

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

EDUARDO FREITAS LARSEN

**CORRELAÇÃO ENTRE OS TESTES DE PH DO EXSUDATO E  
TETRAZÓLIO EM SEMENTES DE SOJA**

CHAPADÃO DO SUL-MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL

**CORRELAÇÃO ENTRE OS TESTES DE PH DO EXSUDATO E TETRAZÓLIO EM  
SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Mato Grosso do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Profa. Dra. Charline Zaratín Alves

CHAPADÃO DO SUL-MS

2024



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Campus Chapadão do Sul



AUTOR: Eduardo Freitas Larsen

ORIENTADORA: Charline Zaratín Alves

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências da disciplina de TCC, para obtenção do grau de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da UFMS/CPCS.

---

Profa. Dra. Charline Zaratín Alves

---

Profa. Dra. Ana Carina da Silva Candido

---

Dra. Dthenifer Cordeiro Santana

Chapadão do Sul, 01 de novembro de 2024.

---

Presidente da Banca Examinadora  
Profa. Dra. Charline Zaratín Alves

**DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao Sr. Paulo Sérgio Larsen e à Sra. Márcia Aparecida de Freitas Larsen, cujo apoio foi essencial em minha formação acadêmica. Agradeço por serem faróis em minha trajetória e por inspirarem minha busca por conhecimento.

#### **AGRADECIMENTOS**

Minha primeira palavra de agradecimento vai a Deus, cuja força e sabedoria me acompanharam durante cada passo desta jornada acadêmica, especialmente nos momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, Sr. Paulo e Sra. Márcia, expresso minha profunda gratidão pelo apoio, amor e sacrifícios feitos ao longo dos anos para que eu pudesse chegar até aqui. A dedicação de vocês e o esforço constante para me proporcionar as melhores oportunidades foram essenciais para essa conquista. Sem o incentivo e a confiança inabaláveis de vocês, este sonho jamais seria possível.

À minha orientadora, Profa. Dra. Charline Zaratín Alves, agradeço por sua orientação dedicada e pelo apoio em cada etapa do desenvolvimento deste trabalho. Sua paciência e conhecimento foram indispensáveis para que este projeto tomasse forma.

Agradeço também ao Prof. Dr. Everton da Silva Neiro, cujos conselhos e ensinamentos valiosos contribuíram imensamente para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Por fim, aos meus amigos Bruno Henrique Algeri Jacobs, Francisco William Rodrigues da Silva, Isabella Vitória Carrasco Azevedo, Júlia Vitória da Costa Neves, Leonardo Silva de Araújo, Magno de Jesus Borges, Marco Fernandes Araújo Lima, Marcos Paulo de Oliveira Cunha, Pedro Henrique Bordignon Mocelin e Thiago Ferreira Malta, registro minha gratidão pela amizade e pelo apoio ao longo de todo o processo. Fico muito feliz e grato por ter tantos amigos que me acompanharam nessa jornada, tornando os desafios mais leves e as conquistas ainda mais significativas.

A todos vocês, deixo aqui meu sincero agradecimento por terem sido parte essencial dessa caminhada.

