



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



ALEX FLORENTINO DA SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NO SEMIÁRIDO
SERGIPANO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/Sergipe
outubro de 24

ALEX FLORENTINO DA SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NO
SEMIÁRIDO SERGIPANO**

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

Orientador: Dr. Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira
Coorientador: José Jairo Florentino Cordeiro Junior

Nossa Senhora da Glória/Sergipe
outubro de 24

ALEX FLORENTINO DA SILVA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NO
SEMIÁRIDO SERGIPANO**

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

Aprovado em: 01/03/2024

Banca examinadora:

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Doutor
Universidade Federal de Sergipe

José Jairo Florentino Cordeiro Junior, Doutor
Universidade Federal de Sergipe

Barbara Nascimento Santos, Eng^a. Agrônoma
Universidade Federal de Sergipe

Nartênia Susane Costa Aragão, Eng^a. Agrônoma
Universidade Federal de Sergipe

Índice

Lista de Figuras.....	7
Lista de Tabelas.....	7
Resumo.....	8
Abstract.....	10
1. Introdução	11
2. Material e Métodos.....	12
2. Resultados e Discussão.....	17
2.1 3.1 Análise de variância.....	17
2.3 Análise do desempenho agronômico.....	19
4. Conclusões.....	24
5. Referências Bibliográficas.....	24

Lista de Figuras

Figura 1. Temperatura do ar máxima, média, mínima e precipitação pluviométrica registradas no período experimental na estação meteorológica da fazenda experimental da Embrapa semiárido, unidade, em Nossa Senhora Da Glória - Se, 2021.

Figura 2. GT Biplot representando “quem-ganhou-onde” dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Figura 3. GT Biplot representando “Médias vs Estabilidade” indicando o rank de rendimento dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Figura 4. GT Biplot indicando o genótipo ideal entre dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Figura 5. GT Biplot representando “Discriminante vs Representante” indicando o rank de rendimento dos dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Lista de tabelas

Tabela 1. Análise química do solo realizada pelo laboratório do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

Tabela 2. Descrição dos 23 genótipos de milho avaliados no experimento conduzido na fazenda experimental da Embrapa, no Município de Nossa Senhora da Glória - SE – Semiárido, no ano agrícola de 2021.

Tabela 3. Resumo da análise de variância relativa as variáveis de crescimento e produção dos genótipos de milho avaliados no Semiárido Sergipano, localizada no Município de Nossa Senhora da Glória – se, 2022.

Tabela 4. Apresentação dos Autovalores, entre os caracteres agronômicos e os componentes principais dos genótipos de milho.

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO NO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Alex Florentino da Silva¹, Kelvin Paixão Ferreira Farias¹, Paula Cristina Ferreira Bispo², Jessica dos Santos Oliveira¹, Barbara Nascimento Santos², Nartênia Susane Costa Aragão², José Jairo Florentino Cordeiro Junior², Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira⁴

Periódico a ser submetido (AGRICULTURAL RESEARCH AND TECHNOLOGY)

Resumo

O milho (*Zea mays L.*) desempenha um papel fundamental no semiárido sergipano devido à sua importância socioeconômica e alimentar. No entanto, a região enfrenta desafios devido à irregularidade das chuvas, o que limita o sistema produtivo do milho. Dessa forma, objetivou-se averiguar o desempenho de cultivares comerciais e experimentais de milho no semiárido sergipano, utilizando a análise multivariada GT biplot. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Embrapa - Semiárido, em Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Avaliou-se 23 cultivares de milho em delineamento experimental de blocos ao acaso com 2 repetições. Foram realizadas análise de variância, teste de Scott-Knott e GT biplot, considerando as variáveis altura de planta, altura da espiga, florescimento masculino, florescimento feminino e produtividade de grãos. A análise de variância indicou diferenças significativas de 5% para as variáveis produtividade de grãos, altura de planta e 1% para altura da espiga, florescimento masculino, e florescimento feminino pelo teste F. Portanto, a metodologia GT biplot indica os genótipos 17 (AG 8088 x PopTol 2) e 23 (GNZ 18, Ex 3W05L Vip3) como potenciais genitores em programas de melhoramento para a região do Alto Sertão. Já o genótipo 10 (7280, Convencional) revelando-se como híbrido com potencial produtivo para cultivo na região de Nossa Senhora da Glória, SE, por sua alta produtividade de grãos e estabilidade fenotípica satisfatória.

Palavras-chave: GT biplot; Melhoramento vegetal; Análise Multivariada; *Zea mays L.*

¹Graduando (a) em Engenharia Agrônoma do Departamento em Engenharia Agrônoma do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: alexagronomiaufs@gmail.com

²Engenheira Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil. E-mail: narteniocosta@gmail.com^{2,2}, barbaranascimento@gmail.com^{2,3}

³Doutor em Engenharia Agrícola e Professor Adjunto 1, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail:jairofcordeiro@academico.ufs.br

⁴Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas e Professor Adjunto 2, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail:gustavooliveira@academico.ufs.br

Abstract

AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE HYBRIDS IN THE SEMI-ARID REGION OF SERGIPE.

Maize (*Zea mays* L.) plays a crucial role in the semi-arid region of Sergipe due to its socio-economic and nutritional importance. However, the region faces challenges due to irregular rainfall, which limits the maize production system. Thus, the objective of this study was to assess the performance of commercial and experimental maize cultivars in the semi-arid region of Sergipe, using the GT biplot multivariate analysis. The experiment was conducted at the Experimental Farm of Embrapa Semi-Arid, in Nossa Senhora da Glória, Sergipe. Twenty-three maize cultivars were evaluated in a randomized block design with two replications. Variance analysis, Scott-Knott test, and GT biplot were performed, considering the variables: plant height, ear height, male flowering, female flowering, and grain yield. The analysis of variance showed significant differences at 5% probability for grain yield and plant height, and at 1% for ear height, male flowering, and female flowering according to the F-test. Therefore, the GT biplot methodology indicates genotypes 17 (AG 8088 x PopTol 2) and 23 (GNZ 18, Ex 3W05L Vip3) as potential parents in breeding programs for the Alto Sertão region. Genotype 10 (7280, Conventional) stood out as a promising hybrid for cultivation in the region of Nossa Senhora da Glória, SE, due to its high grain yield and satisfactory phenotypic stability.

