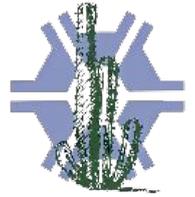




Universidade Federal de Sergipe
Campus do Sertão
Departamento de Engenharia Agrônômica do Sertão



JESSICA DOS SANTOS OLIVEIRA

**ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE
SEMENTES DE MILHO OBTIDAS POR IMAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória/Sergipe

Março de 2025

Jessica dos Santos Oliveira

**ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE
SEMENTES DE MILHO OBTIDAS POR IMAGEM.**

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

JESSICA DOS SANTOS OLIVEIRA

**ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE
SEMENTES DE MILHO OBTIDAS POR IMAGEM.**

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

Aprovado em: 14/03/2025

Banca examinadora:

Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, Doutor
Universidade Federal de Sergipe

José Jairo Florentino Cordeiro Junior, Doutor
Universidade Federal de Sergipe

Tâmara Rebecca Albuquerque de Oliveira, Doutora
Universidade Federal de Sergipe

Gabriel Oliveira Martins, Doutorando

Universidade Federal de Sergipe
Sumário

Lista de figuras.....	5
Lista de tabelas.....	6
Lista de siglas.....	7
Resumo.....	8
Abstract.....	9
1. Introdução.....	10
2. Material e métodos.....	11
2.1 Material genético e área experimental.....	11
2.2 Coleta de imagens das sementes dos tratamentos.....	13
2.3 Teste de germinação.....	14
2.4 Variáveis avaliadas em campo.....	15
2.5 Análise de dados.....	15
3. Resultados e Discursões.....	16
3.1 Análise de variância.....	16
3.2 Tabela de média e agrupamento pelo método de Scott-Knott.....	17
3.3 Gráfico GT biplot.....	19
4. Conclusões.....	23
5. Referências bibliográficas.....	23
6. Agradecimentos.....	25

Lista de figuras

Figura 1. Pipeline de todo o processo de coleta de imagens, inicialmente realizado com a captura de fotos dos materiais em laboratório, que em seguida foi submetida a análise no software “R Studio”, utilizando o pacote “R Pliman” para extrair as informações das variáveis morfológica das sementes, em formato de tabela.

Figura 2. GT Biplot médias vs. estabilidade dos 53 genótipos, indicando os genótipos com melhor desempenho em relação à média geral para as variáveis: PG: produtividade de grãos, G4: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 4º dia e G7: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 7º dia.

Figura 3. GT Biplot médias vs. estabilidade dos 53 genótipos, indicando os genótipos com melhor desempenho em relação à média geral para as variáveis: PG: produtividade de grãos, excentricidade, área, diâmetro e perímetro.

Lista de tabelas

Tabela 1. Genótipos de milho utilizado em área experimental, dentre eles cruzamentos, genitores e comerciais testemunhas.....

Tabela 2. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho utilizados para realizar o teste de germinação em laboratório 15

Tabela 3. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho utilizados para avaliar a qualidade das sementes através de imagens 16

Tabela 4. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho que foram avaliados na área experimental da EMBRAPA 16

Tabela 5. Agrupamento de médias, por meio do método Scott-Knott, dos 53 tratamentos para as variáveis estudadas.....

Tabela 6. Valores de componentes principais 1 e 2 para as variáveis de produtividade, porcentagem de plantas germinadas no 4º dia e porcentagem de plântulas normais avaliadas no 7º dia.....

Tabela 7. Valores de componentes principais 1 e 2 para as variáveis de produtividade, área, perímetro, diâmetro e excentricidade.....

ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS DE SEMENTES DE MILHO OBTIDAS POR IMAGEM.

Jessica dos Santos Oliveira ¹, Henrique Rocha Azevedo Santos¹, Mario Sergio Rodrigues Barreto¹, Barbara Nascimento Santos², Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira ³, José Jairo Florentino Cordeiro Junior ³.

Periódico a ser submetido: Revista Brasileira de Sementes

Resumo

O milho (*Zea Mays* L.) é a cultura mais produzida no semiárido brasileiro e a segunda maior do país. Com isso, o uso de sementes de alta qualidade é essencial para otimizar a produção, sendo a análise de sementes por imagens, uma alternativa promissora, que oferece resultados rápidos, precisos, não destrutivos e de baixo custo. O objetivo foi estudar as características morfofisiológicas de sementes de milho obtidas por imagem. Foram avaliados 53 genótipos de milho em três experimentos distintos, no ano de 2023: (i) Obtenção de imagens das sementes para extrair as variáveis morfológicas (área, perímetro, diâmetro e excentricidade); (ii) Teste de germinação em laboratório, com variáveis avaliadas no 4º e 7º dia após o início do teste; e (iii) Experimento em campo para obtenção da produtividade. Os experimentos “i” e “ii” foram conduzidos no laboratório da Universidade Federal de Sergipe -UFS, enquanto o experimento “iii” foi conduzido no campo experimental da EMBRAPA Semiárido, ambos nos municípios de Nossa Senhora da Glória – SE. Os dados foram submetidos à Análise de variância, agrupamento pelo método de Scott-Knott e a análise GT Biplot. Observou-se variabilidade genética entre os tratamentos nos três experimentos. Formaram-se grupos distintos para as variáveis de germinação e excentricidade. A excentricidade se correlacionou positivamente com a produtividade, enquanto as variáveis diâmetro, área e perímetro apresentaram correlação

¹Graduando(a) em Engenharia Agrônoma do Departamento de Engenharia Agrônoma do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: jessica1992.oliveira@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5290-785X>, rique999@academico.ufs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6940-022X>, mzs.esc@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4037-4328>.

²Mestranda em agricultura e Biodiversidade. Programa de pós graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão, SE, Brasil. E-mail: barbaranascimento2804@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1689-7399>.

³Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrônoma do Sertão, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil. E-mail: jairofcordeiro@academico.ufs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1138-8309>, gustavooliveira@academico.ufs.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3839-6261>.

negativa. Conclui-se que a análise de imagens é uma ferramenta eficiente para estimar o vigor de sementes de milho, permitindo a seleção de genótipos superiores de forma rápida e precisa.

Palavras-chave: Análise GT biplot; Germinação; Produtividade de grãos; Melhoramento genético; *Zea mays* L.

Abstract

Study of morphophysiological characteristics of corn seeds obtained by image.

