

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOSÉ VALDEMIR FERREIRA JUNIOR

**ANÁLISE MULTIVARIADA COM MAPA DE CALOR PARA
RANQUEAMENTO DE VIGOR EM TRIGO**

Rio Largo – AL

2024

JOSÉ VALDEMIR FERREIRA JUNIOR

**ANÁLISE MULTIVARIADA COM MAPA DE CALOR PARA
RANQUEAMENTO DE VIGOR EM TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia do Campus de Engenharias e
Ciências Agrárias – CECA, da Universidade
Federal de Alagoas – UFAL, como requisito
para a obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior

Rio Largo – AL

2024

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

F283a Ferreira Junior, José Valdemir.

Análise multivariada com mapa de calor para ranqueamento de vigor em trigo. / José Valdemir Ferreira Junior. – 2024.

26 f.: il.

Orientador(a): João Luciano de Andrade Melo Junior.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Clusters. 2. Sementes agrícolas. 3. *Triticum aestivum* L.. I. Título.

CDU: 581.5: 631.531

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOSÉ VALDEMIR FERREIRA JUNIOR

“Análise multivariada com mapa de calor para ranqueamento de vigor em trigo”

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Aprovado em 07/11/2024.

Documento assinado digitalmente
 JOAO LUCIANO DE ANDRADE MELO JUNIOR
Data: 14/11/2024 22:20:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior – UFAL (Orientador)

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 IVOMBERG DOURADO MAGALHAES
Data: 19/11/2024 20:16:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Ivomberg Dourado Magalhães – UFAL (Examinador interno)

Documento assinado digitalmente
 LUAN DANILO FERREIRA DE ANDRADE MELO
Data: 16/11/2024 10:15:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luan Danilo Ferreira de Andrade Melo – UFAL (Examinador interno)

Rio Largo - AL

Novembro - 2024

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho não seria possível sem o apoio de diversas pessoas e instituições, às quais gostaria de expressar minha sincera gratidão.

Agradeço primeiramente à Deus, por me guiar e dar forças para seguir firme em busca dos meus objetivos.

Aos meus familiares, em especial aos meus amados pais, Eliete Pereira Santos e José Valdemir Ferreira, que sempre me incentivaram e apoiaram incondicionalmente. Aos meus irmãos, Hemyly Karolayny Santos Ferreira e José Carlos dos Santos Silva, pela parceria e por sempre estarem ao meu lado, torcendo pelo meu sucesso e oferecendo apoio em todos os momentos. A vocês, minha eterna gratidão pelo amor e pela confiança depositada em mim.

Entre todas as pessoas que me apoiaram nesta jornada, um agradecimento especial é dedicado à minha esposa, Fernanda Joyce Barbosa dos Santos. Sua paciência, compreensão e amor incondicional foram fundamentais para que eu pudesse concluir este trabalho. Agradeço por estar ao meu lado nos momentos de desafio, por acreditar em mim e por ser minha fonte constante de inspiração e força. Seu apoio foi essencial em cada etapa deste caminho, e por isso, dedico a você este trabalho com todo o meu carinho e gratidão.

À minha sogra, Rozileide Barbosa dos Santos, pela generosidade, pelo acolhimento e por acreditar em mim, oferecendo palavras de incentivo e apoio durante todo o processo.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Luciano de Andrade Melo Junior, agradeço por sua orientação, paciência e dedicação ao longo de todo o processo. Suas sugestões e ensinamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, que compartilharam comigo momentos de estudo e de descontração, ajudando a tornar essa jornada mais leve e enriquecedora. Vocês foram uma parte essencial desta caminhada.

Gostaria de agradecer ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, por fornecer os recursos necessários para a realização deste trabalho, e aos professores do curso, que contribuíram significativamente para a minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite e disponibilizado seu tempo para a avaliação deste trabalho e contribuindo com sugestões.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho, direta ou indiretamente.

A todos, meu muito obrigado.