Keywords: GT biplot; Plant breeding; Multivariate analysis; *Zea mays* L.

1. Introdução

O milho é uma gramínea da família Poaceae, espécie *Zea mays* L., estando entre os três cereais mais produzidos no mundo (Cruz et al., 2010), cujo Brasil é o terceiro maior produtor e o segundo maior exportador mundial (Abimilho, 2021). A cultura apresenta importância social, política e econômica para o semiárido sergipano (Lopes et al., 2019), servindo como base da alimentação humana e sobretudo, animal. É largamente utilizado nas indústrias de alimentos, de bebidas, farmacológicas e energéticas (Silva, 2021).

O Brasil ocupou o terceiro lugar na produção mundial de milho, com 126,0 milhões de toneladas, na safra 2022/2023 ficando atrás do Estados Unidos (367,3 milhões de tonelada), seguido pela China (271,0 milhões de tonelada) (Fiesp, 2022).

Na safra 2022/2023, o Brasil alcançou uma produtividade média de 5.922 kg/ha, com e Santa Catarina (4.717 kg/ha), Mato Grosso (6898,21 kg/hah), Distrito Federal (6695,89kg/ha). Goiás (6640,30 kg/ha) , Paraná (6481,00 kg/ha) sendo), os estados mais bem colocados no ranking de rendimento médio (CONAB,2023).

A região Nordeste foi responsável por uma produtividade de 3.612 kg/ha de milho na safra 2022/2023. Os estados de Sergipe (5.209 kg/ha), Maranhão (5.161 kg/ha), Bahia (4.718 kg/ha) e Piauí (4.523 kg/ha) foram os que mais contribuíram com o rendimento médio do milho na região (CONAB, 2023).

como base da alimentação humana e, sobretudo, animal. É largamente utilizado nas indústrias de alimentos, de bebidas, farmacológicas e energéticas (Silva, 2021).

O crescimento da cultura do milho em Sergipe pode ser explicado por diversos fatores, entre estes a introdução do pacote tecnológico, que envolve o uso de sementes resultantes de melhoramento genético e a aplicação intensiva de fertilizantes e defensivos químicos (Ilha, 2020).

Além disso, o uso de mecanização agrícola, com a modernização de máquinas e implementos agrícolas contribuiu com a expansão da cultura do milho (Prata, 2013).

Embora o estado de Sergipe esteja numa crescente da cultura do milho, o déficit hídrico é um fator limitante, sendo considerado um dos maiores gargalos da produção de milho, no semiárido sergipano.

Para avaliar a adaptabilidade e a estabilidade, uma das metodologias mais recentes e relevantes é o modelo GGE biplot, desenvolvido por Yan et al. (2000). Esse método leva em conta tanto o efeito principal do genótipo quanto a interação entre genótipo e ambiente, sendo amplamente recomendado para a identificação de mega-ambientes, seleção de ambientes que

sejam representativos e discriminativos, e para a indicação de genótipos que apresentem melhor adaptação e estabilidade em determinados ambientes (Gauch et al., 2008; Yan, 2011).

Devido à sua confiabilidade e à facilidade na interpretação dos resultados, o modelo GT biplot tem sido amplamente aplicado em diversas culturas, com sua eficácia sendo comprovada por Farias Neto et al., (2018), Oliveira et al., (2019), Carvalho et al., (2020).

Assim, a avaliação de ensaios de competição entre genótipos é de suma importância na recomendação de cultivares de milho para técnicos e produtores, onde as variedades de polinização aberta podem ser recomendadas para os agricultores de baixa tecnologia e os híbridos podem ser recomendados aos produtores de média a alta tecnologia (Santos, 2009; Carvalho et al., 2020).

Dessa forma, objetivou-se averiguar o desempenho de cultivares comerciais e experimentais de milho no semiárido sergipano, utilizando a análise multivariada GT biplot.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante o ano de 2021, na Fazenda Experimental da Embrapa - Semiárido, situada no Município de Nossa Senhora da Glória (10°12'50.6" S de latitude e 37°12'1219'03.2" W de longitude e altitude de 210 m), região Nordeste do Brasil, mais especificamente a oeste Oeste do estado de Sergipe, na microrregião do Alto Sertão Sergipano.

A região é classificada como As, correspondendo a 73,7 % do território sergipano. Este clima é caracterizado por apresentar o verão quente e seco, com precipitação nos meses do inverno (Alvarez et al., 2013). Adicionalmente, o município de Nossa Senhora da Glória localiza-se em uma área de transição, fazendo divisas com cidades de clima predominantemente semiárido semiárida (BSh), como Porto da Folha -SE e Gararu -SE (Alvarez et al., 2013). A média anual de pluviosidade na região é de 753 mm e a temperatura média anual é 27°C (INMET, 2021). Os dados meteorológicos do período experimental estão presentes na Figura 1, e foram registrados na estação meteorológica presente na propriedade.

