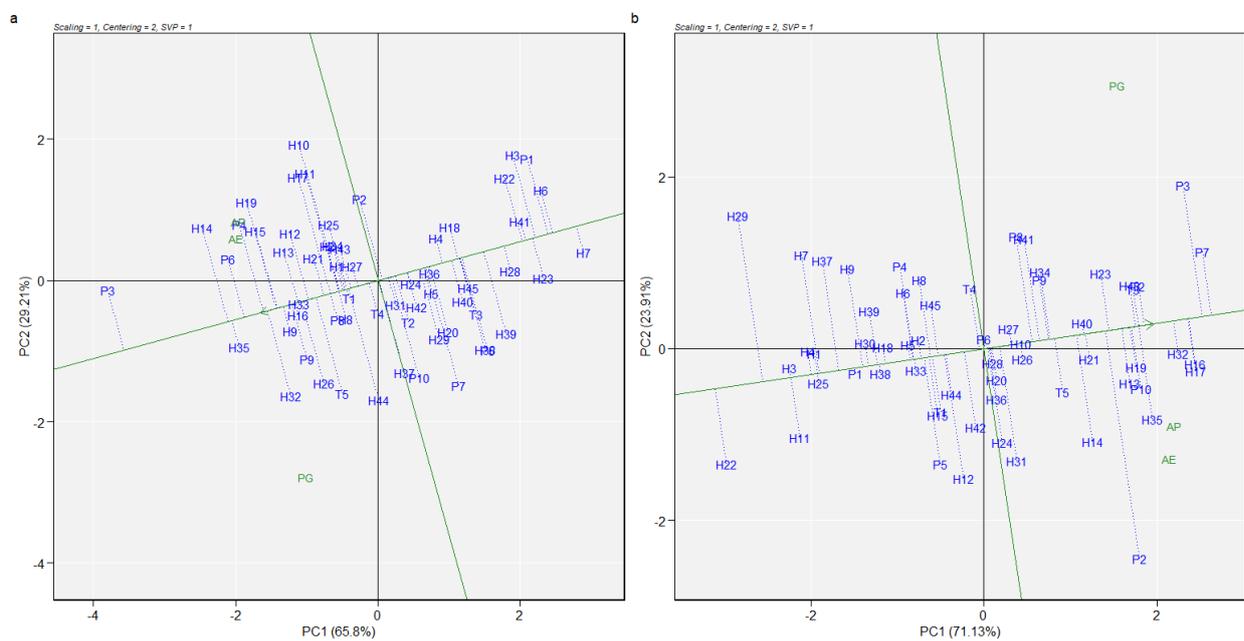
Híbridos Intervarietais	Código	Irigado		Sequeiro	
		Heterose	Heterobeltiose	Heterose	Heterobeltiose
-----%-----					
F1 (P1 x P2)	H1	54,05	26,94	5,20	0,30
F1 (P2 x P3)	H10	-34,28	-47,25	-5,92	-27,44
F1 (P2 x P4)	H11	-13,77	-22,28	-25,49	-35,56
F1 (P2 x P5)	H12	2,33	-11,36	-1,75	-1,99
F1 (P2 x P6)	H13	8,16	-6,66	18,35	4,63
F1 (P2 x P7)	H14	2,81	-15,14	-11,43	-30,02
F1 (P2 x P8)	H15	1,28	-14,82	-14,85	-30,30
F1 (P2 x P9)	H16	13,38	-8,87	19,26	-0,09
F1 (P2 x P10)	H17	-21,40	-35,59	23,63	7,03
F1 (P3 x P4)	H18	-31,76	-40,15	-27,14	-36,49
F1 (P3 x P5)	H19	-23,57	-30,20	-1,06	-23,83
F1 (P1 x P3)	H2	5,77	-26,37	-15,94	-32,83
F1 (P3 x P6)	H20	-10,20	-17,66	-21,90	-33,38
F1 (P3 x P7)	H21	-18,98	-21,80	-23,07	-25,57
F1 (P3 x P8)	H22	-52,88	-55,53	-55,22	-58,55
F1 (P3 x P9)	H23	-35,89	-36,01	-5,89	-15,16
F1 (P3 x P10)	H24	-22,74	-24,77	-31,30	-40,18
F1 (P4 x P5)	H25	-13,95	-17,71	-12,81	-24,76
F1 (P4 x P6)	H26	29,84	23,64	-3,00	-5,43
F1 (P4 x P7)	H27	-10,16	-18,66	-12,63	-21,59