RESUMO

O trigo é um dos principais cereais cultivados globalmente com grande importância econômica. Assim, a utilização de sementes de qualidade e de alto vigor está relacionada ao sucesso de sua produção. Com isso, o ranqueamento dos lotes conforme o seu vigor é essencial para as empresas de sementes, a fim de analisar simultaneamente os diferentes lotes. Diante do exposto, propôs-se avaliar o potencial fisiológico de sementes de variedades de trigo, e verificar o efeito do Dendrograma com gráfico de calor para determinar o vigor em sementes de trigo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, e os tratamentos consistiram em cinco variedades de trigo (BRILHANTE, DUQUE, BRS404, BRS394 e BRS264) e quatro repetições de 50 sementes, totalizando 20 parcelas experimentais. Depois, as sementes foram semeadas sobre papel mata borrão umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, em Caixas Gerbox Transparente (11 cm x 11 cm x 3,5 cm), e colocadas na Incubadora D.B.O. (Demanda Biológica de Oxigênio) por oito dias a 20 °C. O ranqueamento das variedades de trigo pela qualidade fisiológica das sementes foi realizado usando o pacote ‘MultivariateAnalysis’, e função HeatPlot, apresentando um gráfico de calor para a interpretação do Dendrograma (objeto criado pela função ‘Dendrograma’), no R versão 4.4.1. As variedades BRS404, BRS264 e DUQUE foram apresentadas no mesmo cluster, e as variedades BRS394 e BRILHANTE, em clusters separados. Observou-se no dendrograma, pelos padrões de cores, e resultados de germinação e vigor, que as variedades BRS404, BRS264 e DUQUE apresentaram alto vigor, a BRS394, vigor médio, e a BRILHANTE, baixo vigor. Possivelmente, sob condições de campo, a variedade BRILHANTE, apresentaria desenvolvimento mais lento, e estádios fenológicos desuniformes, o que poderia comprometer o manejo. O Dendrograma permite identificar rapidamente o vigor de sementes em variedades de trigo, mostrando a BRS404, BRS264 e DUQUE no mesmo cluster.

Palavras-chave: Clusters. Sementes agrícolas. *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

Wheat is one of the main cereals cultivated globally, with significant economic importance. Thus, the use of high-quality and high-vigor seeds is essential to the success of its production. Ranking seed lots according to their vigor is essential for seed companies to simultaneously analyze different lots. Given this, the aim was to evaluate the physiological potential of wheat seed varieties and to verify the effect of the Dendrogram with heatmap to determine seed vigor in wheat. The experimental design was completely randomized, and treatments consisted of five wheat varieties (BRILHANTE, DUQUE, BRS404, BRS394, and BRS264) and four repetitions of 50 seeds, totaling 20 experimental units. The seeds were then sown on blotting paper moistened with water at a volume equivalent to 2.5 times the weight of the dry paper, placed in Transparent Gerbox Boxes (11 cm x 11 cm x 3.5 cm), and kept in a B.O.D. Incubator (Biological Oxygen Demand) for eight days at 20 °C. The ranking of wheat varieties by seed physiological quality was conducted using the 'MultivariateAnalysis' package and HeatPlot function, presenting a heatmap for the interpretation of the Dendrogram (an object created by the 'Dendrogram' function) in R version 4.4.1. Varieties BRS404, BRS264, and DUQUE were presented in the same cluster, while varieties BRS394 and BRILHANTE were in separate clusters. Observed in the dendrogram, based on color patterns and germination and vigor results, varieties BRS404, BRS264, and DUQUE showed high vigor, BRS394 showed medium vigor, and BRILHANTE showed low vigor. Under field conditions, the BRILHANTE variety might potentially exhibit slower development and uneven phenological stages, which could hinder management. The Dendrogram allows for the rapid identification of seed vigor in wheat varieties, showing BRS404, BRS264, and DUQUE in the same cluster.

Key words: Clusters. Agricultural seeds. *Triticum aestivum* L. Physiological potential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variedades de trigo ranqueadas pelo vigor no dendrograma.....	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de variedades de trigo.....	19
Tabela 2:	Uniformidade das germinações (Z), comprimento (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de variedades de trigo.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Informações sobre a cultura do trigo e principais usos.....	13
2.2 Importância da cultura do trigo.....	13
2.3 Qualidade fisiológica das sementes	14
2.4 Viabilidade e vigor de sementes.....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Delineamento experimental	17
3.2 Teste de germinação e testes de vigor.....	17
3.3 Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÕES.....	24
6. REFERÊNCIAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

Com grande relevância na economia mundial, o trigo é uma das principais culturas alimentares (Polido et al., 2020), sendo o segundo cereal mais produzido, atingindo uma produção mundial de 789,5 milhões de toneladas na safra de 2022-2023 (USDA, 2023).

No Brasil, a produção de trigo apresenta aumento, conforme relatado pela CONAB (2023) e USDA (2023), que na safra 2022 o país superou a marca de 10,5 milhões de toneladas da produção total, estabelecendo um novo recorde para essa cultura como a maior safra registrada. E na safra 2022-2023 produziu 10,6 milhões de toneladas de grãos, aproximando-se do valor de consumo total anual, que é estimado em cerca de 11,9 milhões de toneladas.