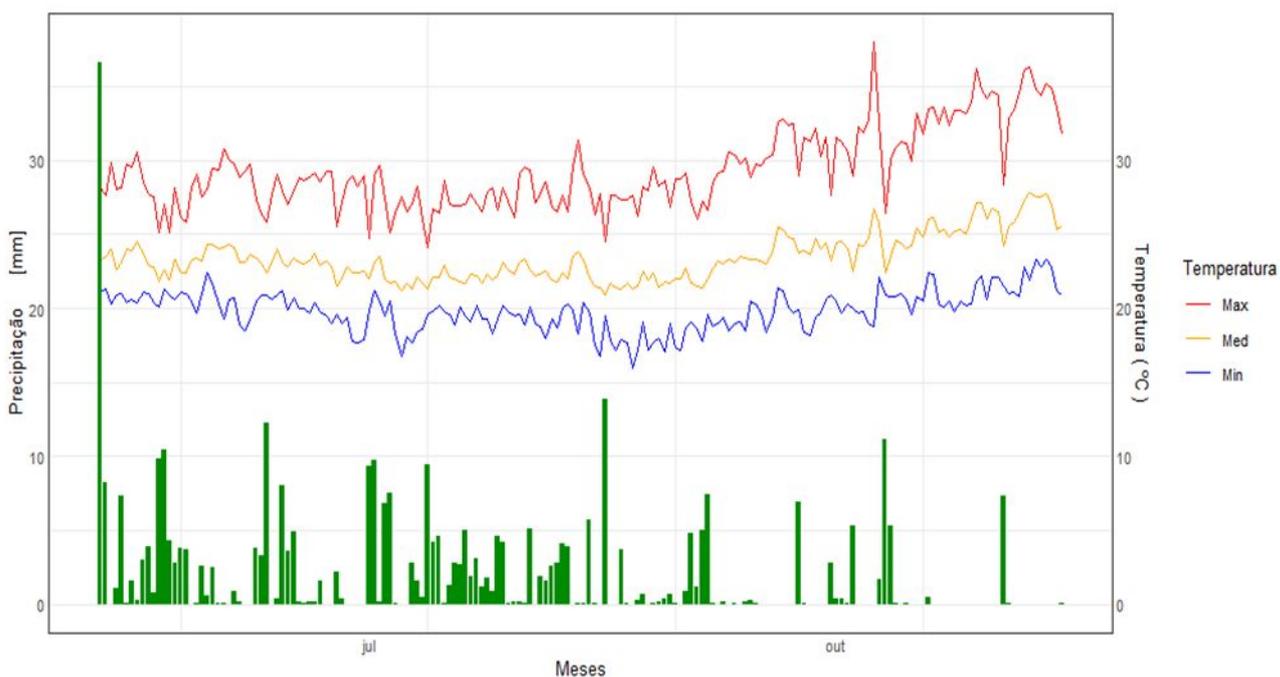


Figura 1 – Temperatura do ar máxima, média, mínima e precipitação pluviométrica registradas no período experimental na estação meteorológica da Fazenda experimental da Embrapa – Semiárido, em Nossa Senhora da Glória – SE, 2021.

Avaliou-se 23 genótipos de milho, dentre eles híbridos comerciais e experimentais (Tabela 2), utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com duas repetições, totalizando 46 parcelas. Cada parcela foi constituída por duas linhas de cinco metros, com um espaçamento de 0,20 m entre as plantas e 0,70 m entre as linhas, totalizando 25 plantas por linha e 50 plantas por parcela, resultando em um estande final estimado de 71.428 plantas por hectare

Tabela 2. Descrição dos 23 genótipos de milho avaliados no experimento conduzido na fazenda experimental da Embrapa, no Município de Nossa Senhora da Glória – SE – Semiárido, no ano agrícola de 2021,

Nº	Genótipo	Classe genética	Fase	Obtento
1	GNZ 17(Ex3W06L Vip3-INV)	HS	Ex	GNZ
2	7280 Pro2	HS	Cm	GNZ
3	GNZ 15	HS	Ex	GNZ
4	AG 1088 x JM2M77	HI	Ex	IAC
5	IAC Airan	V	Cm	IAC
6	9501 Pro	HS	Cm	GNZ
7	GNZ 7740 Vip3	HS	Cm	GNZ
8	BM 709 x PopTol 2	HI	Ex	IAC
9	IAC 8053	HS	Ex	IAC
10	GNZ 59	HS	Ex	GNZ
11	7280 (Convencional)	HS	Cm	GNZ
12	GNZ 16(Ex3W07L Vip3)	HS	Ex	GNZ
13	GNZ 76	HS	Ex	GNZ
14	7720 Vip3	HS	Cm	GNZ
15	KWS 9606 Vip3	HS	Cm	KWS
16	AG 8780	HS	Cm	AG
17	IAC 46 x PopTol 2	HI	Ex	IAC
18	IAC 8046	HS	Cm	IAC
19	AG 8088 x PopTol 2	HI	Ex	IAC
20	BM 703 x JM21177	HI	Ex	IAC
21	GNZ 96	HS	Ex	GNZ
22	GNZ 40	HS	Ex	GNZ
23	KWS 9960 Vip3	HS	Cm	KWS
24	GNZ 19 (Ex 3W06L Vip3)	HS	Ex	GNZ
25	KWS 9822 Vip3	HS	Cm	KWS
26	GNZ 18(Ex 3W05L Vip3)	HS	Ex	GNZ

HS = Híbrido simples; HE = Híbrido experimental; HI = Híbrido intervarietal; V = Variedade de polinização aberta; HC = Híbrido convencional; Cm = Comercial; Ex = Experimental; KWS = KWS Sementes; GNZ = Geneze Sementes; IAC = Instituto Agrônomo de Campinas; AG = Sementes Agrocere.

O preparo do solo foi realizado por meio de grade aradora, visando o revolvimento do solo. Posteriormente, foi feita a marcação das parcelas com auxílio de um sulcador, estas eram compostas por 2 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,7 m entre linhas.

O manejo nutricional foi realizado considerando o resultado da análise de solo (Tabela 1), alinhado às recomendações de adubação para a cultura do milho descrita em Sobral et al. (2007).

Avaliou-se 23 genótipos de milho, dentre eles híbridos comerciais e experimentais (Tabela 2),

utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), com duas repetições, totalizando 46 parcelas. Cada parcela foi constituída por duas linhas de cinco metros, com um espaçamento de 0,20 m entre as plantas e 0,70 m entre as linhas, totalizando 25 plantas por linha e 50 plantas por parcela, resultando em um estande final estimado de 71.428 plantas por hectare.