F1 (P4 x P8)	H28	-21,60	-27,49	-14,29	-19,73
F1 (P4 x P9)	H29	-3,18	-14,94	-9,54	-12,89
F1 (P1 x P4)	H3	-32,52	-48,72	-16,03	-24,24
F1 (P4 x P10)	H30	-11,58	-20,60	-14,78	-14,89
F1 (P5 x P6)	H31	-3,27	-3,70	-5,85	-16,95
F1 (P5 x P7)	H32	24,05	17,13	8,57	-14,38
F1 (P5 x P8)	H33	2,99	-0,56	-8,56	-25,30
F1 (P5 x P9)	H34	-19,76	-26,60	21,53	1,61
F1 (P5 x P10)	H35	15,25	7,89	11,82	-3,40
F1 (P6 x P7)	H36	-18,98	-23,18	-21,33	-30,96
F1 (P6 x P8)	H37	9,73	6,40	-9,34	-17,07
F1 (P6 x P9)	H38	-9,21	-16,61	-19,84	-24,67
F1 (P6 x P10)	H39	-11,64	-16,94	-7,22	-9,43
F1 (P1 x P5)	H4	3,90	-23,39	3,76	-1,31
F1 (P7 x P8)	H40	-17,77	-19,66	-12,20	-16,13
F1 (P7 e P9)	H41	-45,43	-47,24	-2,45	-9,34
F1 (P7 x P10)	H42	-15,66	-16,42	-28,01	-35,45
F1 (P8 x P9)	H43	-22,36	-26,60	3,44	0,50
F1 (P8 x P10)	H44	11,82	8,29	-21,56	-26,62
F1 (P9 x P10)	H45	-26,40	-24,51	-7,05	-10,60
F1 (P1 x P6)	H5	22,32	-10,07	1,49	-6,27
F1 (P1 x P7)	H6	-32,65	-52,13	-7,48	-24,15
F1 (P1 x P8)	H7	-14,58	-38,41	-2,62	-17,10
F1 (P1 x P9)	H8	26,60	-11,78	5,12	-8,29
F1 (P1 x P10)	H9	41,50	0,04	6,29	-4,00

---

### 3.4 Estabilidade média e ranqueamento

A Figura 3 apresenta a estabilidade média fenotípica nos ensaios NSD (Figura 3a) e NSG (Figura 3b) de cada genótipo estudado, incluindo as testemunhas. A linha verde que corta o eixo das ordenadas (EO) representa a estabilidade fenotípica e a linha verde que corta o eixo da abscissa (EA) representa o ponto médio da variável. Nesse caso, a Figura 3 representa a explicação multivariada através de duas variáveis latentes, que são conhecidas por componentes principais (PC1 e PC2), que juntos explicam a maior parte da variação explicada pelas variáveis AP, AE e PG.



**Figura 3.** GT biplot representando a estabilidade e responsividade média genotípica em relação as variáveis avaliadas. a = Irrigado; b = Sequeiro; AP = Altura de planta em metros; AE = Altura de espiga em metros; PG = Produtividade de grão por hectare; PC = Componente principal.

A ponta da flexa colocada na linha verde que corta EO representa o sentido de maior desempenho médio multivariado. Ainda, a linha pontilhada que liga os genótipos a EO representa a estabilidade fenotípica e quanto mais curta é a linha pontilhada mais estável é o genótipo. Para o EA, genótipos do lado da seta são considerados mais responsivos às variáveis analisadas. Assim podemos observar que para a responsividade média multivariada, as VP que apresentaram responsividade multivariada para o ensaio irrigado foram P3, P6, P4, P9 e P8, nesta ordem (Figura 3a).

Para o ensaio em sequeiro se destacaram P7, P3, P10, P2, P9, P8 e P6, nessa ordem (Figura 3b). As VP P3, P8 e P9, apresentaram alta responsividade nos dois experimentos. Isso pode ser explicado, devido ao nível avançado de melhoramento dos VP P3 e P8, pois tratam-se de híbridos que se encontram nas últimas avaliações para lançamentos dos respectivos cultivares no mercado, e de um híbrido transgênico apto para todas as regiões do país, o que explica os valores positivos, independente do ambiente avaliado.