## **EPÍGRAFE**

***“O ESTUDO É A BASE DO PROGRESSO”***

***(CHARLES DARWIN)***

**CORRELAÇÃO ENTRE OS TESTES DE PH DO EXSUDATO E TETRAZÓLIO EM  
SEMENTES DE SOJA**

**Resumo** - O teste de tetrazólio permite a avaliação do vigor e da viabilidade das

sementes, no entanto, embora seja rápido, requer treinamento especial sobre a estrutura embrionária das sementes e sobre técnicas de interpretação. O teste de pH do exsudato tem sido usado para avaliar o vigor dos lotes de sementes de forma visual e instantânea. O objetivo do trabalho foi estudar variações e combinações dos parâmetros envolvidos no teste do pH do exsudato e efetuar a correlação com o vigor e viabilidade do teste de tetrazólio, possibilitando identificar com segurança e rapidez os níveis de vigor de lotes de sementes de soja. Inicialmente, realizaram-se os testes de germinação e vigor (primeira contagem, condutividade elétrica e tetrazólio) em três lotes de sementes de soja. Após, quatro repetições de 25 sementes foram distribuídas em bandejas plásticas divididas em células unitárias. Foram testadas três quantidades de água dentro da célula (2, 3 e 4 mL) e três quantidades de gotas de fenolftaleína e carbonato de sódio 0,8%, sendo 1+1; 2+2 e 3+3, respectivamente. As gotas das soluções foram adicionadas após 30 minutos de embebição a 25 °C. A leitura foi realizada imediatamente após, sendo interpretadas com base na coloração da solução, sendo rosa forte para sementes viáveis e solução incolor ou rosa fraco para inviáveis. O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Também foi feita a Análise de Componentes Principais e a rede de correlação de Pearson entre o teste do pH do exsudato e o vigor e viabilidade do teste de tetrazólio. Houve alta correlação (>0,9) do vigor e da viabilidade (tetrazólio) com as combinações 1 gota e 2 mL, 1 gota e 4 mL e 2 gotas e 4 mL. Além disso, houve correlação negativa da combinação 3 gotas e 3 mL com o vigor e a viabilidade, indicando que esta não é uma opção de metodologia para o teste do pH do exsudato em sementes de soja. O teste do pH do exsudato se mostrou fortemente correlacionado com o teste de tetrazólio em sementes de soja, nas combinações de uma gota de cada solução (fenolftaleína + carbonato de sódio) em 2 ou 4 mL de água destilada, ou duas gotas de cada solução em 4 mL. Esta metodologia do teste do pH do exsudato é eficiente para o ranqueamento do vigor de lotes de sementes de soja.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.) Merrill; vigor; viabilidade; carbonato de sódio; fenolftaleína.

## **CORRELATION BETWEEN EXUDATE PH AND TETRAZOLIUM TESTS IN SOYBEAN SEEDS**

**Abstract** - The tetrazolium test allows the evaluation of seed vigor and viability; however, although it is fast, it requires special training on the embryonic structure of seeds

and interpretation techniques. The exudate pH test has been used to evaluate the vigor of seed lots visually and instantly. The objective of this study was to study variations and combinations of the parameters involved in the exudate pH test and to correlate them with the vigor and viability of the tetrazolium test, allowing the safe and rapid identification of the vigor levels of soybean seed lots. Initially, germination and vigor tests (first count, electrical conductivity and tetrazolium) were performed on three soybean seed lots. Afterwards, four replicates of 25 seeds were distributed in plastic trays divided into unit cells. Three amounts of water inside the cell (2, 3 and 4 mL) and three amounts of drops of phenolphthalein and 0.8% sodium carbonate were tested, being 1+1; 2+2 and 3+3, respectively. The drops of the solutions were added after 30 minutes of imbibition at 25 °C. The reading was performed immediately afterwards, being interpreted based on the color of the solution, being strong pink for viable seeds and colorless or weak pink solution for non-viable seeds. The experiment was carried out in a completely randomized design with four replicates, and the means were compared by the Scott-Knott test at 5% probability. Principal Component Analysis and Pearson's correlation network were also performed between the exudate pH test and the vigor and viability of the tetrazolium test. There was a high correlation ( $>0.9$ ) of vigor and viability (tetrazolium) with the combinations 1 drop and 2 mL, 1 drop and 4 mL and 2 drops and 4 mL. Furthermore, there was a negative correlation between the combination of 3 drops and 3 mL with vigor and viability, indicating that this is not an option for testing the pH of the exudate in soybean seeds. The pH test of the exudate was strongly correlated with the tetrazolium test in soybean seeds, in the combinations of one drop of each solution (phenolphthalein + sodium carbonate) in 2 or 4 mL of distilled water, or two drops of each solution in 4 mL. This methodology for testing the pH of the exudate is efficient for ranking the vigor of soybean seed lots.

**Keywords:** *Glycine max* (L.) Merrill; vigor; viability; sodium carbonate; phenolphthalein.

## LISTA DE FIGURAS

01.	Análise de componentes principais para vigor (VIG) e viabilidade (VIA) pelo teste de tetrazólio, e combinações de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água para o teste de pH do exsudato em lotes de sementes de soja .....	16
02.	Rede de correlação de Pearson entre o vigor (VIG) e a viabilidade (VIA) do teste de tetrazólio com as combinações de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água para o teste de pH do exsudato em sementes de soja.....	18

## LISTA DE TABELAS

	Página
01.	Dados médios de teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), vigor -

tetrazólio (VIG) e viabilidade – tetrazólio (VIAB)

.....