Desta forma, a qualidade das sementes utilizadas na semeadura está relacionada ao êxito da produção agrícola, desde sua geração até seu cultivo. E dada a elevada utilização das sementes de trigo no cultivo, destaca-se a importância desse insumo para o seu sistema de produção (Buratto et al., 2020). Com isso, avaliar o vigor das sementes é indispensável, já que se refere ao conjunto de propriedades que atribuem às sementes o potencial para germinar (Marcos-Filho, 2015), demonstrando assim, capacidade para originar plantas normais, uniformes e de forma rápida, sob variadas condições edafoclimáticas (Rodrigues et al., 2018). Além disso, é amplamente reconhecido que sementes de elevado vigor resultam em plantas com excelentes características agronômicas (Krzyzanowski; Dias; França-Neto, 2022).

E um dos métodos mais empregados para a avaliação da viabilidade de lotes de sementes é o teste de germinação. Ele é o método padrão utilizado para determinar a qualidade das sementes para fins de comercialização (França-Neto; Krzyzanowski, 2018). Atrelado a isso, o ranqueamento dos lotes conforme o seu vigor é essencial para as empresas de sementes, a fim de acelerar a entrega de sementes de qualidade padronizada aos produtores (Rocha et al., 2023). Assim, a análise multivariada permite analisar as reações metabólicas das sementes em relação às demais, destacando semelhanças e diferenças entre as espécies.

Esta análise, possibilita avaliar múltiplas variáveis simultaneamente, permitindo selecionar e classificar os lotes em grupos de acordo com a qualidade, mantendo as informações contidas nas variáveis originais e também mostrando as

relações entre elas, facilitando assim, a interpretação dos dados (Barbosa et al., 2013; Vicini et al., 2018).

Diante do exposto, propôs-se avaliar o potencial fisiológico de sementes de variedades de trigo, e verificar o efeito do Dendrograma com gráfico de calor para determinar o vigor em sementes de trigo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Informações sobre a cultura do trigo e principais usos

O Trigo (*Triticum aestivum* L.) pertencente à família botânica Poaceae, é uma espécie originária do Oriente Médio. É uma planta de ciclo anual, cuja duração do desenvolvimento varia de 110 a 120 dias após o plantio, dependendo da variedade (Conab, 2017).

O trigo destaca-se como um dos cereais mais abundante cultivados mundialmente. E graças ao avanço genético, demonstra notável adaptação a diversas condições edafoclimáticas, sendo cultivado desde áreas de clima desértico do Oriente Médio até regiões com elevados índices de precipitação, como na China e Índia (Heberle et al., 2020). É umas das principais cultivares mundiais, fornecendo matéria prima principalmente para a alimentação humana (Gaspareto, 2022). Segundo as Organizações das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2021), o trigo desempenha um papel fundamental na segurança alimentar e na economia de diversos países.

Esse grão está inserido principalmente nas indústrias alimentícias, sendo matéria prima na produção de diversos alimentos, como massas, pães, bolos, biscoitos etc., e nas indústrias não alimentícias, como farmacêutica, cosméticas melíferas e ainda, na alimentação animal, como forrageira (Mori; Ignaczak, 2011).

2.2 Importância da cultura do trigo

O trigo tem enorme relevância na economia global com aproximadamente 30% da produção mundial de grãos, e segundo os dados relatados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA em 2020, a produção mundial na safra 2018/2019 foi de 734,4 milhões de toneladas de trigo (USDA, 2020). Porém esses valores se mostram insuficientes, já que, com o aumento populacional, fica clara a demanda por um aumento na produção de alimentos, sendo o trigo um insumo crucial para vários segmentos da indústria alimentícia (Mattuella et al., 2018).

Na produção desse grão, o Brasil contém uma área de mais de 3 milhões de hectares cultivadas com trigo, com uma produção de mais de 10,5 milhões de toneladas na safra de 2022, um recorde brasileiro. O Estado do Rio Grande do Sul

foi responsável pela maior parte dessa produção, acarretando a maior produtividade média dos três Estados da Região Sul (Conab, 2023). Além do Sul, o Cerrado vem ganhando relevância na agricultura irrigada. E no cultivo em sequeiro, a cultura do trigo vem se destacando nos Estados de Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul e Bahia, a maior parte localizada na região Central do país (Conab, 2017). Além da demanda brasileira por grãos de trigo, essa cultura também fornece palhada para as culturas de verão, como soja, milho, feijão e sorgo, assim, justificando o interesse socioeconômico nessa cultura (Pimentel et al., 2018).

2.3 Qualidade fisiológica das sementes

Nos últimos anos a produção do trigo no Brasil vem crescendo devido a introdução de novas cultivares que apresentam um grande potencial de rendimento, além de serem utilizadas novas áreas de cultivo, que antes eram ocupadas pela pecuária, mas para que essas lavouras sejam mantidas é necessário que as sementes utilizadas apresentem alta qualidade, além de apresentar grandes quantidades (Conab, 2017). E para essa utilização, seja para gerar autossuficiência na produção de grão ou para exportação, o tricultor precisa usar técnicas e estratégias de manejo, uma vez que o mercado atual está com alto padrão de beneficiamento das sementes (Melo et al., 2016; Wurz et al., 2019).