A variedade parental P7 foi a mais responsiva quando avaliada em sequeiro e apresentou-se abaixo da média quando avaliada sob irrigação (Figura 3b). Mesmo apresentando a mesma produtividade em ambos os experimentos, a responsividade pode ser explicada devido à redução na média de produtividade geral do experimento em sequeiro, pois como não apresentou queda na mudança de ambiente, passou a ser o segundo genitor mais produtivo do experimento avaliado em Sequeiro (Tabela 4). A baixa influência do ambiente pode ser explicada pelo fato de ser um híbrido transgênico apto para múltiplas regiões (Tabela 1).

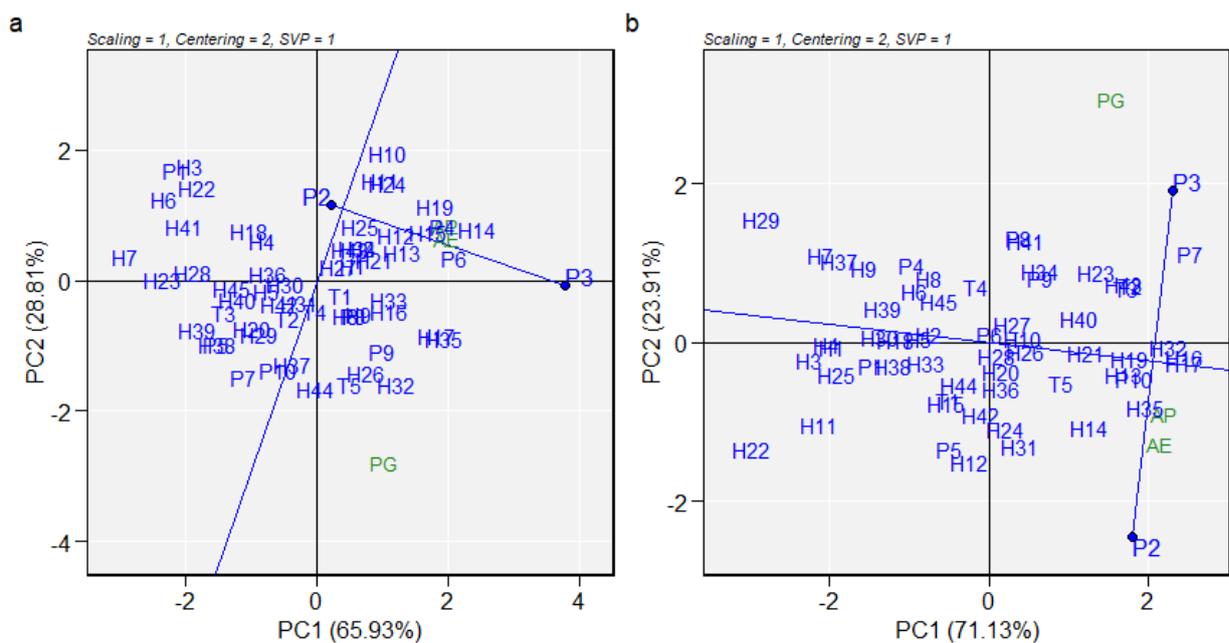
Com relação a estabilidade fenotípica, dentro das VP citadas, destaca-se o P2 como genótipo com alta elasticidade média e com alta responsividade em ambiente de sequeiro. Esse resultado pode ser explicado pelo motivo de que esse genótipo é o único parental em cruzamento que se caracteriza por ser uma variedade de polinização aberta, conhecida como PopTol2 desenvolvida pelo IAC com tolerância a seca e ao calor.

Trata-se de uma variedade de polinização aberta que se caracteriza por ser uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg e essa condição permite uma elasticidade fenotípica capaz de tolerar fatores abióticos como veranicos longos ou mesmo ataque de pragas e doenças (SOUZA FILHO, 2021). O P2, por ser uma população tolerante a seca e ao calor, pode ser selecionado como genitor potencial ou população base em programas de melhoramento de seleção recorrente para o desenvolvimento de novas populações para as condições do médio e pequeno produtor em região semiárida (ROCHA, et al., 2021).