Dessa forma, a adubação de fundação foi realizada durante o plantio, com recomendação de acordo com a análise de solo, de forma manual, no sulco, utilizando 833 kg/ha da formulação 6-24-12 (N-P-K). A adubação de cobertura foi realizada quando 50 % do experimento atingiu os estádios de V4 a V6, aplicado de forma manual, o equivalente a 100 kg/ha de N+ na fonte de nitrato de potássio.

Tabela 3. Análise química do solo realizada pelo Laboratório do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe.

M.O.	pH em H₂O	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K	Na
	g/dm ³			(cmol/dm ³)			(mg/dm ³)	
15	5,50	4,25	1,63	0,672	<0,08	5,90	209	14,7

M.O – Matéria Orgânica; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; H+Al – Hidrogênio mais alumínio; Al - Alumínio; P – Fósforo, K – Potássio e Na - Sódio.

Posteriormente, a marcação das parcelas foi feita com auxílio de um sulcador, compostas por duas linhas de 5 m de comprimento, espaçadas em 0,7 m.

O manejo nutricional foi realizado conforme

A adubação de fundação foi realizada durante o plantio, com recomendação de acordo com a análise de solo, manualmente, no sulco, utilizando 833 kg/ha da formulação 6-24-12 (N-P-K). A adubação de cobertura foi realizada quando 50% do experimento atingiu os estádios de V4 a V6, aplicado de forma manual, o equivalente a 100 kg/ha de N.

O controle de plantas invasoras foi realizado por meio do método químico, com a aplicação do herbicida Atrazina[®] na dose recomendada para a cultura do milho, e pelo controle mecânico, com auxílio de enxadas e rastelo. Cm = Comercial; Ex = Experimental; IAC = Instituto Agrônomo de Campinas.

Foram avaliadas variáveis morfológicas, de cinco plantas por parcela, são elas:

- AP – Altura de planta (cm): Foram avaliadas 5 plantas por parcela, de forma aleatória. A medição foi realizada da base da planta até a inserção da folha bandeira, utilizando uma régua graduada, e expressa em metros. Aferiu-se a partir do nível do solo até o ponto de inserção do pendão na planta, aos 90 dias após o plantio.

- AE – Altura da espiga (cm): medida do nível do solo até a inserção da primeira espiga com utilização de uma régua graduada, foi avaliada de forma aleatória em 5 plantas por parcela. A medição foi realizada do nível do solo até a inserção da primeira espiga, de baixo para cima, após o florescimento feminino completo (100%), sendo expressa em metros, aos 90 dias após o plantio.
- PE – Peso de espiga: determinado através da pesagem das espigas de todas as plantas por parcela, sem palha, medido com balança de precisão, em kg.

Quanto as variáveis de produção, destacam-se: As avaliações ocorreram após a colheita.

- FM – Florescimento Masculino: Determinado pela contagem dos dias desde o plantio até o momento em que 50% das plantas da parcela apresentaram dispersão do pólen, com avaliações realizadas diariamente.
- FF – Florescimento Feminino: Determinado pela contagem dos dias desde o plantio até o momento em que 50% das plantas da parcela apresentaram o surgimento do estilo estigma, com avaliações realizadas diariamente.
- PG - Produtividade de grãos (kg/ha): Produtividade (PG): ajustada a 13% de umidade e determinada pela equação: $PGTS/ST*QP$ (Zuber, 1942), em kg/há.

A análise de variância (ANAVA) foi realizada com significância a nível de 5%, por meio do pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2018) comparados pelo teste F.

O método GT Biplot foi embasado no seguinte modelo de Yan; Kang (2003) (Equação 3):

$$Y_{ij} - \bar{y}_j = y_1 \epsilon_{i1} \rho_{j1} + y_2 \epsilon_{i2} \rho_{j2} + \epsilon_{ij} \quad (3)$$

Em que:

- Y_{ij} representa o rendimento médio do i -ésimo genótipo na j -ésima variável;
- \bar{y}_j é a média geral dos genótipos para variável j ;
- $y_1 \epsilon_{i1} \rho_{j1}$ é o primeiro componente principal (CP1);
- $y_2 \epsilon_{i2} \rho_{j2}$ é o segundo componente principal (CP2);
- y_1, y_2 são os autovalores associados ao CP1 e CP2, respectivamente;
- ϵ_1 e ϵ_2 são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, do i -ésimo genótipo;
- ρ_{j1} e ρ_{j2} são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, para a j -ésima variável;
- ϵ_{ij} é o erro do modelo associado com o i -ésimo genótipo e j -ésima variável

Usando as médias de cada variável foram feitos os GT Biplot no software R (R Foundation, 2017), com o pacote “GGEBiplotGUI”.

2. Resultados e Discussão

2.1 3.1 Análise de variância

Segundo Gurgel (2013) no Brasil, é exigida por lei a realização de experimentos denominados de VCU (valor de cultivo e uso) para a recomendação de cultivares, serão considerados na recomendação de cultivares experimentos cujo CV for inferior ou igual a 20%. Por tanto, todas as características analisadas ficaram dentro do aceitável, com uma variação experimental (CV os coeficientes %) variando entre 2,15 e 12,89 %, estando abaixo do máximo permitido para experimentos de campo (20% válida para as culturas de soja, trigo, milho e sorgo) destacando, assim, a boa precisão experimental e homogeneidade dos dados (Tabela 4).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância relativa as variáveis de crescimento e produção dos genótipos de milho avaliados no semiárido Sergipano, localizada no município de Nossa Senhora da Glória – SE, 2022.

FV	GL	QM				
		AP	AE	FM	FF	PG
Genótipos	22	520,04*	450,82**	6,12**	10,12**	29775462*
Bloco	1	577,59	328,89	25,13	14,69	1114187
Erro	22	234,72	115,65	1,72	1,92	557647
Média geral		239,89	120,89	60,91	60,7	6278,25
Média (cmCM)		235,5	115,85*	60,65**	60,5*	6504,21*
Média (exEX)		242,11	124,76*	61,11	60,88**	6104,43
CV (%)		6,4	8,89	2,15	2,28	12,89

*: significância a 5% e e **:1%, respectivamente; ns: não significativo; QM: quadrado médio; CV: coeficiente de variação (%).