O uso dessas sementes de alta qualidade fisiológica, aliado a práticas de cultivo apropriadas, contribui para a obtenção de estandes mais uniformes e o aumento da produção de grãos. Sementes de alta qualidade fisiológica exibem maior velocidade nos processos metabólicos, resultando em uma emissão mais rápida e uniforme da raiz primária durante a germinação e um crescimento mais acelerado. Isso resulta em plântulas de maior tamanho inicial, o que resulta em um crescimento e rendimento de grãos superiores (Munizzi, 2010).

Portanto, a ausência de um dos fatores dessa qualidade da semente, definida como a combinação de características genéticas, físicas, fisiológicas e sanitárias, resulta na incapacidade de um lote de sementes gerar uma lavoura homogênea composta por plantas vigorosas e representativas da cultivar, sem a presença de plantas invasoras ou indesejáveis. Em condições de campo, onde tem condições adversas para a germinação, especialmente em situações de estresse térmico e hídrico, as reações das sementes podem ser bastante distintas, principalmente em

sementes com baixo vigor (Marcos-Filho, 2015). Assim, sementes de qualidade, representam o principal componente nos sistemas de produção, e a sua qualidade fisiológica é o fator chave para um bom crescimento inicial no campo, resultando em uma boa colheita e elevada produtividade (Nogueira et al., 2014).

2.4 Viabilidade e vigor de sementes

O potencial fisiológico, ou seja, germinação e vigor, das sementes está vinculado à sua habilidade de executar funções vitais. O máximo potencial fisiológico é atingido durante a maturidade fisiológica, e imediatamente após esse estágio, as sementes se tornam suscetíveis a alterações degenerativas em níveis fisiológicos e bioquímicos. Essa suscetibilidade está condicionada ao intervalo de tempo até a colheita, às condições ambientais e aos métodos empregados na secagem, beneficiamento e armazenamento das sementes (Marcos-Filho, 2015).

A utilização de sementes de alto potencial fisiológico pode assegurar uma população de plantas apropriadas em diferentes condições ambientais de campo durante a fase de emergência. Além disso, possibilita o aumento da produção mesmo quando as densidades de plantas forem inferiores ao desejado. Em contrapartida, sementes com baixo vigor podem resultar na diminuição da taxa de emergência, uniformidade, emergência total, tamanho inicial e no estabelecimento de estandes adequados (Almeida et al. 2020).

Uma das maneiras mais rápidas de verificar o vigor das sementes, é a aplicação de testes que avaliam o desempenho das plântulas. No entanto, quando se trata de distinguir lotes de sementes, os resultados nem sempre são eficazes, visto que, o vigor não expressa apenas uma única característica e sim várias, sendo necessário a aplicação de outros testes e análises mais aprofundadas. E quando se fala em vigor, se refere à capacidade da semente de manifestar seu potencial germinativo mesmo em condições de estresse ou quando as condições ideais para o desenvolvimento da semente em plântulas não estão presentes (França-Neto; Krzyzanowski, 2018).

Portanto, o vigor é o arranjo de características que fornece à semente a capacidade para expressar ações como germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, mesmo em condições aleatórias do ambiente. O processo de germinação das sementes pode ser influenciado por fatores intrínsecos, como a

viabilidade e o vigor, além de fatores extrínsecos, como a água, temperatura e oxigênio. Dessa forma, avaliar o vigor das sementes é de grande importância para assegurar a qualidade, o sucesso e conseqüentemente uma boa produtividade da cultura (Marcos-Filho, 2017; Carvalho, Nakagawa 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Fitotecnia, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, Brasil. Foram utilizadas variedades de trigo, cujos lotes de sementes foram cedidos pela Embrapa Tabuleiros Costeiros.

3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, e os tratamentos consistiram em cinco variedades de trigo (BRILHANTE, DUQUE, BRS404, BRS394 e BRS264) e quatro repetições com 50 sementes, totalizando 20 parcelas experimentais.

3.2 Teste de germinação e testes de vigor

Previamente ao teste de germinação, as sementes foram imersas em Álcool 70% por 3min., seguida da lavagem em água corrente por 3min. Depois, as sementes foram semeadas sobre Papel Mata Borrão umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, em Caixas Gerbox Transparente (11 cm x 11 cm x 3,5 cm), e colocadas na Incubadora D.B.O. (Demanda Biológica de Oxigênio) por oito dias a 20 °C.

Considerou-se como germinada a semente que originou raiz seminal, coleóptilo e ou folha primária normais, com capacidade para continuar o seu desenvolvimento normal sob condições de campo (Brasil, 2009).