Corn (*Zea Mays* L.) is the most produced crop in the Brazilian semiarid region and the second largest in the country. The use of high-quality seeds is essential to optimize production, and seed analysis by images is a promising alternative that offers fast, accurate, and low-cost results. This study aimed to study the morphophysiological characteristics of corn seeds obtained by images. Fifty-three corn genotypes were evaluated in three different experiments in 2023: (i) Obtaining images of the seeds to extract morphological variables (area, perimeter, diameter, and eccentricity); (ii) Germination test in the laboratory, with variables evaluated on the 4th and 7th day after the start of the test; and (iii) Field experiment to obtain productivity. Experiments “i” and “ii” were conducted in the laboratory of the Federal University of Sergipe -UFS, while experiment “iii” was conducted in the experimental field of EMBRAPA Semiárido, both in the municipalities of Nossa Senhora da Glória - SE. The data were subjected to analysis of variance, grouping by the Scott-Knott method and GT Biplot analysis. With the results of the analysis of variance, genetic variability was observed between the treatments in the three experiments. The Scott-Knott grouping distributes the materials into distinct groups for the germination and eccentricity variables. Eccentricity correlated positively with productivity, while the diameter, area and perimeter variables were positioned in opposite directions. It is concluded that image analysis is an efficient tool to estimate the vigor of corn seeds, allowing the selection of superior genotypes quickly and accurately.

Keywords: GT biplot analysis; Germination; Grain productivity; Genetic improvement; *Zea mays* L.

1. Introdução

Ao longo das últimas décadas, a produção de milho (*Zea mays* L.) aumentou gradativamente, fazendo com que essa cultura se tornasse um dos principais cereais produzidos no mundo tanto para alimentação humana, quanto para alimentação animal, principalmente pela sua qualidade nutricional (Barros & Calado, 2014). No Brasil, é o segundo grão mais cultivado, atingindo aproximadamente uma área de 79,82 milhões de hectares com produtividade média de aproximadamente 3.739 kg ha⁻¹ na safra 2023/2024, segundo o 12º e último levantamento da safra de grãos 2023/2024.

A produtividade de milho no Nordeste, é inferior as demais regiões do país, com uma média de aproximadamente 3.243 kg ha⁻¹, no ano de 2023, tendo Sergipe, Maranhão e Piauí como os estados com maiores produtividades da região, nessa ordem (Coelho, 2024). Em Sergipe, o cultivo de milho passou por um processo evolutivo e atualmente vem apresentando um grande potencial produtivo, alcançando uma produtividade média de 5.078 kg ha⁻¹ (Coelho, 2024), tornado-se a cultura com maior valor de produção no estado (Menezes *et al.*, 2019). Esses avanços são reflexos do lançamento de novas cultivares, desenvolvidas através de programas de melhoramento, que se adaptam melhor ao clima da região (Dompieri, 2016).

Desse modo, é muito importante que os programas de melhoramento utilizem técnicas que agilizem a seleção de genótipos superiores, resultando em cultivares com bom desenvolvimento e alto rendimento de grãos.

O avanço da tecnologia tem impulsionado o desenvolvimento de estudos que possibilitem avaliações mais eficientes, como a análise de imagens. Utilizando softwares de processamento de imagens é possível extrair dados que geram informações relevantes para mensurar e prever resultados em menos tempo e com boa eficiência (Brandani, 2017). No software R, o pacote R pliman, desenvolvido por Olivoto (2021), apresenta funções para realizar análises de imagens de forma ágil, gerando informações precisas relacionadas à contagem de grãos e suas características morfológicas.

Além disso, o bom desempenho da cultura está diretamente relacionado à qualidade da semente, que precisa ser adequada para alcançar resultados positivos. A qualidade de uma semente depende de fatores que estão ligadas ao seu processo de produção e colheita, como também local de armazenamento longe de contaminações e temperaturas anormais, para que em seu processo de germinação resulte em uma plântula normal e sadia, com todas suas estruturas bem desenvolvidas – sistema radicular, coleótilo e parte aérea (Zhang *et al.*, 2021).

Dessa forma, qualidade da semente é determinante para o sucesso da lavoura, uma vez que influencia diretamente na germinação e no estabelecimento de plântulas. O uso de tecnologia

que possibilita analisar sementes por meio de imagem permite uma avaliação rápida e precisa do vigor das sementes. Análise de sementes por meio de imagem vem apresentando uma crescente, proporcionando uma maior facilidade de realizar determinados trabalhos que em outros tempos só seriam possíveis através de avaliações manuais. Estudos como o de Medeiros *et al.* (2018), mostram que a utilização de análise de imagens de sementes é tão eficaz quanto as avaliações manuais para prever o vigor de sementes, comprovando que essa tecnologia pode substituir métodos tradicionais, proporcionando maior eficiência e economia de tempo.

O desenvolvimento inicial de trabalhos que buscam analisar rapidamente genótipos superiores, podem ser realizados através de análises de interação entre as variáveis obtidas por meio de imagem e variáveis mensuradas de forma manual, a exemplo da análise “biplot genótipos vs. características (GT Biplot)” que possui uma metodologia multivariada com o objetivo de avaliar múltiplas características, identificando genótipos superiores em relação às variáveis desejadas (IAN & RAJCAN, 2002). Oliveira *et al.* (2019) e Stansluos *et al.* (2023) destacaram que o GT Biplot analisa de forma verdadeira e precisa, a interação genótipo x característica.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estudar as características morfofisiológicas de sementes de milho obtidas por imagem.

2. Material e métodos

2.1 Material genético e área experimental

Realizou-se três experimentos utilizando os mesmos materiais genéticos, no ano de 2023, no qual dois destes – coleta de imagens da sementes e teste de germinação – foram desenvolvidos no laboratório 4 da Universidade Federal de Sergipe – UFS, Campus do Sertão, localizado no município de Nossa Senhora da Glória – SE e o terceiro experimento foi implantado na Fazenda da Fazenda UFS Campusser, também localizada no município de Nossa Senhora da Glória (latitude 10° 12’ 50.6” S, longitude 37° 19’ 03.2” W e altitude média de 210m), em sistema sequeiro, entre os meses de maio à novembro.

Foram utilizados 53 genótipos de milho, dentre estes, nove já cultivados em regiões semiáridas ou que apresentam tolerância ao estresse hídrico, sendo estes os genitores utilizados para produzir os 40 cruzamentos dialélicos, considerados híbridos topcross e intervarietais e quatro são híbridos comerciais testemunhas (Tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de milho utilizado em área experimental, dentre eles cruzamentos, genitores e comerciais testemunhas.