A análise de variância (Tabela 4) revelou que a variável produtividade de grãos (kg/ha) foi significativa a 1% ($p \leq 0,01$) enquanto as variáveis altura de planta; altura da espiga; número de dias para o florescimento masculino e número de dias para o florescimento feminino foram significativas a 5% ($p \leq 0,05$), entre genótipos de milho. Esses resultados destacam a presença de variabilidade fenotípica, indicando que pelo menos um genótipo é diferente dos demais. Isso

ressalta a importância do processo de seleção desses genótipos, que podem se tornar potenciais cultivares para o cultivo no semiárido sergipano (Cruz et al., 2014).

2.2 Análise de Componentes Principais

Conforme mencionado por Carvalho (2020), a análise de componentes principais possibilita a conversão de um conjunto de variáveis inter-relacionadas em um novo conjunto de variáveis que não apresentam correlação entre si. Hongyu, Sandanielo e Oliveira-Junior (2016) afirmam que cada componente principal representa uma combinação reduzida de todas as variáveis analisadas, sendo que as variáveis com maior peso são as mais significativas do ponto de vista estatístico. Dessa forma, as cinco variáveis foram convertidas em cinco componentes principais, conforme ilustrado na Tabela 4.

Dessa forma, ao analisar os valores de cada componente principal, pôde-se notar que AP, AE, FM e FF foram os fatores mais relevantes para a construção deste componente principal (CP1). No segundo componente (CP2), as variáveis que se destacaram foram a AP, AE e PG. No terceiro componente (CP3), as principais variáveis foram o AP, FM, FF e PG. No CP4, as variáveis AP, FM, FF e PG se destacam, sugerindo que a estrutura da planta e os padrões de floração têm um impacto significativo na produtividade geral. Já no CP5, a ênfase na AE e no FF pode indicar uma correlação forte entre a capacidade de desenvolvimento da planta e a eficiência na produção de grãos.

Tabela 4 - Apresentação dos Autovalores, entre os caracteres agronômicos e os componentes principais dos genótipos de milho.

VARIABLES	Componentes Principais				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
AP	0,27	0,74	0,49	-0,31	-0,15
AE	0,41	0,46	-0,59	0,50	0,00
FM	0,49	-0,38	0,21	0,20	-0,72
FF	0,50	-0,21	0,42	0,27	0,66
PG	-0,49	0,19	0,41	0,72	-0,11

CP = componente principal; AP = altura de planta (cm); AE = altura da espiga (cm) FM = florescimento masculino; FF = florescimento feminino; PG = produtividade de grãos (kg/ha).

2.3 Análise do desempenho agrônômico

Na análise biplot de genótipos em relação às características (GT Biplot), os dois primeiros componentes principais (CPs) explicaram 87,44 % da variação total (Figura 1). Esse percentual elevado sugere que o GT biplot capturou uma parte significativa das somas dos quadrados tanto dos genótipos quanto da interação entre genótipos e características, o que aponta para a confiabilidade e a clareza na interpretação dos resultados (Yan, 2001). Citar um t4rabalho

O biplot “quem-ganhou-onde” (Figura 2), permite a seleção de genótipos quanto ao desempenho das variáveis. Os genótipos são agrupados em grupos formado por variáveis, separados por linhas. É importante ressaltar que os genótipos localizados nos vértices são considerados como os mais responsivos, ou “ganhadores”, para as variáveis do grupo onde estão posicionados. Por outro lado, os genótipos fora dos vértices são considerados não responsivos àquelas variáveis (Yan, 2001; Santos et al., 2017).

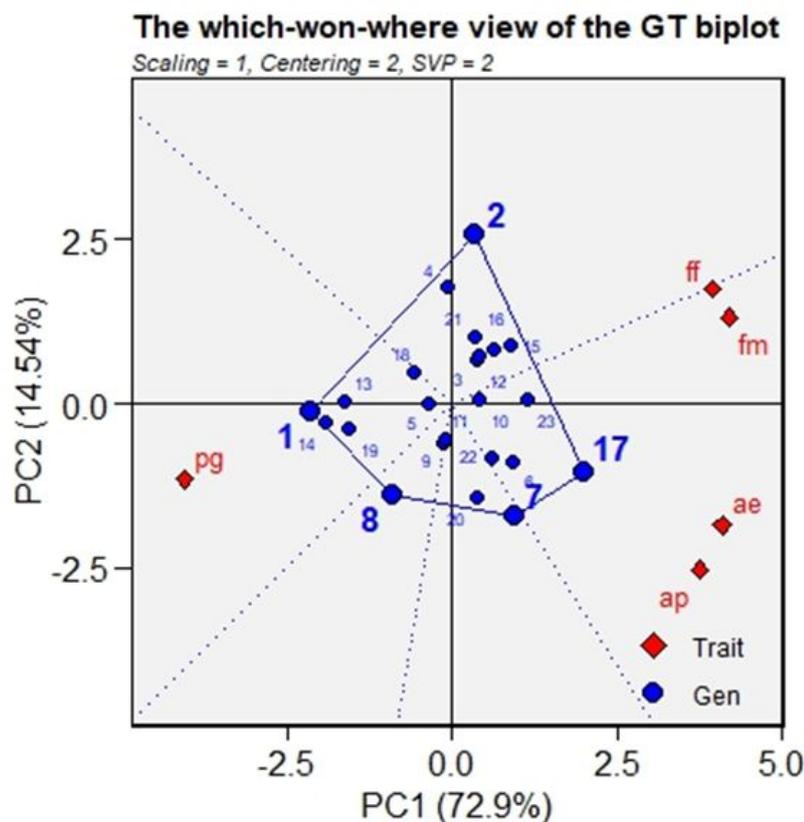


Figura 2- GT biplot representando “quem-ganhou-onde” dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Observa-se a formação de quatro grandes grupos para as variáveis utilizadas (Figura 2). O biplot indica que o genótipo 1 (7280 Pro2), posicionado no vértice do primeiro grupo, apresenta a máxima produtividade de grãos em kg/ha, destacando-se entre os demais genótipos.