15

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>10</b>

<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>19</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>19</b>

## **INTRODUÇÃO**

A análise de sementes é uma ferramenta importante no controle de qualidade, principalmente a partir do final do período de maturação. A qualidade fisiológica das sementes pode ser avaliada por meio de dois parâmetros fundamentais: viabilidade e vigor, os quais representam diferentes atributos da semente (Nakagawa, 1999).

O teste padrão para avaliar a viabilidade das sementes é o de germinação (Brasil, 2009), porém este é conduzido sob condições favoráveis, que basicamente permitem que o lote expresse sua capacidade máxima, muitas vezes diferindo do resultado obtido no campo, no qual as sementes estão expostas a situações adversas (Marcos Filho, 2015). A discrepância

dos resultados de emergência das sementes em condições de campo é influenciada pela variação dos fatores ambientais, difíceis de serem controlados, o que não ocorre em condições laboratoriais.

Em função dessas limitações do teste de germinação, os testes de vigor tem sido motivo de interesse, como complementares para a decisão do destino dos lotes de sementes. O teste de tetrazólio permite a avaliação do vigor e da viabilidade das sementes, no entanto, embora seja rápido, requer treinamento especial sobre a estrutura embrionária das sementes e sobre técnicas de interpretação. Apesar de eficiente, é um teste relativamente tedioso, uma vez que as sementes são avaliadas uma a uma, exigindo experiência e paciência; e requer do analista capacidade de decisão pelas características do teste.

Dentre os testes rápidos de vigor, destaca-se o pH de exsudato e o ajuste de sua metodologia para cada espécie é fundamental para obtenção de êxito nos resultados. Este teste permite classificar os lotes, identificar sementes que possam não ter adequado desempenho em campo e determinar a viabilidade, tornando possível classificar quais lotes são ideais para o cultivo ou comercialização (Wendt *et al.*, 2017). O teste se baseia na diferença de pH de exsudato de sementes viáveis e não viáveis submetidas a embebição, e a avaliação da viabilidade está relacionada a eventos de deterioração, tais como permeabilidade de membranas e a lixiviação de solutos (Carvalho *et al.*, 2018).

Vários trabalhos relatam a eficiência do teste do pH do exsudato na avaliação da viabilidade de sementes, como em araucária (*Araucaria angustifolia Bertol.*) (Araldi; Coelho, 2015), crambe (*Crambe abyssinica Hochst*) (Alves *et al.*, 2016), arroz (Santos *et al.*, 2019), pau-ferro (*Libidibia ferrea Martius ex Tul.*) (Souto *et al.*, 2019), aroeira (*Astronium urundeuva* Fr. M. Allemão Engl.) (Alves *et al.*, 2020), pau-roxo (*Peltogyne confertiflora* (Mart. Ex Hayne) Benth) (Ferreira *et al.*, 2020) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Grzybowski *et al.*, 2022).

A quantidade de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água destilada para embebição das sementes podem influenciar nos resultados do teste do pH de exsudato (Theodoro *et al.*, 2018). O volume escolhido para a embebição depende do tamanho da semente analisada, de forma a obter a cor de referência (rosa escuro), como verificado em pesquisas com sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia*), angico do cerrado (*Anadenanthera falcata*), macambira (*Encholirium spectabile*) e jucá (*Libidibia férrea*) (Barboza *et al.*, 2014; Stallbaun *et al.*, 2015; Araújo; Silva, 2018; Souto *et al.*, 2019).

Tendo em vista a necessidade de padronização de testes rápidos de vigor para caracterização da qualidade de lotes de sementes, de procedimento simples e de fácil reprodução, o objetivo foi estudar variações e combinações dos parâmetros envolvidos no

teste do pH do exsudato e efetuar a correlação com o vigor e viabilidade do teste de tetrazólio, possibilitando identificar com segurança e rapidez os níveis de vigor de lotes de sementes de soja.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul. Foram utilizados três lotes de sementes de soja, cultivar DM 75I76 RSF IPRO, os quais foram submetidos aos testes de germinação e vigor para a caracterização inicial.