Genótipo	Classe genética	Fase
----------	-----------------	------

HÍBRIDOS TOPCROSS E INTERVARIETAIS		
F1 (P1 x P7) T6	HTc	Experimental
F1 (P1 x P8) T7	HTc	Experimental
F1 (P1 x P9) T8	HTc	Experimental
F1 (P1 x P10) T9	HTc	Experimental
F1 (P2 x P3) T10	HTc	Experimental
F1 (P2 x P4) T11	HTc	Experimental
F1 (P2 x P5) T12	HI	Experimental
F1 (P2 x P6) T13	HTc	Experimental
F1 (P2 x P7) T14	HTc	Experimental
F1 (P2 x P8) T15	HTc	Experimental
F1 (P2 x P9) T16	HTc	Experimental
F1 (P2 x P10) T17	HTc	Experimental
F1 (P3 x P4) T18	HD	Experimental
F1 (P3 x P5) T19	HTc	Experimental
F1 (P3 x P6) T20	HD	Experimental
F1 (P3 x P7) T21	HD	Experimental
F1 (P3 x P8) T22	HD	Experimental
F1 (P3 x P9) T23	HD	Experimental
F1 (P3 x P10) T24	HD	Experimental
F1 (P4 x P5) T25	HTc	Experimental
F1 (P4 x P6) T26	HD	Experimental
F1 (P4 x P7) T27	HD	Experimental
F1 (P4 x P8) T28	HD	Experimental
F1 (P4 x P9) T29	HD	Experimental
F1 (P4 x P10) T30	HD	Experimental
F1 (P5 x P6) T31	HTc	Experimental
F1 (P5 x P7) T32	HTc	Experimental
F1 (P5 x P8) T33	HTc	Experimental
F1 (P5 x P9) T34	HTc	Experimental
F1 (P5 x P10) T35	HTc	Experimental
F1 (P6 x P7) T36	HD	Experimental
F1 (P6 x P8) T37	HD	Experimental
F1 (P6 x P9) T38	HD	Experimental

F1 (P6 x P10) T39	HD	Experimental
F1 (P7 x P8) T40	HD	Experimental
F1 (P7 x P9) T41	HD	Experimental
F1 (P7 x P10) T42	HD	Experimental
F1 (P8 x P9) T43	HD	Experimental
F1 (P8 x P10) T44	HD	Experimental
F1 (P9 x P10) T45	HD	Experimental
GENITORES		
IAC 8046	V	Comercial
GNZ 18 EX3W05L VIP3	HS	Experimental
GNZ19 EX3W06L VIP3-INV	HS	Experimental
IAC AIRAN	V	Comercial
KWS 9822	HS	Comercial
KWS 9555 VIP3	HS	Comercial
GNZ 17 EX3W06L VIP3	HS	Experimental
KWS 9606 VIP3	HS	Comercial
KWS 9960 VIP3	HS	Comercial
TESTEMUNHAS		
GNZ 7280 PRO	HS	Comercial
AG 8053	HS	Comercial
GNZ 7740 VIP3	HS	Comercial
GNZ 9501 PRO	HS	Comercial

V: Variedade de polinização aberta; HS: Híbrido Simples; HD: Híbrido duplo; HI: Híbrido intervarietal; HTc: Híbridos Topcross.

2.2 Coleta de imagens das sementes dos tratamentos

As imagens foram obtidas utilizando um smartphone modelo Redmi note 8, com câmera RGB de 48 megapixels, acoplado a um tripé de 15 centímetros de altura. Uma cartolina azul foi utilizada como plano de fundo, para contrastar com as cores das sementes do milho. Utilizou-se um anel de luz, modelo Ring Light, com tipo de luz natural para realizar a iluminação durante a coleta das imagens e uma caixa de papelão aberta em duas extremidades revestida de folhas brancas de papel A4, para refletir a luz e evitar sombreamento. Além disso, na extração das características da imagem, foi adicionado um pedaço quadrado de papel amarelo como objeto com tamanho conhecido para ser referência de tamanho no momento da extração de dados das sementes.

Essas imagens foram capturadas para cada tratamento em quatro repetições, sendo avaliadas 50 sementes por repetição (Figura 1). Em seguida, os arquivos foram importados para o software “R Studio”, onde foram processados para extrair informações em pixels de variáveis

morfológicas das sementes, como área, perímetro, diâmetro e excentricidade, utilizando as funções do pacote “R Pliman” (OLIVOTO, 2021).

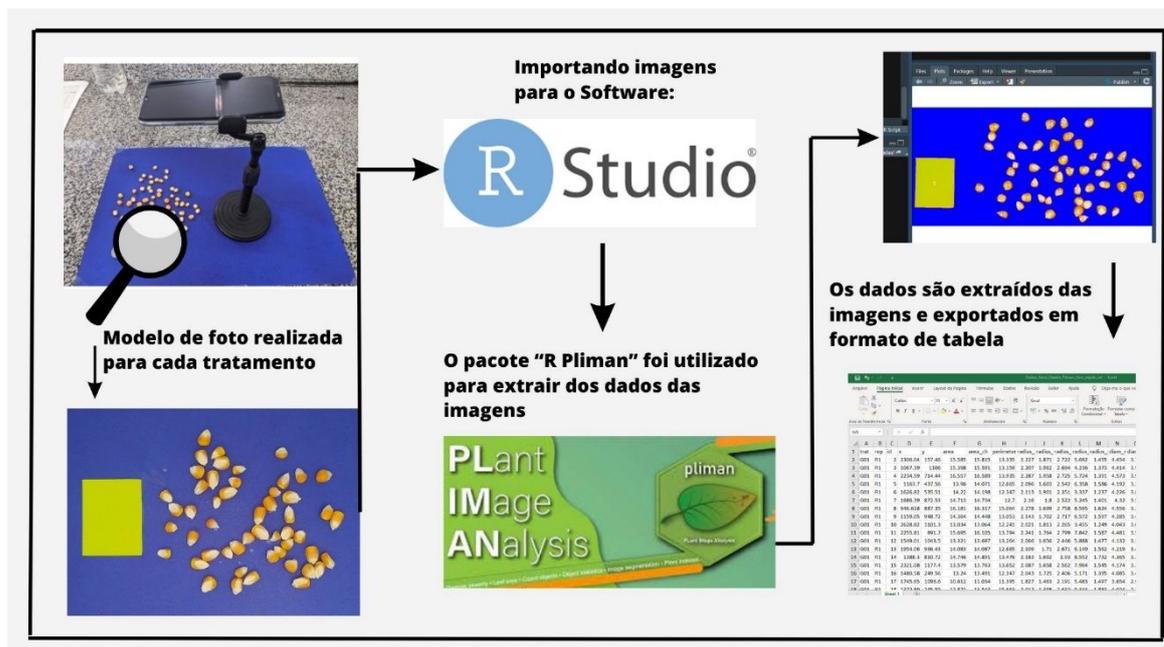


Figura 1: Pipeline de todo o processo de coleta de imagens, inicialmente realizado com a captura de fotos dos materiais em laboratório, que em seguida foi submetida a análise no software “R Studio”, utilizando o pacote “R Pliman” para extrair as informações das variáveis morfológica das sementes, em formato de tabela.