Dentre os HI que apresentaram responsividade média para NSD e NSG, concomitantemente, estão os intervartais H16, H17, H32, H43, H35, H13, H14, H21, H34, H26, H10 e H27, nessa ordem. Esse resultado mostra que a maioria dos melhores intervartais estão distribuídos em três potenciais genitores, onde 41 % correspondem a prole do P2 (H10, H13, H14, H16 e H17), 25 % a do P3 (H10, H19 e H21) e 25 % do P9 (H16, H34, H43). E ainda, pode-se notar que alguns deles coincidem por serem meios irmãos (H10 e H16), os demais (H26, H32 e H35) estão distribuídos em pais distintos que não apresentaram bons resultados nos dois experimentos.

Podemos de forma mais abrangente afirmar que os cruzamentos F1 (P2 x P9), F1 (P2 x P10), e F1(P3xP7) (H16, H17 e H21) apresentaram um bom desempenho nas análises multivariadas, devido aos seus bons resultados em ambos os experimentos. O que afirma também a boa influência exercida pelos genitores P2, P3 e P9, como discutido anteriormente.

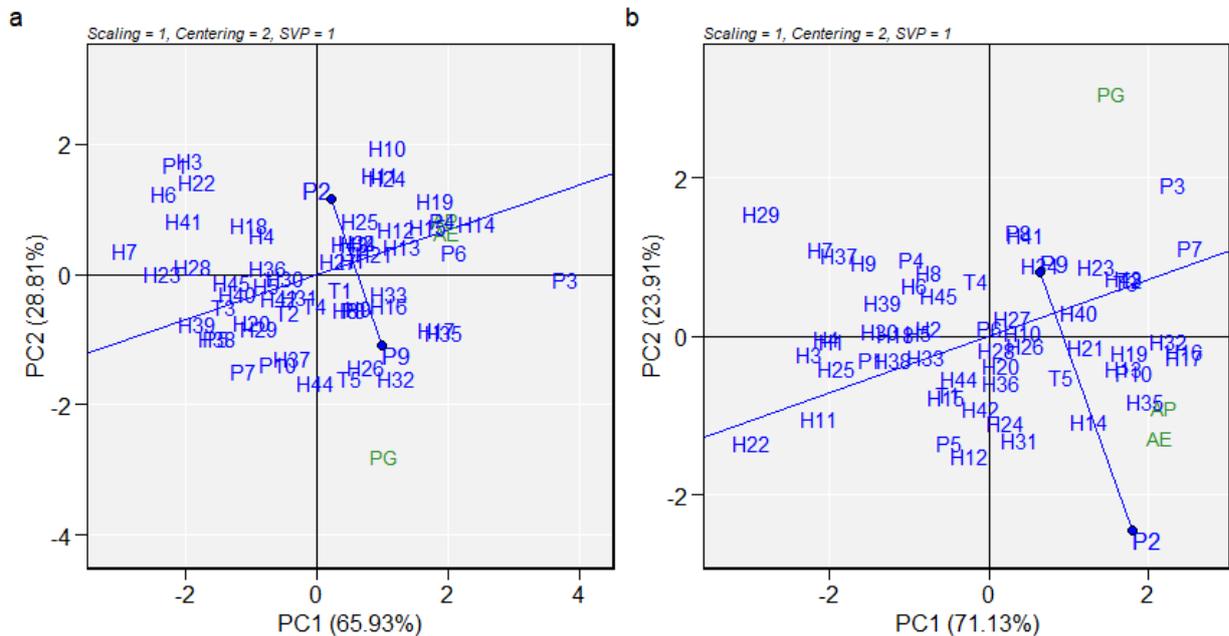
Ao comparar o genitor de maior parte dos HI destacados (P2), com os genitores que apresentaram melhores resultados (P3 e P9), podemos observar as tendências dos seus HI (Figura 4). Os genitores P2 e P3 apresentaram características distintas no experimento de sequeiro (Figura 4b), como planta alta e alta produtividade de grãos respectivamente, e como alguns de seus filhos apresentaram resultados positivos na análise multivariada, podemos observá-los próximos à linha de média, como os intervarietais H14, H16, H17 e H19. Devido à baixa produtividade do pai P2 no experimento irrigado, os intervarietais citados apresentaram características marcantes do pai P3 que apresentou o melhor desempenho multivariado (Figura 4a).