O teor de água das sementes foi determinado após secagem em estufa com circulação de ar forçada à  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas, de acordo com as recomendações das Regras de Análises para Sementes (Brasil, 2009). O teor de umidade foi determinado por meio da diferença entre a massa inicial da amostra e a massa final; e os resultados estão expressos em porcentagem.

Para o teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes distribuídas em rolos umedecidos com água destilada equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato não hidratado. Os rolos foram mantidos em germinador regulado a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e as avaliações foram realizadas no quinto e oitavo dia, com os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (Brasil, 2009). Em conjunto com a germinação também foi realizado o teste de primeira contagem de germinação, que consistiu no registro da porcentagem de plântulas normais obtidas no quinto dia após a instalação do teste (Brasil, 2009).

No teste de condutividade elétrica foram utilizadas 25 sementes embebidas em 75 mL de água destilada por 24 horas a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . As sementes foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g e colocadas para embeber em copos plásticos. Após o período de embebição, as leituras da condutividade elétrica foram realizadas em condutímetro Digimed DM-31, e os valores médios obtidos para cada lote, expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1}\text{ g}^{-1}$  de semente.

O teste de tetrazólio foi realizado com duas repetições de 50 sementes, pré-condicionadas em papel germitest umedecido com água destilada por 16 horas a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e após esse período, as sementes foram imersas em solução de 2,3,5 cloreto de trifeniltetrazólio 0,075% por 3 horas a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , no escuro. Posteriormente foram lavadas em água corrente e avaliadas individual e internamente, verificando-se a intensidade da coloração, sendo classificadas de acordo com Brasil (2009), com o resultado expresso em porcentagem de viabilidade e vigor.

Para a condução do teste do pH do exsudato, as sementes foram distribuídas

individualmente em bandejas plásticas divididas em células unitárias, sendo submetidas a 30 minutos de embebição a 25 °C. Foram testados três volumes de água dentro da célula (2, 3 e 4 mL) e três quantidades de gotas de cada solução (uma gota de fenolftaleína e uma gota de carbonato de sódio; duas gotas de fenolftaleína e duas gotas de carbonato de sódio; e três gotas de fenolftaleína e três gotas de carbonato de sódio), obtendo as combinações: G1H2 (1 gota de cada solução em 2 mL de água), G1H3 (1 gota de cada solução em 3 mL de água), G1H4 (1 gota de cada solução em 4 mL de água), G2H2 (2 gotas de cada solução em 2 mL de água), G2H3 (2 gotas de cada solução em 3 mL de água), G2H4 (2 gotas de cada solução em 4 mL de água), G3H2 (3 gotas de cada solução em 2 mL de água), G3H3 (3 gotas de cada solução em 3 mL de água) e G3H4 (3 gotas de cada solução em 4 mL de água).

Após o período de embebição foram adicionadas as quantidades de gotas de solução de fenolftaleína (1 g de fenolftaleína dissolvida em 100 mL de álcool absoluto e adicionado 100 mL de água destilada e fervida) e solução de carbonato de sódio (0,8 g de carbonato de sódio em 1000 mL de água destilada e fervida) (Cabrera; Peske, 2002). O conjunto foi levemente agitado e a leitura foi realizada imediatamente após, sendo interpretadas com base na coloração da solução, sendo que cor rosa forte e rosa fraco indicaram sementes viáveis e soluções incolores indicaram sementes inviáveis. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Também foi realizada a Análise de Componentes Principais e a rede de correlação de Pearson entre o teste do pH do exsudato e o vigor e viabilidade do teste de tetrazólio, considerando um limite estabelecido de 0,90 e um nível de significância de 0,05. Na rede, os nós representam os caracteres de qualidade fisiológica e as combinações do teste do pH do exsudato, enquanto a distância entre os nós representa os valores absolutos da correlação entre essas características, com base no coeficiente de correlação de Pearson. A intensidade da cor e a largura das faixas indicam a magnitude dos coeficientes de correlação de Pearson. Além disso, a cor das faixas identifica se a correlação é positiva (verde) ou negativa (vermelha). As análises foram realizadas usando o software Rbio versão 140 para Windows (Bhering, 2017).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os lotes de sementes apresentaram teor de água entre 11,7 a 12,1% e essa pequena variação garantiu maior confiabilidade dos resultados obtidos neste trabalho (Marcos-Filho, 2015). A análise de variância dos dados iniciais obtidos dos três lotes de sementes de soja

revelou diferenças significativas em seu potencial fisiológico (Tabela 1).