2.3 Teste de germinação

Todos os genótipos presentes na tabela 1 foram submetidos ao teste de germinação, ao qual foram replicados em quatro repetições, com 25 sementes espalhadas espaçadamente em cada repetição, sendo instalado em delineamento de blocos casualizados (DBC). Para efetuar o teste, utilizou-se água deionizada, papel Germitest e liga de elásticos látex.

A montagem e avaliação do experimento ocorreu de acordo com as regras de análise de sementes (RAS) apresentadas pelo ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009), onde as sementes foram distribuídas sobre duas folhas do papel germitest, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado, coberto com uma terceira folha e, logo após, armazenados em forma de rolos. Após confeccionar os quatro rolos de cada tratamento, estes foram mantidos juntos e inseriu-se mais uma folha do papel com a identificação do genótipo. Em seguida, todos os materiais foram adicionados dentro do germinador, modelo Mangesdof, dentro do laboratório a uma temperatura média de 25°C, por um período de sete dias.

Durante o período do teste, foram realizadas duas contagens para acompanhar a germinação e o desenvolvimento das estruturas essenciais da semente. A primeira contagem foi

realizada no quarto dia para avaliar a porcentagem média de sementes germinadas para cada tratamento, calculada em função da relação entre sementes germinadas e número total de sementes. A segunda contagem ocorreu no sétimo dia avaliando a porcentagem média de germinação observando e contabilizando as plântulas normais. Essas plântulas mostram o potencial para continuar evoluindo dando origem a plantas normais, ou seja, são plântulas que apresentam as estruturas essenciais bem desenvolvidas (sistema radicular, coleóptilo e parte aérea).

2.4 Variáveis avaliadas em campo

Em campo, o experimento em sequeiro foi implantado em delineamento de blocos casualizados (DBC), com sementes de todos os genótipos citados na Tabela 1. Inicialmente foi realizado o preparo de solo de forma convencional, utilizando grade aradora e niveladora, em seguida realizou a adubação, de acordo com a análise química e fertilidade do solo, utilizando $166,7 \text{ kg ha}^{-1}$ da formulação NPK (12-40-00). O plantio foi realizado junto a adubação com duas repetições de cada tratamento. As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas, cada uma com quatro metros de comprimento, espaçadas em 0,7 m entre linhas e 0,2 m entre as plantas.

Durante a condução do experimento, foram realizadas avaliações para determinar a produtividade de grãos (PG) de cada genótipo, sendo estas o estande final, a umidade de grãos e o peso de grãos da parcela.

2.5 Análise de dados

As três análises de variância foram realizadas utilizando o software R com a função `dic()` e `dbc()` do pacote “ExpDes.pt”. A análise de variância para as variáveis obtidas através do uso de imagens foi feita utilizando a função de delineamento inteiramente casualizados (DIC) enquanto para as variáveis do teste de germinação em laboratório e de produtividade de grãos, foi utilizado a função do delineamento de blocos casualizados (DBC). Em seguida, utilizou-se o pacote “Easyanova” para extrair a tabela de média dos tratamentos para todas as variáveis estudadas, além de realizar um agrupamento de Scott Knott para essas médias. Por fim, com as ferramentas do pacote “Metan” foram extraídas duas tabelas com os valores dos componentes principais 1 e 2 (PC 1 e PC2), em que na primeira tabela estão presentes os PC1 e PC2 das variáveis do teste de germinação e a produtividade de grãos e na segunda tabela estão as variáveis obtidas através das imagens e a produtividade de grãos. Dando continuidade, foram feitos dois gráficos “GT Biplot”, seguindo a mesma ordem das tabelas em relação as variáveis.

3. Resultados e Discursões

3.1 Análise de variância

Diante dos dados coletados nos experimentos, foram elaboradas três tabelas (Tabelas 2, 3 e 4) de análise de variância (ANOVA). A ANOVA é uma ferramenta utilizada para comparar a variância de três ou mais tratamentos, observando a possível existência de diferença significativa e confirmar a variabilidade genética entre os tratamentos (Hair Jr. *et al.*, 2009).

Na Tabela 2, estão as variáveis do teste de germinação realizadas em laboratório, sendo elas: Germi_4D (%) (porcentagem de germinação avaliadas no 4º dia) e Germi_7D (%) (porcentagem de germinação avaliadas no 7º dia). Analisando os resultados é possível observar que há diferença significativa entre os tratamentos para ambas as variáveis.

Tabela 2. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho para o teste de germinação em laboratório.

FV	GL	QM	
		Germi_4D (%)	Germi_7D (%)
TRATAMENTO	52	2166,97***	84,919***
BLOCO	3	55,88	12,093
RESÍDUO	156	191,19	25,888
CV (%)		23,43	5,28
MÉDIA		59	96

FV: Fator de variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; CV: Coeficiente de variação; ***: significativo a 0,1%, pelo teste F de probabilidade.

Observa-se na Tabela 3 os resultados da ANOVA para as variáveis extraídas por meio do imageamento das sementes, observando diferenças significativas para as variáveis, área e excentricidade, perímetro e diâmetro, indicando diferenças nas características morfológicas das sementes entre os tratamentos avaliados.

Tabela 3. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho utilizados para avaliar a qualidade das sementes através de imagens.

FV	GL	QM			
		Perímetro	Diâmetro	Área	Excentricidade
TRATAMENTO	52	5,081**	0,401**	7,863***	0,020***
RESÍDUO	159	3,017	0,237	3,210	0,007
CV (%)		14,99	13,18	15,51	15,36
MÉDIA		11,58	3,69	11,55	0,54

FV: Fator de variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; CV: Coeficiente de variação; **: significativo a 1%, *** significativo a 0,1%, pelo teste F de probabilidade.

Observa-se na Tabela 4 os resultados da ANOVA para a variável produtividade de grãos (PG), na qual nota-se significância a 1% entre os tratamentos.

Tabela 4. Resumo da análise de variâncias dos 53 tratamentos de milho que foram avaliados na área experimental da EMBRAPA.