O teste de primeira contagem de germinação foi conduzido juntamente com o teste de germinação, mas contabilizando-se o número de sementes germinadas no quarto dia após a instalação do teste de germinação.

Para a determinação do Índice de Velocidade de Germinação (IVG), as contagens de sementes germinadas foram diárias, por oito dias, e ao final, utilizou-se a fórmula $IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (GN/NN)$, onde G1, G2 e GN representaram o número de sementes germinadas na primeira, segunda e última contagem e, N1, N2 e NN, primeiro, segundo e último dia de contagem, respectivamente (Maguire, 1962).

O índice de sincronia das germinações (Z) foi calculado através da fórmula $Z = \sum C_{n1,2} / N \approx C_{n1,2} = n_i (n_i - 1) / 2$; $N = \sum n_i (\sum n_i - 1) / 2$ onde $C_{n1,2}$ a combinação das sementes germinadas no i enésimo tempo e n_i o número de sementes germinadas no tempo i (Primack, 1980).

No final do teste de germinação, as plântulas de trigo foram medidas com régua graduada, da ponta da raiz seminal até a ponta da folha primária, sendo os dados médios expressos em cm/plântula.

Posteriormente, as plântulas de cada repetição foram acondicionadas em Saco de Papel Kraft, e colocadas para secar em Estufa com Circulação de Ar Forçada por 24h a 80 °C. Em seguida, a massa seca de plântulas foi pesada em balança analítica 0,0001 g, e os dados foram expressos em g (Nakagawa, 1999).

3.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à Análise da Variância, e uma vez o Fcal significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, usando o Sisvar Versão 5.8 (Ferreira, 2014).

O ranqueamento das variedades de trigo pela qualidade fisiológica das sementes foi realizado usando o pacote ‘MultivariateAnalysis’, e função HeatPlot, apresentando um gráfico de calor para a interpretação do Dendrograma (objeto criado pela função ‘Dendrograma’), no R versão 4.4.1 (Azevedo, 2024; Ferreira, 2018; Hair, 2016; Cruz; Carneiro, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem média de germinação de sementes de variedades de trigo não diferiu significativamente entre si, com germinações $\geq 98\%$. Em relação à primeira contagem de germinação, as variedades DUQUE, BRS404, BRS394 e BRS264 apresentaram maior número de sementes germinadas, $\geq 96\%$, não diferindo significativamente entre si, entretanto, a variedade BRILHANTE, com 88% de germinação, apresentou menor desempenho. E para o Índice de Velocidade de Germinação, observou-se melhor desempenho da DUQUE, BRS404 e BRS264, respectivamente, com índices de 24,383, 24,458 e 24,041, já a BRILHANTE, cuja velocidade foi de 19,000, apresentou pior desempenho (Tabela 1).

Tabela 1. Germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de variedades de trigo.

Variedade	G (%)	PCG (%)	IVG
BRILHANTE	98 a	88 b	19,000 c
DUQUE	98 a	98 a	24,383 a
BRS404	99 a	99 a	24,458 a
BRS394	99 a	96 a	21,125 b
BRS264	99 a	99 a	24,041 a
F	0,17 NS	11,51 **	17,87 **
CV(%)	1,33	2,71	4,09

Nota: Letra minúscula na coluna compara as variedades.

NS Não significativo.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2024.

As variedades DUQUE, BRS404 e BRS264 apresentaram sincronia das germinações de 0,9322, 0,9226 e 0,8426, não diferindo significativamente entre si, respectivamente (Tabela 2). Resultados de sincronia indicaram que a distribuição unimodal de germinações das sementes DUQUE, BRS404 e BRS264, aconteceria rapidamente, ou seja, com maior número de sementes germinadas num período relativamente curto. E no campo, essas variedades teriam estabelecimento e desenvolvimento mais uniforme. No entanto, a BRILHANTE, com índice de

uniformidade de 0,3904, apresentaria distribuição polimodal, e provavelmente, espalhamento das germinações ao longo do tempo.

Tabela 2. Uniformidade das germinações (Z), comprimento (CP) e massa seca de plântulas (MSP) de variedades de trigo.

Variedade	Z	CP (cm)	MSP (g)
BRILHANTE	0,3904 c	10,52 c	0,3194 d
DUQUE	0,9322 a	13,55 ab	0,4690 a
BRS404	0,9226 a	15,17 a	0,4306 ab
BRS394	0,5534 b	10,32 c	0,3859 c
BRS264	0,8426 a	12,52 bc	0,4059 b
F	43,64 **	13,53 **	14,97 **
CV(%)	10,18	11,62	10,09

Nota: Letra minúscula na coluna compara as variedades.