No teste de germinação (Tabela 1) não houve diferença entre os lotes de sementes de soja. Na primeira contagem foi possível separar os lotes em dois grupos; os lotes 2 e 3 sendo os mais vigorosos e o lote 1, o menos vigoroso. Já o teste de condutividade elétrica permitiu estratificar os lotes em três níveis diferentes; o lote 3 foi o mais vigoroso, o lote 2 intermediário e o lote 1 o menos vigoroso.

**Tabela 1** - Dados médios germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), condutividade elétrica (CE), vigor - tetrazólio (VIG) e viabilidade – tetrazólio (VIAB)

Lotes	G	PCG	CE	VIG	VIAB
	%	%	$\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$	%	%
1	94 a	85 b	124 c	77 c	89 a
2	97 a	92 a	89 b	83 b	90 a
3	99 a	99 a	72 a	87 a	91 a

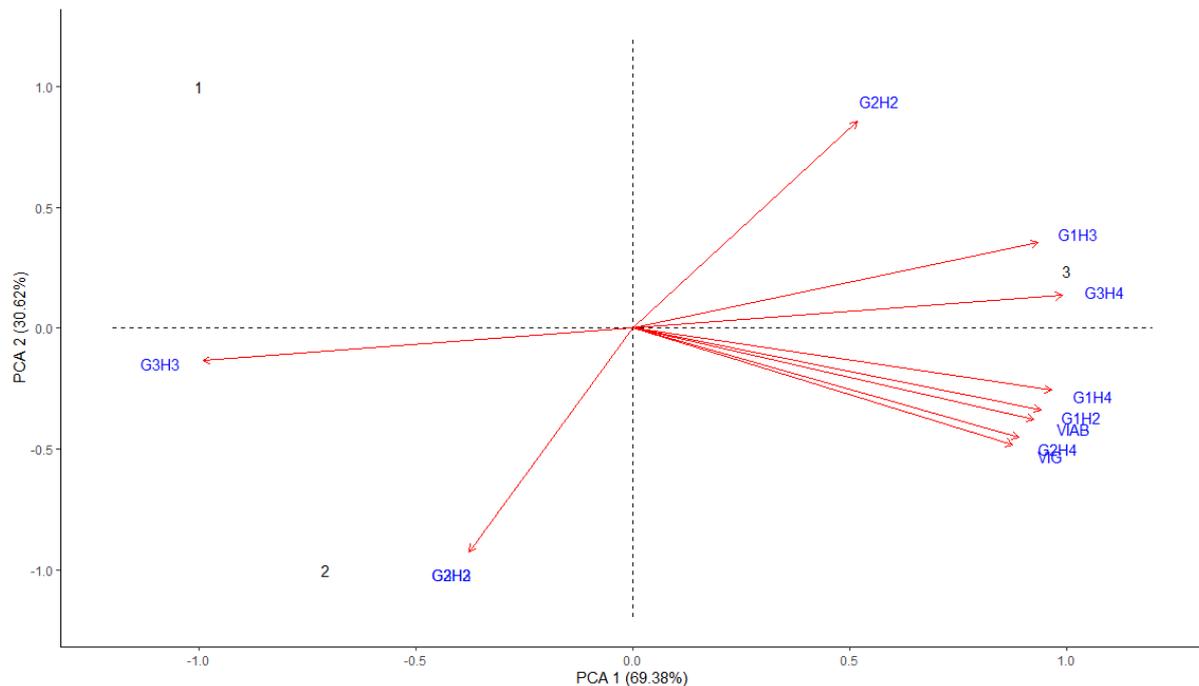
Letras distintas na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os lotes apresentaram valores de germinação dentro do padrão para a comercialização de sementes de soja, ou seja, acima de 80% (Brasil, 2013). Entretanto, a variação encontrada na primeira contagem de germinação e na condutividade elétrica, quando comparados ao teste de germinação, indica a necessidade de realização de mais de um teste de vigor para inferir a qualidade fisiológica dos lotes. Tanto o teste de germinação quanto o teste de primeira contagem são realizados em condições ideais, o que raramente ocorre no campo. Esse fato reforça a importância dos testes de vigor, que devem estimar o comportamento dos lotes de sementes após a semeadura em uma ampla faixa de condições ambientais (Ilbi *et al.*, 2009).