FV	GL	QM
		PG
TRATAMENTO	52	1205858**
BLOCO	1	755124
RESÍDUO	52	533229
CV (%)		16,74
MÉDIA		4361,67

FV: Fator de variação; GL: Grau de liberdade; QM: Quadrado médio; CV: Coeficiente de variação; **: significativo a 1%, pelo teste F de probabilidade.

Com base nos resultados das tabelas 2, 3 e 4, verifica-se a existência de variabilidade genética entre os tratamentos, ou seja, ao menos um dos genótipos se diferencia significativamente dos demais. Essa variabilidade possibilita a seleção de genótipos superiores, contribuindo para o melhoramento da cultura, otimização da produtividade e a utilização desses genótipos em programas de melhoramento futuros. Além do mais, os valores do coeficiente de variação (CV) das variáveis estudadas mostram uma precisão nos dados coletados, de modo que seus valores foram considerados baixos e médios segundo a classificação de coeficiente de variação elaborada por Gomes (1985).

3.2 Tabela de média e agrupamento pelo método de Scott-Knott

Destaca-se na tabela 5 as médias dos tratamentos em relação as variáveis dos três experimento estudados, agrupando estes pelo método de Scott-Knott (1974). Essa análise de agrupamento permite dividir hierarquicamente os tratamentos, de acordo com suas médias, adicionando materiais estatisticamente iguais ao mesmo grupo e destacando os materiais superiores para determinada variável (Santos, 2022).

De acordo com as médias observadas, nota-se que as variáveis diâmetro, perímetro e produtividade de grãos não apresentaram valores estatisticamente diferentes entre os tratamentos. Em relação as variáveis de área e excentricidade, os tratamentos formaram dois grupos, sendo estes o grupo “a”, que foram os genótipos que apresentam maiores médias para essas variáveis, e o grupo “b”, que apresentaram médias mais baixas. A variáveis de germinação, G7 e G4, agruparam os tratamentos em três (A, B e C) e quatro (A, B, C e D) grupos distinto,

respectivamente. Além disso, percebe-se que 24,53% dos genótipos que estiveram contidos no grupo B para a variável G4, estavam presentes no mesmo grupo para a variável área, em que o mesmo comportamento se observa para as variáveis de germinação (G4 e G7) e excentricidade com uma média de 37,74%.

Observando os valores das médias para as variáveis de área, perímetro e PG, destaca-se que os cinco genótipos mais produtivos deste experimento, se comportaram com valores abaixo da média para as variáveis de área e perímetro. Esse resultado sugere que sementes com tamanhos menores tendem a ser mais produtivas, porém Moreano *et. al.* (2013) evidencia que ainda existe uma incógnita sobre estes resultados, devido as diversas conclusões divergentes gerada por vários autores diferentes.

Tabela 5: Agrupamento de médias, por meio do método Scott-Knott, dos 53 tratamentos para as variáveis de porcentagem de germinação com 4 dias e 7 dias (G4 e G7), produtividade de grãos (PG), diâmetro, área, perímetro e excentricidade.

Tratamento	G4	G7	PG	Diâmetro	Área	Perímetro	Excentricidade
T06	56 b	85 c	4048,15 a	3,90 a	12,59 a	11,92 a	0,49 b
T07	69 a	93 a	4576,76 a	3,90 a	12,27 a	12,48 a	0,62 a
T08	55 b	100 a	3599,63 a	3,8 a	12,18 a	11,84 a	0,46 b
T09	58.75 b	98 a	4717,96 a	3,57 a	10,62 b	11,04 a	0,47 b
T10	83 a	97 a	3799,80 a	3,99 a	13,14 a	12,77 a	0,62 a
T11	24 d	96 a	3356,34 a	3,74 a	11,31 b	11,90 a	0,49 b
T12	82 a	94 a	2501,37 a	3,48 a	9,89 b	10,71 a	0,53 b
T13	63 b	100 a	2952,59 a	3,35 a	9,42 b	10,22 a	0,49 b
T14	62 b	95 a	3612,24 a	3,81 a	11,96 a	11,54 a	0,49 b
T15	70 a	82 c	3734,31 a	4,11 a	13,81 a	13,12 a	0,65 a
T16	40 c	97 a	4525,26 a	3,46 a	9,90 b	10,80 a	0,56 a
T17	74 a	96 a	5883,78 a	2,92 a	9,70 b	8,78 a	0,45 b
T18	14 d	99 a	5102,09 a	3,77 a	11,42 b	11,66 a	0,58 a
T19	75 a	99 a	4157,91 a	3,96 a	13,18 a	13,18 a	0,59 a
T20	75 a	100 a	4505,38 a	3,54 a	10,41 b	10,85 a	0,48 b
T21	34 c	100 a	4520,79 a	3,74 a	11,74 a	12,44 a	0,48 b
T22	33 c	98 a	3080,89 a	3,86 a	12,01 a	11,73 a	0,62 a
T23	9 d	100 a	4416,02 a	4,11 a	13,78 a	13,16 a	0,51 b
T24	54 b	96 a	4549,99 a	3,62 a	11,16 b	11,65 a	0,54 b
T25	52 b	98 a	3902,83 a	3,74 a	11,47 b	11,39 a	0,48 b
T26	77 a	98 a	4198,03 a	3,64 a	11,19 b	11,05 a	0,49 b
T27	20 d	100 a	4586,09 a	3,97 a	12,87 a	12,53 a	0,47 b
T28	68 a	95 a	4107,48 a	3,95 a	12,95 a	12,23 a	0,49 b
T29	32 c	99 a	4767,83 a	3,79 a	12,26 a	12,63 a	0,47 b
T30	53 b	100 a	4320,80 a	3,90 a	13 a	12,63 a	0,50 b
T31	73 a	99 a	3764,62 a	3,56 a	10,49 b	11,45 a	0,45 b
T32	53 b	97 a	4027,63 a	3,69 a	14 a	11,10 a	0,51 b
T33	67 b	96 a	4239,82 a	3,43 a	9,94 b	11,17 a	0,60 a
T34	22.75 d	97.25 a	4889,60 a	3,42 a	12,06 a	10,61 a	0,49 b