O segundo grupo apresentou o genótipo 2 (GNZ 15), no seu vértice, no entanto, não foi responsivo para nenhuma variável. Os genótipos 7 (BM 709 x PopTol) e 17 (AG 8088 x PopTol 2), posicionados no terceiro grupo, destacaram-se por apresentar maior AP e AE, FM e FF, significando que esse genótipo apresenta planta mais alta, espiga mais alta e um florescimento masculino e feminino tardio, essas características são de extrema importância na produtividade de silagem para milho. Desta forma os genótipos, que se destacaram para estas variáveis, demonstraram aptidão para serem genitores em programa de melhoramento na região do alto sertão.

No quarto grupo, os genótipos 7 (BM 709 x PopTol 2) e 8 (IAC 8053) estão posicionados no vértice, mas não apresentam responsividade para nenhuma variável, sendo, portanto, considerados não responsivos. Os genótipos que estão fora dos vértices são classificados como não responsivos, o que indica que não têm relevância significativa para serem utilizados no semiárido sergipano.

O biplot “Desempenho médio vs. Estabilidade” (Figura 3) possibilita avaliar a produtividade e a estabilidade dos genótipos testados. Conforme mencionado por Yan e Rajcan (2002), a produtividade é caracterizada pelo vetor mais extenso em CP1, que é simbolizado pela seta central no círculo concêntrico, direcionada para o tratamento ideal.

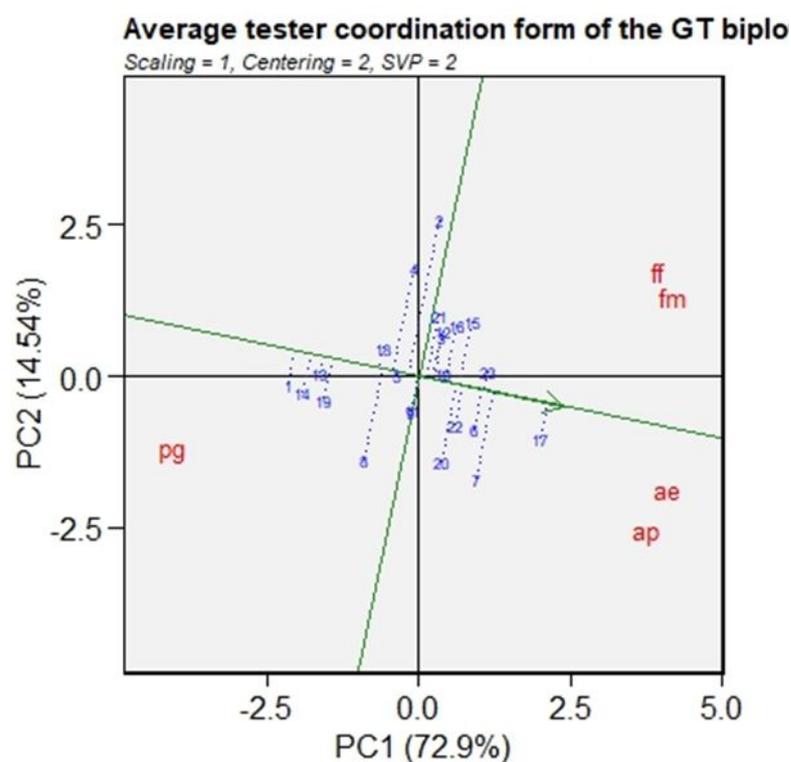


Figura 3- GT Biplot representando “Desempenho médio vs. Estabilidade” indicando o rank de rendimento dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Oliveira, (2019) evidenciou que à esquerda e à direita do círculo concêntrico do biplot indicam desempenho inferior e superior à média geral, respectivamente. A estabilidade é representada pela projeção que possuem em relação ao eixo em CP2, ou seja, menor comprimento da linha pontilhada centro do biplot, maior estabilidade. Portanto, os genótipos considerados ideais devem apresentar valores altos para CP1 (alta produtividade) e baixos para CP2 (alta estabilidade) (Yan e Rajcan, 2002; Oliveira, 2019; Abreu, 2018; Carvalho, 2020).

A partir disso, os genótipos 17 - (AG 8088 x PopTol 2), 23 - (GNZ, 18(Ex 3W05L Vip3)), 7 - BM 709 x PopTol 2), 6 - (GNZ 7740 Vip3), 10 - (7280 (Convencional)), se destacaram por apresentarem produtividade próximo a média geral. Os genótipos 10 - (7280 (Convencional)), 3 - (AG 1088 x JM2M77), 13 - (7720 Vip3), 23 - (GNZ 18(Ex 3W05L Vip3)); 18 - (BM 703 x JM21177), 17 - (AG 8088 x PopTol 2), foram os mais estáveis, enquanto os genótipos 8 (IAC 8053), 2 - (GNZ15), 7 - (BM 709 x PopTol 2), 20 - (GNZ 40) e 4 - (IAC Airan) expressaram menor estabilidade dentre os materiais avaliados.

Por tanto, os genótipos experimentais 17 - (AG 8088 x PopTol 2), 23 - (GNZ 18(Ex 3W05L Vip3)) e 10 - (7280 (Convencional)), pertencentes ao IAC e à Geneze Sementes, respectivamente, além de apresentarem alta produtividade, foram estáveis fenotipicamente. Isso significa que eles possuem a mesma capacidade de resposta em ambientes com as mesmas condições do experimento.