** Significativo a 1% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2024.

Para os comprimentos de plântulas, as variedades DUQUE e BRS404 apresentaram, respectivamente, plântulas com 13,5 e 15,2 cm, não diferindo significativamente entre si (Tabela 2). Os resultados desse trabalho mostraram que variáveis de vigor foram importantes para fazer ranqueamento das variedades ou mensurar o desempenho inicial do trigo no campo. A DUQUE e BRS404 também apresentaram maior aporte de biomassa seca de plântulas, 0,4690 e 0,4306 g, respectivamente, não diferindo significativamente entre si. Já para BRILHANTE, observou-se menor massa seca, 0,3194. Esses resultados sugerem que no campo, provavelmente, as variedades de trigo DUQUE e BRS404, iniciariam o processo fotossintético mais rapidamente.

As variedades BRS404, BRS264 e DUQUE foram apresentadas no mesmo cluster, e as variedades BRS394 e BRILHANTE, em clusters separados. No dendrograma, observou-se que a BRS404 e BRS264 apresentaram resultados de germinação e de primeira contagem, iguais, e diferiram para velocidade, índice de sincronia das germinações, comprimento e massa seca de plântulas, sendo valores ligeiramente superiores para a BRS404, explicados pela tonalidade do azul. E comparando-se a DUQUE com a BRS404, a DUQUE apresentou menor valor para primeira contagem de germinação e comprimento de plântula, porém com maiores

resultados de massa seca. E a variedade BRS394, mesmo com boa germinação, foi ranqueada separadamente, pelos resultados de velocidade e uniformidade das germinações, e comprimento médio de plântulas, explicados pela tonalidade rosa e laranja, no dendrograma (Figura 1).

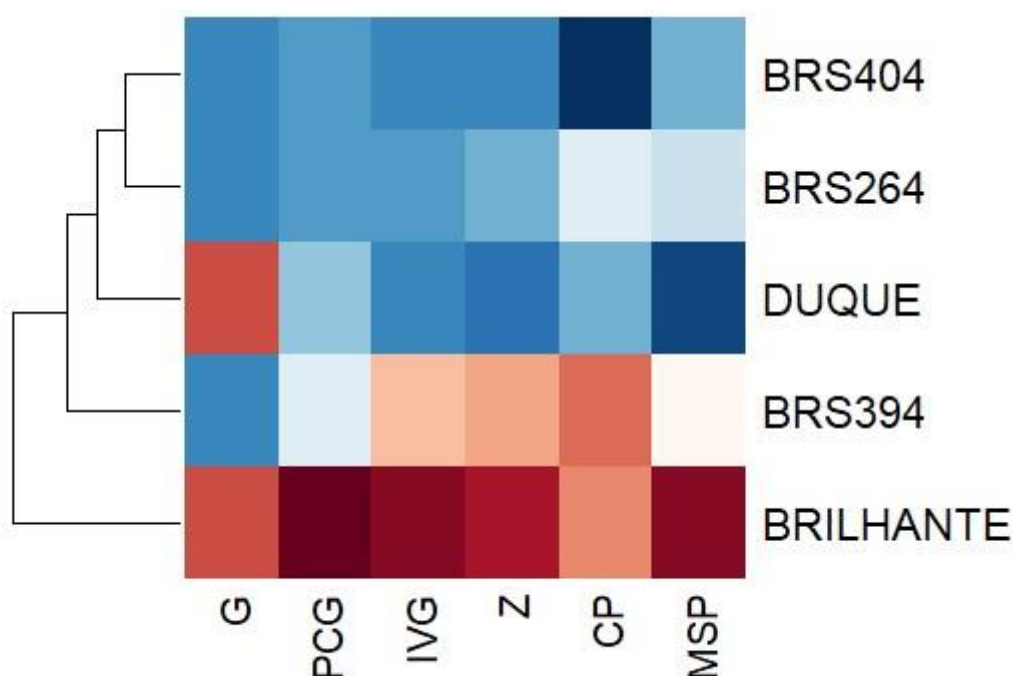


Figura 1. Variedades de trigo ranqueadas pelo vigor no dendrograma.
Fonte: Autor, 2024.

A variedade BRILHANTE apresentou os menores resultados para todas as variáveis, explicados pelas tonalidades rosa e vermelho, e por isso, agrupada separadamente no cluster. Observou-se no dendrograma, pelos padrões de cores, e resultados de germinação e vigor, que as variedades BRS404, BRS264 e DUQUE apresentaram alto vigor, a BRS394, vigor médio, e a BRILHANTE, baixo vigor. Possivelmente, sob condições de campo, a variedade BRILHANTE, apresentaria desenvolvimento mais lento, e estádios fenológicos desuniformes, o que poderia comprometer o manejo (Figura 1).