T35	59 b	89 b	4543,48 a	3,91 a	11,28 b	11,95 a	0,46 b
T36	51 b	97 a	3784,39 a	3,78 a	11,97 a	11,63 a	0,57 a
T37	69.625 a	99 a	4751,72 a	3,78 a	11,97 a	11,63 a	0,57 a
T38	16 d	98 a	3940,98 a	3,09 a	11 b	9,72 a	0,60 a
T39	75 a	100 a	3300,07 a	3,85 a	12,21 a	11,87 a	0,53 b
T40	46 c	100 a	4268,28 a	3,11 a	10,12 b	10,58 a	0,53 b
T41	23 d	99 a	3674,66 a	3,58 a	10,84 b	11,27 a	0,57 a
T42	38 c	100 a	3700,77 a	3,33 a	9,41 b	10,46 a	0,38 b
T43	26 d	99 a	4649,60 a	3,66 a	11,75 a	12,14 a	0,55 a
T44	87 a	100 a	4909,73 a	3,45 a	9,98 b	10,82 a	0,58 a
T45	70 a	97 a	4288,84 a	2,96 a	12,48 a	8,93 a	0,48 b
T46	76 a	87 b	4474,16 a	3,58 a	10,61 b	11,91 a	0,77 a
T48	80 a	99 a	5326,54 a	3,66 a	10,82 b	10,97 a	0,49 b
T49	73 a	91 b	5424,47 a	3,67 a	10,84 b	11,08 a	0,49 b
T50	91 a	99 a	4425,69 a	4,12 a	13,41 a	13,15 a	0,61 a
T51	79 a	98 a	4938,23 a	3,59 a	10,30 b	10,97 a	0,57 a
T52	71 a	95 a	4250,51 a	3,34 a	8,87 b	10,27 a	0,64 a
T53	92 a	96 a	5779,13 a	3,59 a	10,22 b	10,95 a	0,68 a
T54	89.75 a	96 a	6428,98 a	3,34 a	8,92 b	10,08 a	0,55 a
T55	78 a	90 b	4961,78 a	4,01 a	13,28 a	13,08 a	0,63 a
T56	88 a	98 a	2975,62 a	4,13 a	13,56 a	12,61 a	0,48 b
T58	78 a	98 a	5418,77 a	3,58 a	10,47 b	11,28 a	0,66 a
T59	93 a	97 a	5174,59 a	3,96 a	12,41 a	13, a	0,51 b
T60	30 c	79 c	5331,52 a	4,68 a	14,53 a	14,89 a	0,53 b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste de Scott-Knott, com significância 5% ($p < 0,05$).

3.3 Gráfico GT biplot

O modelo de GT biplot (“genótipo vs. característica”) é uma ferramenta muito importante para os programas de melhoramento, pois permite visualizar graficamente os resultados comparativos entre genótipos, possibilitando a seleção dos mais promissores com base no desempenho das variáveis estudadas (YAN e RAJCAN, 2002). Além disso, os gráficos utilizam os valores dos componentes principais 1 e 2 (PC1 e PC2) que, quando somados e explicados 70% ou mais da variação total dos dados, confirma a maior confiabilidade nos resultados obtidos.

Através da tabela 6, pode-se entender que as variáveis de produtividade de grãos (PG) e porcentagem de germinação avaliada no quarto dia (G4) foram melhores explicadas pelo PC1, destacando uma correlação entre elas, enquanto que a variável de germinação avaliada no sétimo dia (G7), foi melhor explicada pelo PC2. Contudo, observando os valores de PG nas colunas de componentes principais (PC1 e PC2) e relacionando com os valores de G4 e G7, nota-se que materiais que possui taxa de germinação mais lenta, tendem a ser menos produtivo, enquanto que

aqueles germinam mais rápido são mais produtivos. Queiroz *et. al.* (2019) e Andreoli *et. al.* (2002) afirmaram em seus estudos que materiais com alto potencial germinativo, com emergência mais rápida, são mais produtivos.

Tabela 6: Valores de componentes principais 1 e 2 para as variáveis de produtividade, porcentagem de plantas germinadas no 4º dia e porcentagem de plântulas normais avaliadas no 7º dia.

Variáveis	PC1	PC2
PG	-0,68	0,23
G4	-0,65	0,48
G7	0,60	0,78

PG: Produtividade; G4: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 4º dia; G7: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 7º dia; PC1: Componente principal 1; PC2: Componente principal 2.

A tabela 7 explica a correlação entre PC1 e PC2 com as variáveis de produtividade de grãos (PG) e as variáveis morfológicas obtidas por imagem – área, perímetro, diâmetro e excentricidade –, confirmando que excentricidade e PG foram melhores explicadas pelo PC2 e a área, perímetro e diâmetro pelo PC1. Este resultado mostra que genótipos com maiores valores para área, perímetro e diâmetro são menos produtivos, enquanto que, os que tem maiores valores de excentricidade são mais produtivos.

Tabela 7: Valores de componentes principais 1 e 2 para as variáveis de produtividade, área, perímetro, diâmetro e excentricidade.

Variáveis	PC1	PC2
PG	0,25	-0,66
Área	-0,97	0,09
Perímetro	-0,99	-0,07
Diâmetro	-0,98	0,02
Excentricidade	-0,27	-0,76

PG: Produtividade; PC1: Componente principal 1; PC2: Componente principal 2.

Observa-se nas Figuras 2 e 3 o gráfico de GT biplot “média vs. estabilidade”, utilizado para avaliar o desempenho dos 53 genótipos analisados neste estudo. Nessas figuras, observa-se que os dois primeiros componentes principais explicaram um total de 71,65% e 80,84% da variação total, respectivamente. Esses resultados indicam que o gráfico está explicando a maior parte da variabilidade total da interação genótipo x característica, proporcionando maior precisão e confiabilidade na interpretação dos resultados (YAN, 2001). Além disso, os valores das

correlações entre os PC1 e PC2 com cada variável estudada estão contidos nas tabelas 6 e 7, destacando a importância das variáveis em cada componente principal.

Na Figura 2, as variáveis do teste de germinação (G4 e G7) foram analisadas junto com a variável de produtividade de grãos (PG). Notando-se que as variáveis PG e G4 estão posicionadas no lado esquerdo da reta contendo a seta, enquanto a variável G7 está localizada à direita. Dessa forma, verifica-se que os genótipos presentes do lado esquerdo apresentaram valores superiores para as variáveis PG e G4, enquanto os genótipos presentes do lado direito tiveram valores inferiores para essas mesmas variáveis. Ou seja, segundo as informações presentes no gráfico, os genótipos com maior porcentagem de germinação nos primeiros 4 dias, tendem a ser mais produtivos, sendo uma afirmação confirmada, também, por Andreoli *et al.* (2002).

Porém vale destacar que genótipos com menor estabilidade deve ser melhor observado quanto a esta regra, como é o caso do T60 e T6, que apresentaram menores médias para a variável G4, possivelmente por fatores que interferiram na fisiologia da semente. A estabilidade dos genótipos pode ser observada por meio de suas projeções, onde quanto menor for essa projeção, maior estabilidade do tratamento (OLIVEIRA, 2019).