No vigor do teste de tetrazólio (Tabela 1) observou-se a mesma ordenação do teste de condutividade elétrica. Em relação à viabilidade no tetrazólio não houve diferença entre os lotes, assim como na germinação. De maneira geral, os testes iniciais permitiram caracterizar o lote 3 como o mais vigoroso, o lote 2 como intermediário e o lote 1 como menos vigoroso. A viabilidade permite determinar o potencial de germinação das sementes quiescentes quando expostas em ambiente favorável; já o vigor possibilita determinar a capacidade da mesma para a emergência e o crescimento uniforme de plântulas normais, sob amplas condições de ambiente.

Pela análise de componentes principais (ACP) (Figura 1) verificou-se que a soma dos

dois primeiros componentes explicou 100% da variabilidade total dos dados. Esta análise nos permitiu visualizar que as combinações G1H2, G1H4 e G2H4 estão próximas aos vetores de vigor e viabilidade no tetrazólio. As outras combinações estudadas para o teste do pH do exsudato não se mostraram relacionadas com o teste de tetrazólio.



**Figura 1** – Análise de componentes principais para vigor (VIG) e viabilidade (VIA) pelo teste de tetrazólio, e combinações de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água para o teste de pH do exsudato em lotes de sementes de soja

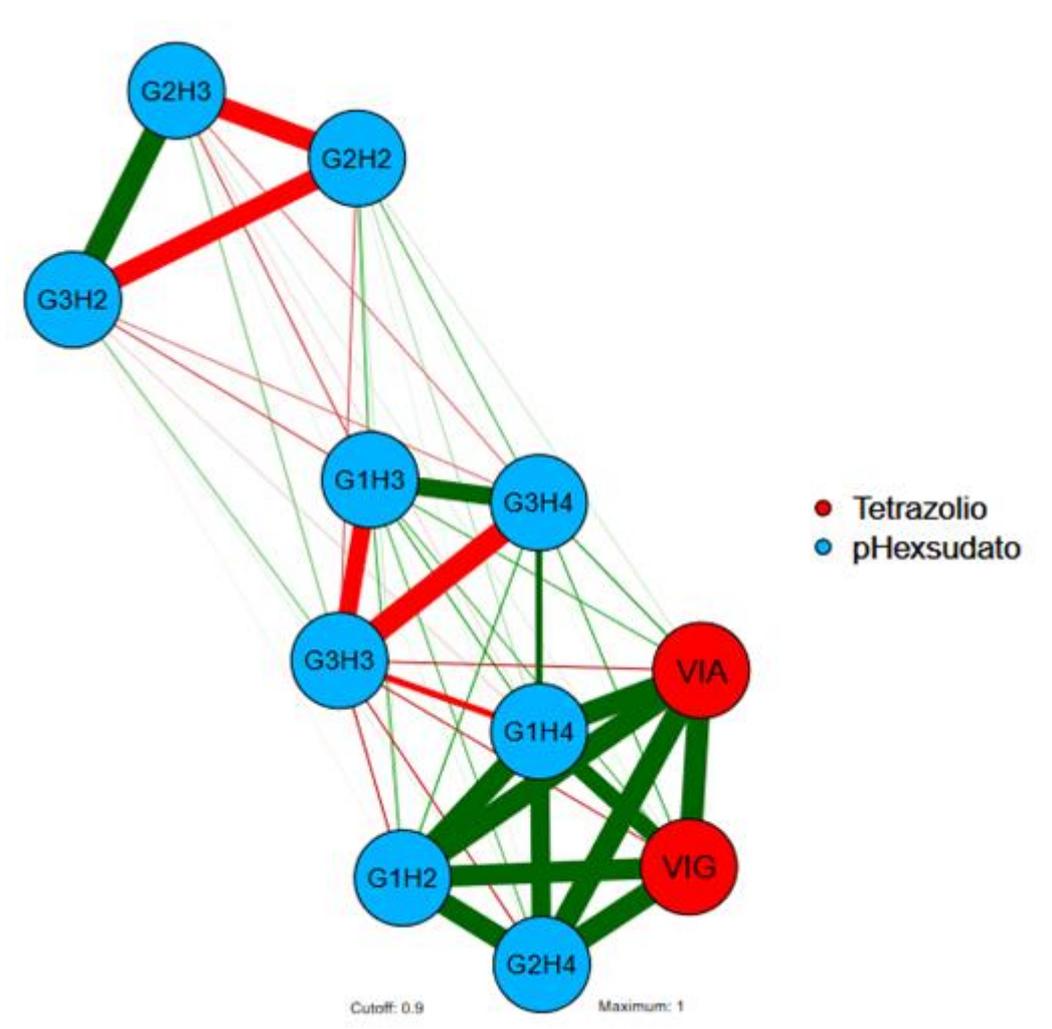
\*1 gota de cada solução + 2 mL de água (G1H2), 1 gota + 3 mL (G1H3), 1 gota + 4 mL (G1H4), 2 gotas + 2 mL (G2H2), 2 gotas + 3 mL (G2H3), 2 gotas + 4 mL (G2H4), 3 gotas + 2 mL (G3H2), 3 gotas + 3 mL (G3H3), 3 gotas + 4 mL (G3H4), viabilidade (VIA), vigor (VIG).