**Figura 4.** GTbiplot de comparação entre os pais P2 e P3. a = Irrigado; b = Sequeiro; AP = Altura de planta em metros; AE = Altura de espiga em metros; PG = Produtividade de grão por hectare; PC = Componente principal.

As mesmas condições para o pai P9, pois também apresentou-se mais produtivo que o pai P2, mesmo demonstrando valores menores que P3. Nota-se uma maior concentração dos intervarietais na linha de média entre eles no experimento irrigado (Figura 5a), enquanto que se afastam mais da linha no experimento em sequeiro (Figura 5b). Essa mudança mostra uma maior influência dos parentais, onde alguns deles apresentaram uma maior altura de planta e

produtividade no segundo experimento (NSG), como os intervarietais H10, H13, H14, H16 e H17 que são filhos do P2 e ficaram abaixo da linha média, mostrando-se mais altos, e o H23 que aproximou sua produtividade a do seu genitor (P9), ficando acima da linha média.



**Figura 5.** GT biplot de comparação entre os pais P2 e P9. a = Irrigado; b = Sequeiro; AP = Altura de planta em metros; AE = Altura de espiga em metros; PG = Produtividade de grão por hectare; PC = Componente principal.

#### 4. Conclusões

Os híbridos intervarietais F1(P1xP2), F1(P2xP6), F1(P2xP9), F1(P5xP7), F1(P5xP10), F1(P1xP5), F1(P1xP6), F1(P1xP9) e F1(1xP10), apresentaram heterose positiva para ambos os experimentos;

As variedades parentais P2, P3 e P9, mostram-se potenciais genitores para elaboração de populações base para o desenvolvimento de novas populações aptas para o clima semiárido;

De acordo com a heterose, as variedades parentais P2, P5, P9 e P10, apresentaram bons desempenho em sua prole em ambos os experimentos, mesmo quando cruzado com o genitor menos produtivo (P1).

#### 5. Referências Bibliográficas

ALVARES C. A.; STAPE J. L. SENTELHAS P. C.; GONÇALVES J. L. D.; SPAROVEK G.(2013) **Ko ¨ppen’s climate classification map for Brazil**. Meteorol Z 22:711–728

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L. de; LEAL, M. de L. da S.; SANTOS, M. X. dos; OLIVEIRA, A. C. de. Comportamento produtivo de híbridos de milho na Região Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte 2003. p. 1-4. (Comunicado técnico, 154).

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 1-12. (Circular técnico, 87).

GRIFFING, B (1956). Conceito de capacidade geral e específica de combinação em relação aos sistemas de cruzamento dialélico. **Australian Journal of Biological Sciences**, 9:463-493.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra: Banco de Tabelas Estatísticas**. IBGE, 2023 Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil> >. Acesso em: fevereiro de 2023.

MATZINGER, D. F.; MANN, T. J.; COCKERHAM, C. C. Diallel crosses in nicotiana tabacum 1. **Crop Science**, v. 2, n. 5, p. 383-386, 1962.

OLIVOTO T. & LÚCIO A. D. (2020) “Metan: an R package for multi-environment trial analysis”. *Methods in Ecology and Evolution* 11: 783-789. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

ONU - Organização Nacional das Nações Unidas. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), 2023. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> >. Acesso em: 09 abril, 2023.

PAULA, T. A. de. Produção de silagem: aspectos agrônômicos e valor nutricional em regiões semiáridas - revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 127-154, 13 ago. 2021.

PRADO, E. T. A.; VILLWOCK, A. P. S.; FOSSÁ, J. L. Riscos e programas de transferência de riscos na produção de milho no semiárido sergipano. **Revista Grifos**, (<http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v32i60.7307> | Edição Vol. 32, Núm. 60, 2023). Universidade Comunitária da Região de Chapecó - Unochapecó. 2023.

R CORE TEAM (2018) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Disponível via: <https://www.R-project.org> (Acessado em 08 de maio de 2023)

REZENDE, W. M. **Capacidade de combinação entre linhagens de milho tropical em diferentes condições ambientais**. 2020. 65 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020

REZENDE, W. S. **Adaptabilidade e estabilidade: revisão sistemática e aplicação**. 2019. 52 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2019.