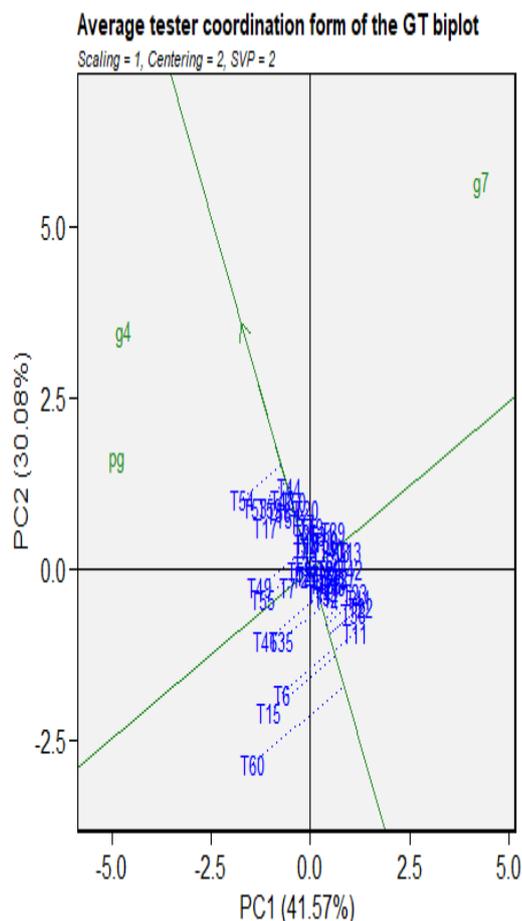


Figura 2: GT Biplot médias vs. estabilidade dos 53 genótipos, indicando os genótipos com melhor desempenho em relação à média geral para as variáveis: PG: produtividade

de grãos, G4: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 4º dia e G7: avaliação de porcentagem de plantas germinadas no 7º dia.

Na Figura 3, estão presentes as variáveis obtidas por meio de imagem (área, diâmetro, perímetro e excentricidade) junto com a variável de produtividade de grãos (PG). Observa-se que as variáveis de área, perímetro e diâmetro estão posicionadas de maneira oposta às variáveis excentricidade e PG. Vale ressaltar que a excentricidade da semente está relacionada com a sua parte física, sendo a razão entre comprimento e largura, destacando que quanto mais alongada for a semente maior será a produtividade. Venial (2024) notou que semente mais alongadas podem apresentar melhores resultados em relação as características de germinação e crescimento e, conseqüentemente elevar a produtividade quando comparada com as que possuem proporções menores.

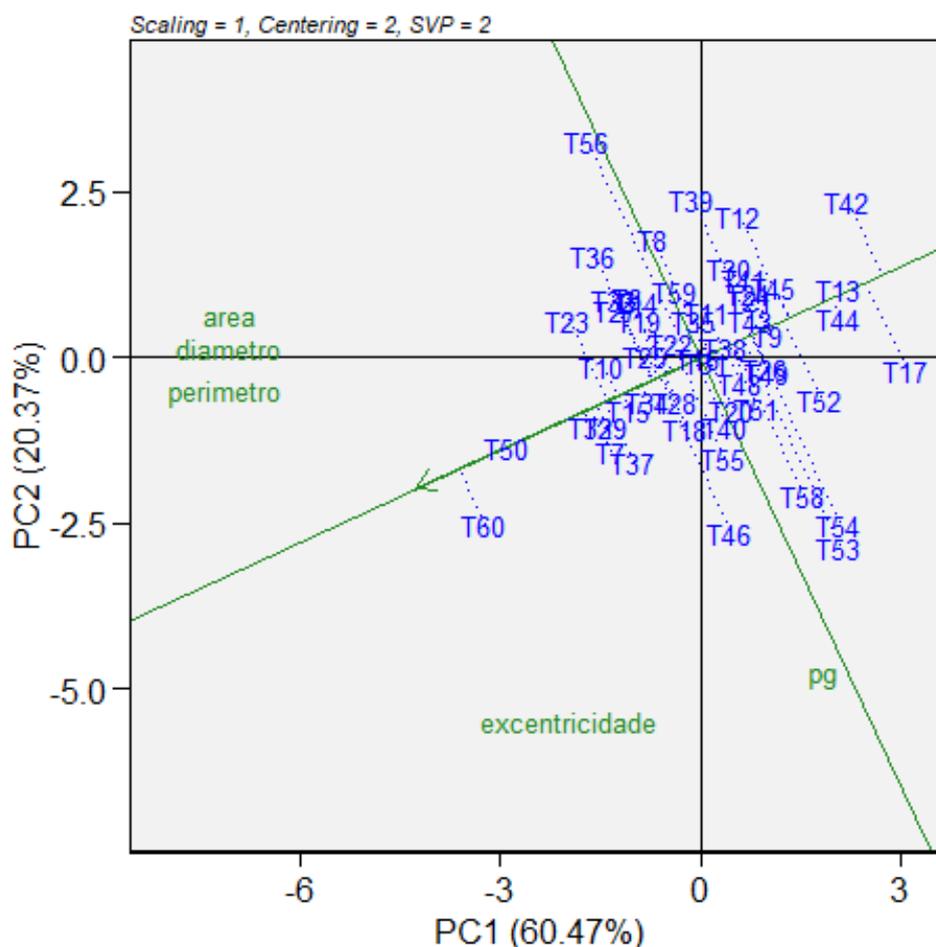


Figura 3: GT Biplot médias vs. estabilidade dos 53 genótipos, indicando os genótipos com melhor desempenho em relação à média geral para as variáveis: PG: produtividade de grãos, excentricidade, área, diâmetro e perímetro.

Diante das análises realizadas com as características morfológicas e o teste de germinação é possível compreender que as variáveis área, perímetro, diâmetro e G7 apresentam valores adversos para a variável PG, e as variáveis G4 e excentricidade mostraram-se conectadas positivamente com PG. Castro (2024) destaca em seu trabalho que lotes de sementes que

obtiveram maiores valores para excentricidade apresentaram resultados superiores quanto as taxas de germinação e primeira contagem.

Os resultados deste estudo evidenciam a eficácia da análise de sementes por meio de imagens, através das características morfológicas, para identificar genótipos com maior potencial produtivo.

4. Conclusões

A variável excentricidade correlaciona-se positivamente com a produtividade, destacando essa metodologia como uma ferramenta promissora para a seleção de genótipos superiores.