No método GT biplot “Classificação de genótipos”, o genótipo “ideal” é utilizado como referência para avaliar os demais genótipos, sendo definido por apresentar maior comprimento do vetor em CP1 e menor vetor para CP2, indicado pela seta posicionada no centro dos círculos concêntricos formado no biplot (Yin e Huang, 2010) (Figura 4).

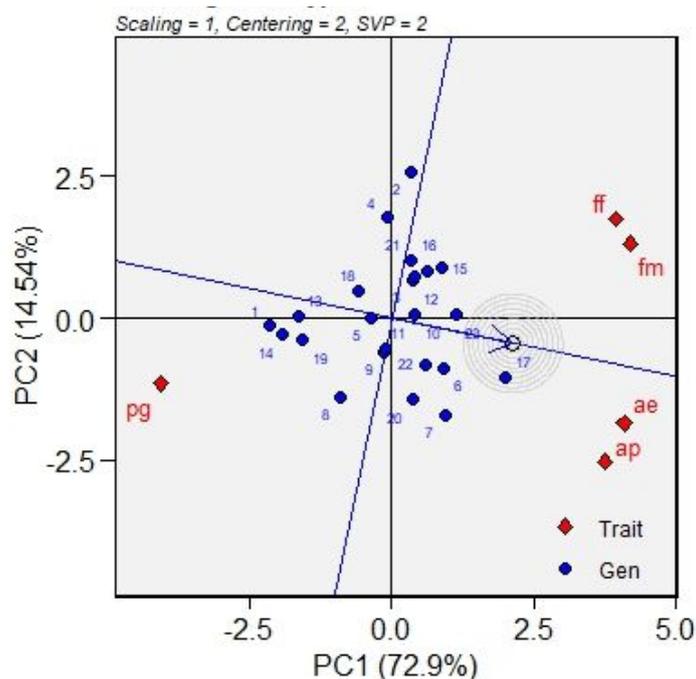


Figura 4- GT Biplot indicando o genótipo ideal entre dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos C

Entende-se assim os materiais 17 - (AG 8088 x PopTol 2), 23 - (GNZ 18(Ex 3W05L Vip3) e 10 - (7280 (Convencional)), alocados no primeiro círculo concêntrico, são os mais próximos do genótipo “ideal” em termos de média de produtividade e estabilidade fenotípica para as características avaliadas.

As variáveis relacionadas à AP e AE são importantes para o processo de produção de silagem (Crevelari et al., 2018). Os genótipos 17 - (AG 8088 x PopTol 2), 23 - (GNZ 18(Ex 3W05L Vip3)) que se destacaram para estas variáveis, demonstraram aptidão para serem genitores em programa de melhoramento na região do alto sertão. Por outro lado, as características relacionadas ao grão, como, produtividade de grãos são fundamentais para a escolha dos genótipos (Pereira et al., 2018), e a característica mais desejada pelo produtor. Portanto, o genótipo 10 - (7280 (Convencional)) é considerado promissor para o cultivo no semiárido sergipano.

Esses resultados são extremamente importantes, pois impactam diretamente no aspecto socioeconômico, contribuindo para o desenvolvimento rural e geração de renda da população local.

O biplot discriminante vs. representatividade (Figura 5) possui vetores que indicam o quão discriminante é a variável., assim, quanto maior for a linha pontilhada visível no biplot, mais discriminante será a variável. (Yan et al., 2007; Oliveira et al., 2019). A representatividade é observada pelas variáveis que formam ângulos menores com a linha que apresenta o círculo formado com a seta, ou seja, com a característica média (Yan et al., 2006).

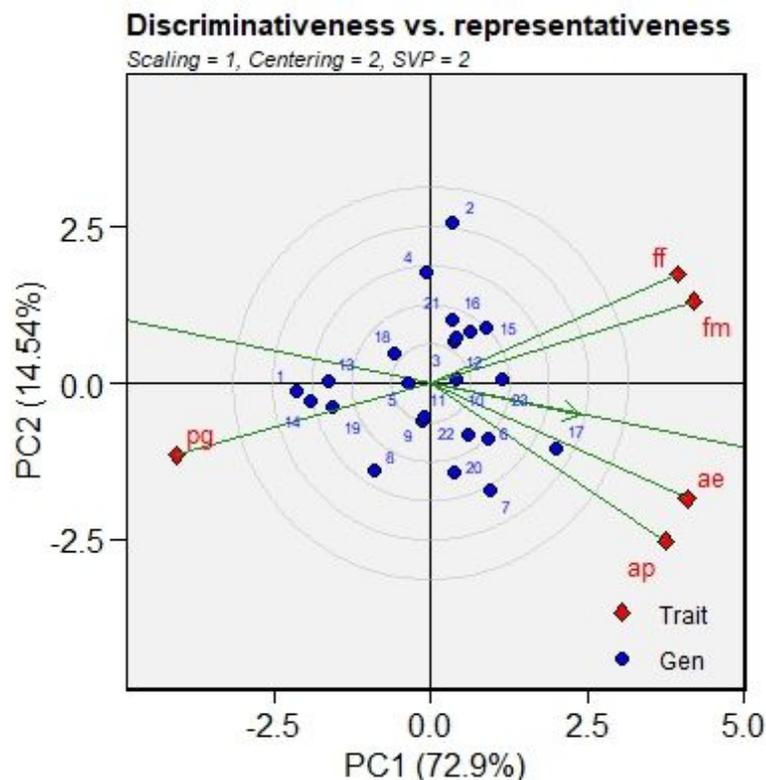


Figura 5- GT Biplot representando “Discriminante vs Representante” indicando o rank de rendimento dos 23 genótipos, nas variáveis: AP – Altura de planta (cm); AE – Altura da espiga (cm); FM – Florescimento Masculino (dias); FF – Florescimento Feminino (dias); PG - Produtividade de grãos (kg/ha).