ROCHA, D. S. **Desempenho de populações de milho e controle genético de características relacionadas com tolerância à seca e produtividade**. 2019. 88 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical). INSTITUTO AGRONÔMICO. Campinas - SP. 2019.

ROCHA, D. S., RODRIGUES, C. S., GALLO, P. B., TICELLI, M., & PATERNIANI, M. E. A. G. Z.. (2021). Drought tolerance in intervarietal maize hybrids. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 80-89, 2021.

SANTOS, P. H. N.; DE BARROS, G. V. P.; FERREIRA, W. S. Perfil climático e cobertura do solo: o cenário do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 01, p. 101-115, 2023.

SCHILMILDT, E. R.; CRUZ, C. D.; ZANUNCIO, J. C.; PEREIRA, P. R. G.; FERRAO, R. G. Avaliação de métodos de correção do estande para estimar a produtividade em milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília-DF, v. 36, n.8, p.1011-1018, 2001.

SILVA, L. L. **Análise dialélica, parâmetros genéticos e índice de seleção em populações segregantes de soja**. 2021. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2021.

SILVA, M. T. **Desempenho de variedades e híbridos de milho, sob condições de super adensamento, e estimativas da heterose e da heterobeltiose para produção de forragem e de grãos**. 2019. 47 f.; il; 33 cm. Dissertação (Mestrado em proteção vegetal - agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo. 2019.

SILVA NETO, J. V. **Desempenho de variedades e híbridos intervarietais de milho sob condições de super adensamento para produção de forragem e de grãos**. 2021. 44 p. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de graduação agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo.2021.

SILVEIRA, E. S. S.; CARVALHO, M. N.; LIMA, B. B.; OLIVEIRA, T. R. A.; OLIVEIRA, G. H. F. Caracterização de diferentes classes genéticas de milho cultivados em região semiárida quanto ao potencial forrageiro. **Revista Matéria**. v.26, n.4, p. 13, 2021.

SOUSA, C. C. **Seleção recorrente para obtenção de progênes de feijão-caupi tolerantes ao déficit hídrico**. 2013. 86p. Dissertação (Mestrado/Genética e Melhoramento) – UFPI, Teresina, 2013

SOUZA FILHO, V. D. DE. **Desempenho de populações de milho sob seleção recorrente em diferentes densidades de plantas e em baixo e alto nitrogênio**. 2021. 50 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.

ZUBER, M. S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniform trial data. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.34, n.1, p.30-47, 1942.

## 6. Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por tudo que aprendi até aqui, e por tudo que me ajudou a superar nesse período da minha vida. Agradeço também aos meus avós, Creuza Pereira e José Silva, que foram meus alicerces durante toda minha vida e são os principais responsáveis pelo que sou hoje, “queria muito que o senhor pudesse ver em vida essa minha conquista, obrigado por tudo, Vovô Gatinho!”. Aos meus familiares, pai, mãe e tios, pelos esforços que fizeram sempre que precisei para tornarmos esse sonho possível, e a minha esposa Laís Santos Souza, por me ajudar a pôr o pé no chão em momentos cruciais da minha graduação, obrigado por tanto, te amo!

A todos do GEMS – Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido, e principalmente aos meus companheiros de caminhada (Alex, Alisson, Bárbara, Jéssica, kelvin, Laila e Paula) que estão comigo desde o início de todas essas emoções que o grupo nos oferece, agradeço pela paciência e por todos os momentos em que me ajudaram para chegarmos a esse resultado.

Agradeço aos meus professores e ao meu orientador Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, que me ajudaram no meu conhecimento e na minha formação profissional, peço também desculpas pela teimosia e “choradeira” nos tutoriais. Mando minhas lembranças e meus agradecimentos a minha turma (2018.1), obrigado pelos debates calorosos e pela troca de farpas nas aulas.

Por fim, espero não ter esquecido de ninguém, quero agradecer a banca avaliadora, que além de aprová-lo, tornou esse trabalho mais enriquecedor com as suas correções e dicas, espero poder ajudar e incentivar outros trabalhos de pesquisa, a partir deste.

**Meu Muito Obrigado a todos!**