Quando a semente embebe água, ocorre a liberação de açúcares, ácidos orgânicos e íons, inclusive  $H^+$  que contribuem para a acidificação resultando na diminuição da solução do pH do exsudato das sementes. Com isso, as sementes mais deterioradas resultam em maior lixiviação e, conseqüentemente, o exsudato apresenta maior poder tampão (Tillmann *et al.*, 2019). Vários estudos na literatura confirmam a eficiência do teste de pH do exsudato para avaliar o vigor das sementes de outras leguminosas, como observado em ervilha (Múrcia *et al.*, 2018).

No entanto, outras combinações de quantidade de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água para embebição são citadas na literatura. Em sementes de *Araucaria angustifolia*, a combinação de duas gotas de cada solução e 5 mL de água foi mais

eficiente para a separação dos lotes com relação a viabilidade (Araldi; Coelho, 2015). Em sementes de arroz, a melhor combinação para a distinção de lotes com relação ao vigor foi uma gota de cada solução e 2 mL de água (Santos *et al.*, 2019). Já para sementes de melão (*Cucumis melo* L.), Costa *et al.* (2023) verificaram que a combinação de três gotas de cada solução e 2 mL de água permitiu determinar a viabilidade das sementes com eficiência.

Na rede de correlação de Pearson (Figura 2) verificou-se que houve alta correlação (>0,9) do vigor e da viabilidade (tetrazólio) com as combinações G1H2, G1H4 e G2H4. Além disso, houve correlação negativa da combinação G3H3 com o vigor e a viabilidade, indicando que esta não é uma opção de metodologia para o teste do pH do exsudato em sementes de soja, corroborando com a análise de componentes principais (Figura 2).



**Figura 2** – Rede de correlação de Pearson entre o vigor (VIG) e a viabilidade (VIA) do teste de tetrazólio com as combinações de gotas de carbonato de sódio e fenolftaleína, e volume de água para o teste de pH do exsudato em sementes de soja

\*1 gota de cada solução + 2 mL de água (G1H2), 1 gota + 3 mL (G1H3), 1 gota + 4 mL (G1H4), 2 gotas + 2 mL (G2H2), 2 gotas + 3 mL (G2H3), 2 gotas + 4 mL (G2H4), 3 gotas + 2 mL (G3H2), 3 gotas + 3 mL (G3H3), 3 gotas + 4 mL (G3H4), viabilidade (VIA), vigor (VIG).