Com o dendrograma, pôde-se observar mais facilmente o desempenho das variedades de trigo, e os tons azuis e ou vermelhos, permitiram constatar clara e rapidamente como foi a velocidade e espalhamento da germinação das sementes, e alocação de fotoassimilados na fase inicial de crescimento da cultura, fatores determinantes para planejamento da semeadura. Além disso, a organização das

variedades nos clusters possibilitou a identificação mais precisa do vigor, sem a necessidade de avaliação de cada fator separadamente.

Embora o alto percentual de germinação indique que as sementes são viáveis, o mesmo não é suficiente na garantia de alto vigor. De acordo com Ponce et al. (2019), os testes de germinação são conduzidos em condições controladas, otimizadas para a germinação, o que pode mascarar diferenças no vigor entre os lotes. Visto que, o vigor está relacionado à capacidade da semente de germinar e produzir plântulas fortes e saudáveis sob diferentes condições ambientais (Marcos Filho, 2015).

Segundo Ponce (2018), apesar dos lotes de sementes apresentarem germinação similar, pode-se haver divergências para as variáveis: emergência e velocidade de crescimento de plântulas, determinando lotes de maior velocidade de germinação como mais vigorosos. Com isso, apesar da variedade BRILHANTE não diferir para a variável germinação, o mesmo apresentou decréscimo para as demais variáveis, sendo a primeira contagem de germinação influenciada pela presença de maior porcentagem de plântulas normais (Ponce, 2018), em consequência do alto nível de vigor.

De acordo com Marcos-Filho (2015) a velocidade de germinação e a uniformidade são parâmetros considerados para o vigor de um lote de sementes, sendo importantes durante o estabelecimento das plantas no campo. Assim como, sementes com maior vigor, apresentam maior comprimento nos testes de desempenho de plântulas (Krzyzanowski; França-Neto; Henning, 2018).

Para Ponce et al. (2019) quando não há a transferência adequada de energia dos tecidos de reserva para a retomada do crescimento embrionário, as sementes podem desenvolver plântulas menos vigorosas, ou seja, o suprimento proporcionado pelo tecido de reserva da variedade BRILHANTE pode não ter sido suficiente para as sementes desenvolverem plântulas com peso e tamanho ideal para diferenciar-se das demais.

Costa e Novembre (2019) avaliando o potencial de uso e aplicação da análise multivariada, para estimar o vigor em diferentes lotes de sementes de arroz (*Oryza sativa*), outra Poaceae de grande importância, verificaram que, a análise univariada é ineficaz para estimar o potencial fisiológico, dificultando a percepção de variáveis mais detalhadas que seria um divisor importante para o ranqueamentos de lotes de

sementes de arroz, assim, análises multivariadas vem para simplificar o entendimento.

Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Silva *et al.*, (2019) trabalhando com a gramínea *Brachiaria decumbens*, para verificar a eficiência da análise multivariada na identificação de testes de vigor, e observaram que, com a aplicação da análise de cluster, foi possível classificar os lotes trabalhados, já que as análises multivariadas possibilitam a avaliação simultânea entre lotes e diferentes tipos de testes.

5. CONCLUSÕES

As variedades de trigo DUQUE e BRS404 apresentam maior vigor.

O Dendrograma permite identificar o vigor de sementes em variedades de trigo, mostrando a BRS404, BRS264 e DUQUE no mesmo cluster.

O mapa de calor favorece a distinção prática do vigor entre variedades.

6. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; FERRAUDO, A. S.; CORÁ, J. E.; VIEIRA, R. D. Discrimination of soybean seed lots by multivariate exploratory techniques. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 302-310, 2013
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Defesa Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- BURATTO, J. S.; ROSA, J. C. G.; VANZO, A. T. F.; FERNANDES, C. H.S. Efeito de genótipo e procedência na qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 3, p. 74-82, 2020.
- CARVALHO NM & NAKAGAWA J. 2012. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP. 588p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2024.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 7 - Safra 2019/2020, n. 4 – Sétimo levantamento. Brasília, DF, 2020.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 9 – Safra 2022/2023, n.5- Nono levantamento. Brasília, DF, 2023.
- CRUZ, C.D. and CARNEIRO, P.C.S. Modelos biometricos aplicados ao melhoramento genetico. 3rd Edition. Vicoso, UFV, v.2, 2014. 668p. (ISBN: 8572691510)
- FERREIRA, D.F. Estatística Multivariada. (2018) 3ed. UFLA. 624p. (ISBN 13:978 8581270630)
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014.
- FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYŻANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2018. 108 p. (Documentos/Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 406).

GASPARETO, R. N. **Inoculação com bactérias promotoras de crescimento associado a doses de nitrogênio na nutrição e desempenho agrônomo de trigo no cerrado**. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista - Campus de Ilha Solteira. Ilha Solteira/SP 60 p. 2022.