A variável G4 mostrou-se correlacionada, negativamente com a variável área e, positivamente com a excentricidade, extraída por imagens, para grande parte dos genótipos, sendo importante continuar essa relação para estudos futuros.

Sugere-se análises por meio de imagens desses materiais em suas primeiras fases vegetativas.

5. Referências bibliográficas

ANDREOLI, C *et al.* **Influência da germinação da semente e da densidade de semeadura no estabelecimento do estande e na produtividade de milho.** 2. ed. São Carlos, SP: Revista Brasileira de Sementes, 2002. 1-5 p. v. 24.

ARNHOLD, E. **Análise de Variância e outras análises complementares importantes.** Pacote do R. 2013.

BARROS, J. F. C. **A cultura do milho.** Universidade de Évora, 2014. Disponível em: <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>. Acesso em: 21/02/2025

BRANDANI, E. B. **Análise de imagens na avaliação do vigor de sementes de soja.** Dissertação (MESTRADO) — Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, DF. 54 p, 2017.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Secretaria de Defesa Agropecuária. — Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CASTRO, M. I. S. **Padronização do uso do plugin Seeds Analysis no software ImageJ para avaliação de vigor de sementes e plântulas de soja.** Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 37 f. 2024.

COÊLHO, J. D. **Milho: Produção e Mercados.** Fortaleza, CE: Escritório técnico de estudos econômicos do Nordeste - ETENE, 2024. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2700>. Acesso em: 21/02/2025.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília, DF. v. 11, safra 2023/2024, n:12. Décimo segundo levantamento, setembro de 2024.

DE OLIVEIRA, Silvia Sanielle Costa *et al.* **Analysis of seedling images to evaluate the physiological potential of soybean seeds.** 3. ed. REVISTA OBSERVATORIO DE LA ECONOMIA LATINOAMERICANA, Curitiba. v. 22, 01-15 p, 2024. ISBN 1696-8352.

DOMPIERI, M. H. G.; CUENCA, M. A. G.; SANTOS, F. R. dos. **Expansão da produção do milho e substituição de cultivos na região do sertão ocidental, no Estado de Sergipe.** Aracaju, SE. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/156278/1/BP-120.pdf>. Acesso em: 15/08/2023.

GOMES, F P. **Estatística moderna na pesquisa agropecuária.** Piracicaba, SP. Potafos, 1985.

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.

HAIR JR, Joseph F *et al.* **Análise Multivariada de dados.** 6. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 1, 304-355 p, 2009. ISBN 978-85-7780-534-1.

MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SILVA, J. A. **Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, RECIFE, PE, v. 13, n. 3, p. 1 – 7, 2018.

MENEZES, S. S. M. *et al.* **Configuração espacial da geografia alimentar em Sergipe.** Open Edition journals, 2019. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/20412>. Acesso em: 21/02/2025.

- MOREANO, T.B. *et al.* **Evolução da qualidade física de sementes de soja durante o beneficiamento.** Informativo ABRATES, Maringá, PR, v. 23, n. 3, p. 25-31, 2013.
- OLIVEIRA, P. S. de; OLIVEIRA, J. S. de. **Produção de Silagem de Milho para Suplementação do Rebanho Leiteiro.** Juiz de Fora, MG, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/991566/producao-de-silagem-de-milho-para-suplementacao-do-rebanho-leiteiro>. Acesso em: 15/08/2023.
- OLIVEIRA, T.R.A. *et al.* **The GT biplot analysis of green bean traits.** Ciência Rural, Santa Maria, v.48:06, 2018.
- OLIVOTO, T. **Lights, camera, pliman! An R package for plant image analysis.”** *Methods in Ecology and Evolution.* Pacote do R. 2022.
- QUEIROZ, T. N. *et al.* **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de variedades tradicionais de milho.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, MG, v. 17, n. 1, 9p, 2019.
- SCOTT, A. J., & KNOTT, M. A. **A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance.** Biometrics, Alexandria, 30: 507-512, 1974.
- SANTOS, Leticia Gauna dos. **Adaptação do método aglomerativo de SCOTT-KNOTT a dados de contagem.** Monografia (graduação em Estatística) – Instituto de ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG. 58p. 2022.
- STANSTOUS, A. A. L. *et al.* **Genotype-Trait (GT) Biplot Analysis for Yield and Quality Stability in Some Sweet Corn (*Zea mays L. saccharata*) Genotypes.** Agronomy 2023, v. 13, 1538. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061538>.
- VENIAL, L. R. **Visão computacional associada a deep learning na avaliação da qualidade de sementes.** Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 145 p, 2024.
- YAN, Weikai; RAJCAN, Istvan. **Biplot Analysis of Test Sites and Trait Relations of Soybean in Ontario.** 1. ed. *Local: Crop Sci*, v. 42, 11-20 p, 2002.
- ZHANG, Keliang *et al.* **Deterioration of orthodox seeds during ageing: Influencing factors, physiological alterations and the role of reactive oxygen species.** ELSEVIER: Plant Physiology and Biochemistry, v. 158, 475-485 p, 2021.

6. Agradecimentos

Agradeço, primeiramente a Deus, por nunca me desamparar nessa jornada e me ajudar a vencer todos os obstáculos que encontrei pelo caminho até chegar a este momento tão esperado por mim e por minha família. Mãe e Pai, que estão ao lado de Deus, esse título, é por vocês.

Agradeço a minha AVÓ, Josefa Maria, por sempre me apoiar e acreditar que NÓS DUAS chegaríamos até aqui, por nunca me desamparar e sempre me apoiar em TUDO que precisei durante essa jornada. Ao meu marido (Heraldo Chagas), meu irmão (Luís Ricardo), minha sobrinha (Luísa), minha prima (Karla Priscilla), meu padrinho (Humberto Junior), todos os meus tios e aos meus amigos (em especial Brenda, Vitória, Kassandra e Amanda) meu muito obrigada por todo apoio e conselhos que sempre me deram.

A todos que formam a família GEMS – Grupo de Estudos em Melhoramento Vegetal do Semiárido – e, principalmente, aqueles que iniciaram a jornada junto comigo (Barbara, Nartênia, Darligton, Kelvin, Ronivaldo, Henrique e Mário) muito obrigada por todo apoio, paciência e por todas as diversões vividas. Agora somos os verdadeiros “Da faculdade para a vida”.

Agradeço a todo o corpo docente da Universidade e ao meu orientador Gustavo Hugo Ferreira de Oliveira, por toda disposição e dedicação para nos passar conhecimentos durante esse período de cinco anos.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta trajetória junto comigo e que, de alguma forma, contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui. Amo todos vocês.