Segundo Oliveira et al. (2019), para uma variável ser considerada ideal, ela deve discriminar os genótipos e ser representativa das demais variáveis. Ou seja, deve apresentar altos valores de CP1 (maior capacidade de discriminação) e menores valores de CP2 (maior capacidade de representatividade)

Na Figura 5, as variáveis AP, AE, FM, FF e PG (kg/ha) São consideradas discriminantes. As variáveis AE e FM, apresentaram maior representatividade. Estas variáveis são de grande importância para seleção de genótipos superiores, podendo ser utilizada para selecionar cultivares que se destacam para esta característica (Yan e Tinker, 2006; Yan et al., 2007).

4. Conclusões

A metodologia GT biplot sugere os genótipos 17 - (AG 8088 x PopTol 2) e 23 - (GNZ 18(Ex 3W05L Vip3)) para serem genitores em programa de melhoramento na região do alto sertão.

O genótipo 10 (7280, Convencional) é indicado para cultivo na região de Nossa Senhora da Glória, SE, por combinar alta produtividade de grãos com uma estabilidade fenotípica adequada.

5. Referências Bibliográficas

Abimilho – Associação Brasileira das Indústrias do Milho. Estatísticas. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 05 mai. 2021.

Abreu, H. K. A. (2018) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão-caupi via REML/BLUP e GGE-Biplot. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados, 2018.

Alvarez, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

Carvalho, M.N.; Silveira, E.S.; Menezes, N.S.; Oliveira, T.R.A. de; Oliveira, G.H.F. de (2020) Caracterização e divergência genética de genótipos de milho com potencial forrageiro avaliados em região semiárida. *Revista Agri-Environmental Sciences*, v. 6, p. 1-13. <https://doi.org/10.36725/agries.v6i0.3659>.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. (2023) Acompanhamento da safra brasileira: 10º Levantamento – Safra 2022/2023. Brasília – DF: CONAB, 2023.

Crevelari, J.A. et al. (2018) Correlations between agronomic traits and path analysis for silage production in maize hybrids. *Bragantia*, v. 77, p. 243-252.

Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S.; Regazzi, A.J. (2014) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 668p.

Cruz, J.C.; Pereira-Filho, I.A.; Alvarenga, R.C.; Gontijo-Neto, M.M.; Viana, J.H.M.; Oliveira, M.F.; Matrângolo, W.J.R.; Albuquerque-Filho, M.R. (2010) Cultivo do Milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 10p.

Farias Neto, J. T. et al. (2018) GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. *Revista Agroambiente On-line*, v. 12, n. 1, p. 25-33.

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp). (2024a) Safra Mundial de Milho 2022/23 - 1º Levantamento do USDA. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/arquivo-download>. Acesso em: 20 set. 2024.

Gauch, H. G.; Piepho, H. P.; Annicchiarico, P. (2008) Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Science*, v. 48, n. 3, p. 866-889. doi: 10.2135/cropsci2007.09.0513.

Gurgel, F. de L.; Ferreira, D. F.; Soares, A.C.S. (2013) O coeficiente de variação como critério de avaliação em experimentos de milho e feijão. *Embrapa Amazônia Oriental - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*.

Ilha, D.B. (2020) Sustentabilidade nos estabelecimentos produtores de milho na microbacia do rio Socavão – Carira/SE. 168 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. (2022) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2022.

Lopes, J.R.F.; Dantas, M.P.; Ferreira, F.E.P. (2019) Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. *Nativa*, v. 7, n. 1, p. 77-83. <https://doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6243>.

Oliveira, T.R.A. et al. (2019) The performance of bean pod lineage inoculated with *Gluconacetobacter diazotrophicus* PAL5. *Scientia Horticulturae*, v. 249, p. 65-70.

Paterniani, E.; Campos, M. S. (2005) Melhoramento do milho. In: Borém, A. et al. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa/Minas Gerais: UFV.

Pereira, V.R.F. et al. (2018) Critical variables for estimating productivity in maize as a function of plant population and spacing. *African Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 35, p. 1828-1836.

R Foundation. (2017) R: the R project for statistical computing. Disponível em: <https://www.rproject.org/>. Acesso em: 02 fev. 2022.

Santos, A. dos et al. (2017) Projeção GGE Biplot na discriminação da eficiência de linhas de pipoca no uso de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 41, n. 1, p. 22-31.

Santos, R.D. (2009) Potencial forrageiro e valor nutricional de variedades de milho para silagem no semiárido. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

Silva, C.K. (2020) Potencial de genótipos de sorgo forrageiro para o sertão sergipano. 78p. Monografia (Graduação) - Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória.

Silva, P. A. S. (2021) Configurações espaciais do agronegócio do milho no médio sertão de Sergipe. *Anais do XIV ENANPEGE...* Campina Grande: Realize Editora. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77883>. Acesso em: 25/06/2022.

Sobral, L.F.; Viégas, P.R.A.; Siqueira, O.D.; Anjos, J.D.; Barreto, M.D.V.; Gomes, J.D. (2007) *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 251p.

Yan, W. (2001) GGEbiplot—a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, v. 93, n. 5, p. 1111-1118.

Yan, W. (2011) GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. *Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics*, v. 65, n. 2, p. 181-193.
<http://www.agr.gc.ca/eng/abstract/?id=22721000000661>.

Yan, W.; Hunt, L.; Sheng, Q.; Szlavnic, Z. (2000) Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, v. 40, n. 3, p. 597-605.

Yan, W.; Kang, M. S. (2003) *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists*. 1 ed. 288p.

Yan, W.; Kang, M.S.; Ma, B.; Woods, S.; Cornelius, P.L. (2007) GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, v. 47, n. 2, p. 643-653.

Yan, W.; Rajcan, I. (2002) Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, v. 42, n. 1, p. 11-20.

Yan, W.; Tinker, N. A. (2006) An introduction to GGE biplot analysis. In: *Genotype by Environment Interaction*. New York: Springer, p. 1-20.

Hongyu, K.; Sandaniello, V. L. M.; de Oliveira Junior, G. J. (2016) Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *E&S Engineering and Science*, v. 5, n. 1, p. 83-90.