HAIR, J.F. *Multivariate Data Analysis*. (2016) 6ed. Pearson Prentice Hall. (ISBN 13:978 0138132637)

HEBERLE, M. R., SIMONETTI, A. P. M. M., KUREK, A. S., SILVESTRI, V. E. V. Efeito alelopático do extrato da semente do trigo mourisco, sobre a germinação do trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 4, p. 21-28, 2020.

IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R project. URL <http://www.r-project.org>, 1993. KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Circular técnica**, v. 136, n. 1, 2018.

KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. S.; FRANÇA-NETO, J. B. Deterioração e vigor da semente. Embrapa Soja. **Circular técnica**, 191, 2022.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Lima: Secretaria-Geral da OEA, 1983. 173 p. (OEA-Serie de Biologia. Monografia, 24).

MARCOS FILHO J. 2017. Conceituação do vigor de sementes em seus múltiplos aspectos. **In: XX Congresso brasileiro de semente**. Resumos...Londrina: ABRATES. p. 28.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MATTUELLA, D., SIMIONI, S. P., SEGATTO, C., CIGEL, C., ADAMS, C. R., KLEIN, C., SORDI, A. Eficiência agrônomo da cultura do trigo submetida a doses de nitrogênio em diferentes estádios ontogênicos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 16, n. 3, p. 1-9, 2018.

MELO, L. F.; MARTINS, C. C.; SILVA, G. Z.; BRANDÃO BONETI, J. E.; VIEIRA, R. D. Beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de capim-mombaça. **Revista Ciência Agrônomo**, v. 47, n. 4, p. 667 - 674, 2016.

MORI, C.; IGNACSAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/.../1/2011LVtrigonobrasilcap3.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2024.

MUNIZZI, A.; BRACCINI, A. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C., Vieira, R.D., França Neto, J.B. **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-24.

NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M. O.; TORRES, S. B.; LEAL, C. C. P. Physiological maturation of cowpea seeds. **Journal of Seed Science**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 312-317, set., 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/23171545v36n31007>

PIMENTEL, J. R., TROYJACK, C., DUBAL, Í. T. P., KOCH, F., MONTEIRO, M. A., ESCALERA, R. A. V., CARVALHO, I. R. Desenvolvimento inicial e componentes do rendimento em resposta à associação entre nível de vigor e profundidade de semeadura na cultura do trigo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 2, n. 1, p. 18-24, 2018.

POLIDO, P. B.; BONACINA, C.; ITO, T. M.; GARBÚGLIO, D. D.; SOUZA, S. G. H. ISSR markers are effective to access genetic diversity in germplasm of wheat (*Triticum aestivum*). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 12, p. e2991210648, 2020.

PONCE, R. M. **Testes para avaliação do vigor em sementes de trigo sarraceno com ênfase na condutividade elétrica e na lixiviação de potássio**. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Programa de pós-graduação em agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias. Londrina, p. 50. 2018.

PONCE, R. M.; LIMA, L. H. S.; COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. A. Potencial fisiológico de sementes de trigo sarraceno avaliado por diferentes testes de vigor. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n.3, p. 676-683, 2019.

ROCHA, L. D.; GADOTTI, G. I.; BERNARDY, R.; PINHEIRO, R. D. M.; MONTEIRO, R. D. Data mining for ranking sorghum seed lots. **Revista Caatinga**, v. 36, p. 471-478, 2023.

RODRIGUES, M. H. B. S., DA SILVA SANTOS, A., DE MELO, E. N., DA SILVA, J. N., OLIVEIRA, C. J. A. Vigor de sementes: métodos para análise e fatores que o influenciam. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 3, 2020.

RODRIGUES, D. S.; SCHUCH, L. O. B.; MENEGHELLO, G. E.; PESKE, S. T. Desempenho de plantas de soja em função das sementes e do estresse hídrico. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 20, n. 2, 2018.

SILVA, G. Z. D., MARTINS, C. C., BRUNO, R. D. L. A., PEREIRA, F. E. C. B., JEROMINI, T. S. Análise multivariada e testes de vigor na determinação da qualidade de sementes de *Brachiaria decumbens*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, p. 291-299, 2019.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. World Wheat Production, Consumption, and Stocks. 2023. Disponível em: <<https://bit.ly/36zim4G>> Acesso em: 26 out. 2024.

USDA. United States Department of Agriculture. **World Agricultural Production**. Circular Series WAP 1-20 January 2020. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>>. Acesso em: 01 nov. 2024.

VICINI, L.; SOUZA, A. M.; MORALES, F. E. C.; SOUZA, F. M. **Técnicas multivariadas exploratórias: teorias e aplicações no software statistica**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 240 p.

WURZ, D. A., MERGENER, R., TEZA, N., CORREA, J. J. Efeito de diferentes dinâmizações de *Arsenicum album* na germinação de sementes de trigo *Triticum aestivum* L. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 3, p. 118-128, 2019.