Quando se utilizou a combinação com três gotas de cada solução não foi possível identificar sementes inviáveis, provavelmente pelo excesso de carbonato de sódio, que pode ter deixado o exsudato com pH elevado. As técnicas de análise multivariada utilizadas demonstraram coerência entre os resultados. Diante do exposto, podemos verificar que o teste do pH do exsudato utilizando uma gota de carbonato de sódio e uma gota de fenolftaleína com 2 ou 4 mL de água para embebição, ou a combinação de duas gotas de cada e 4 mL apresentaram eficiência em diferenciar lotes com germinação semelhantes, mas com diferenças no vigor. As demais combinações utilizadas não apresentaram potencial no ranqueamento de qualidade fisiológica de lotes de sementes de soja.

Os testes de vigor são ferramentas valiosas na análise de sementes, proporcionando informações rápidas e eficazes para a tomada de decisão de destino dos lotes de sementes, bem como economia de recursos e prevenção contra perdas futuras, podendo ser utilizados em grandes escalas de produção.

## CONCLUSÕES

1. O teste do pH do exsudato se mostrou fortemente correlacionado com o teste de tetrazólio em sementes de soja, nas combinações de uma gota de cada solução (fenolftaleína + carbonato de sódio) em 2 ou 4 mL de água destilada, ou duas gotas de cada solução em 4 mL;
2. Esta metodologia do teste do pH do exsudato é eficiente para o ranqueamento do vigor de lotes de sementes de soja.

## REFERÊNCIAS

ALVES, C. Z. *et al.* pH of exudate test in the physiological quality of crambe seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 1014-1018, 2016.

ALVES, R. M. *et al.* Aspectos germinativos e bioquímicos de diásporos de aroeira-do-sertão, armazenados e submetidos ao condicionamento fisiológico. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 2358-2373, 2020.

ARALDI, C. G.; COELHO, C. M. M. pH do exsudato na avaliação da viabilidade de sementes de *Araucaria angustifolia*. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 3, p. 426-433, 2015.

ARAÚJO, A. V.; SILVA, M. A. D. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Encholirium spectabile* mart. ex Schult. & Schult. f. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 56-66, 2018.

BARBOZA, V. R. S. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam. através do teste do pH de exsudato. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2327-2335, 2014.

BRASIL. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. **Padrões para a produção e a comercialização de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Brasília (DF): Diário Oficial da União, 20 set. 2013.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 187-190, 2017.

CABRERA, A. C.; PESKE, S. T. Testes do pH do exsudato para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 134-140, 2002.

CARVALHO, D. U. *et al.* Teste de pH do exsudato como método para estimar a viabilidade e vigor de *Citrus limonia*. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 2, p. 156-163, 2018.

COSTA, J. C. D. O. *et al.* Viability of melon seeds using the pH test of exudate. **Journal of Seed Science**, v. 45, e202345040, 2023.

FERREIRA, C. D. *et al.* Potencial fisiológico de sementes de *Peltogyne confertiflora* (Mart. Ex Hayne) Benth. por testes bioquímicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 66428-66439, 2020.

GRZYBOWSKI, C. R. S. *et al.* Teste de pH do exsudato (fenolftaleína) para estimar a viabilidade de sementes de trigo. **Global Science and Technology**, v. 14, n. 3, p. 22-28, 2022.

ILBI, H.; KAVAK, S.; ESER, B. Cool germination test can be an alternative vigour test for maize. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 516-519, 2009.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, presente and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015.

MÚRCIA, M. L.; CROVO, V. E.; CLEMENTE, N. L. Teste colorimétrico de pH de exsudados para avaliação da qualidade de sementes de ervilha (*Pisum sativum*) da zona hortícola de Mar del Plata. **Revista da Faculdade de Agronomia**, v. 117, n. 1, p. 171-174, 2018.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D., CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

SANTOS, M. A. *et al.* Test of exudate pH in rice seeds. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 960-965, 2019.

SOUTO, P. C. *et al.* Exudate - phenolphthalein pH test for evaluation of validity in seed of *Libidibia ferrea*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 4, p. 91-101, 2019.

STALLBAUN, P. H. *et al.* Testes rápidos de vigor para avaliação da viabilidade de sementes de *Anadenathera falcata*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1834-1846, 2015.

THEODORO, J. V. C. *et al.* Exsudate pH and flooding: tests to evaluate the physiological quality of soybean seeds. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 1, p. 667-673, 2018.

TILLMANN, M. A. A. *et al.* Análise de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Becker e Peske, 2019. p.208-210.

WENDT, L. *et al.* Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 166-171, 2017.