

# Teste de Condutividade Elétrica Massal na Determinação da Viabilidade de Lotes de Sementes de Trigo-Mourisco

## Mass Electrical Conductivity Test in Determining the Prediction of Buckwheat Seed Lots

Priscila Barbieri Zini<sup>a</sup>; Ubirajara Russi Nunes<sup>a</sup>; Janine Farias Menegaes<sup>\*b</sup>; Eduardo José Ludwig<sup>a</sup>; Cassiano Vasconcelos dos Santos<sup>a</sup>; Gêssica Gabordi de Bastiani<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Universidade Federal de Santa Maria. RS, Brasil.

<sup>b</sup>Univeridade Estadual Paulista. SP, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Estadual de Maringá. PR, Brasil.

\*E-mail: janine.menegaes@unesp.br

---

### Resumo

A condutividade elétrica massal é um teste que permite avaliar diferenças de vigor em lotes de sementes, por meio do nível de deterioração que as sementes se encontram. O objetivo deste trabalho foi determinar a viabilidade de lotes de sementes de trigo-mourisco por meio do teste de condutividade elétrica massal, bem como ajustar a metodologia do teste para obter uma avaliação rápida e precisa da viabilidade dos lotes de sementes. Foram utilizados sete lotes de sementes de trigo-mourisco, caracterizados quanto ao grau de umidade, contagem de germinação aos 5 e 7 dias após a semeadura, comprimentos de raiz e parte aérea e massa seca de raiz e parte aérea. A condutividade elétrica foi avaliada sob diferentes quantidades de sementes (25 e 50), volumes de água (25, 50 e 75 mL) e períodos de embebição (1, 2, 4, 6, 8 e 24 h), nas temperaturas de 25 e 30 °C. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas com quatro repetições. Concluiu-se que a condutividade elétrica massal foi eficiente na discriminação de classes de vigor em lotes de sementes de trigo-mourisco. Em curtos períodos de avaliação de 1 a 2 h, já podem ser evidenciados a separação dos lotes que possuem mais alto vigor. Recomenda-se a utilização de 25 sementes em 50 mL de água na temperatura de 30 °C para o teste de condutividade elétrica massal de sementes de trigo-mourisco.

**Palavras-chave:** *Fagopyrum esculentum*. Vigor de Sementes. Exsudatos. Deterioração.

### Abstract

*Mass electrical conductivity is a test that allows evaluating differences in vigor in batches of seeds, through the level of deterioration that the seeds are found. The objective of this work was to determine the viability of buckwheat seed batches through mass electrical conductivity testing, as well as adjust the test methodology to obtain a quick and accurate assessment of the viability of seed batches. Seven batches of buckwheat seeds were used, characterized by moisture level tests, germination count at 5 and 7 days after sowing (DAS), root and aerial part lengths and root and aerial part dry mass. Electrical conductivity was evaluated under different quantities of seeds (25 and 50), volumes of water (25, 50 and 75 mL) and imbibition periods (1, 2, 4, 6, 8 and 24 h), at temperatures of 25 and 30 °C. The experimental design was completely randomized in split plots with four replications. It was concluded that mass electrical conductivity was efficient in discriminating vigor classes in batches of buckwheat seeds. In short evaluation periods of 1 to 2 hours, the separation of the batches that have the highest vigor can already be seen. It is recommended to use 25 seeds in 50 mL of water at a temperature of 30 °C to test the mass electrical conductivity of buckwheat seeds.*

**Keywords:** *Fagopyrum esculentum*. Vigor. Exudates. Deterioration.

---

## 1 Introdução

O trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) tem adquirido espaço no cenário agrícola brasileiro. É considerado um pseudocereal, pois a partir de suas sementes é extraída a farinha utilizada em produtos alimentares, assim como nos demais cereais (Christa; Soral-Śmietana, 2008). Como sua produção ainda é pouco expressiva em relação as demais culturas agrícolas produzidas no país, informações a respeito da produção de sementes ainda são escassas. Aliado a isso, é uma planta de crescimento indeterminado, ou seja, a maturação dos aquênios ocorre de baixo para cima, sendo bem desuniforme, o que é um grande empecilho quando se busca por obtenção de sementes de alta qualidade.

O potencial máximo de lotes de sementes é determinado principalmente pelo teste de germinação, o qual avalia o

percentual de plântulas normais sob condições ótimas de desenvolvimento (Brasil, 2009; Pereira *et al.*, 2011). No entanto, nem sempre o valor de germinação obtido em testes laboratoriais, revela de fato o potencial de germinação das sementes a campo, onde muitas vezes esse valor pode ser superestimado. Assim, cada vez mais tem-se utilizado do conceito de vigor e de plântulas vigorosas tanto em programas de produção de sementes como em estratégias de qualidade, marketing e garantia de bom estabelecimento de plântulas no campo (Silva; Barbosa; Vieira, 2017).

De acordo com a Association of Official Seed Analysts (Aosa, 1983), o termo vigor é definido como aquelas propriedades das sementes que determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme e o desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições de campo. Sendo assim, tem-se buscado por testes rápidos que possam estimar a

viabilidade das sementes e permitir o descarte rápido de lotes que não atingem os padrões mínimos de qualidade fisiológica para comercialização de suas sementes.

A grande maioria dos testes de vigor é baseada na avaliação do nível de deterioração das sementes. Entende-se que a deterioração das sementes tem início com a alteração ou perda da integridade das membranas celulares (Marcos Filho, 2015). Deste modo, lotes com potencial germinativo semelhante podem apresentar capacidades fisiológicas diferentes, visto que, as primeiras alterações de deterioração das sementes ocorrem antes que se possa verificar o declínio na capacidade de germinação de um lote de sementes (Ribeiro *et al.*, 2009).

Testes que avaliem a integridade do sistema de membranas das sementes como, por exemplo a condutividade elétrica massal, são indicados para a avaliação do vigor (Dode *et al.*, 2013). O teste é baseado nos exsudatos liberados pelas sementes quando estas encontram-se embebidas em água a uma determinada temperatura (Fessel *et al.*, 2010). A liberação dos exsudatos indica um nível de integridade das membranas celulares, ou seja, sementes deterioradas apresentam maiores valores de condutividade elétrica e, conseqüentemente, menor vigor, enquanto sementes com menores valores de condutividade elétrica, são sementes com baixo grau de deterioração e, maior nível de vigor.

Vários fatores podem interferir nos resultados obtidos como, por exemplo, o número de sementes, o volume de água, o tempo de embebição, características genéticas da espécie, a idade dos lotes de sementes, bem como o grau de deterioração que as sementes apresentam (Marcos Filho, 2015). Com isso, torna-se necessário ajustar a metodologia do teste para cada espécie estudada e verificar a resposta das diferentes variáveis nos resultados de condutividade elétrica obtidos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a viabilidade de lotes de sementes de trigo-mourisco por meio do teste de condutividade elétrica massal, bem como ajustar a metodologia do teste para obter uma avaliação rápida e precisa da viabilidade dos lotes de sementes.

## 2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS) da Universidade Federal de Santa Maria, no ano de 2019. Utilizaram-se sete lotes de sementes de trigo-mourisco provenientes de diferentes localidades (Quadro 1), sendo verificado o grau de umidade dos lotes pelo método de Brasil (2009).

**Quadro 1** - Lotes de sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) provenientes de diferentes localidades

Lote	Cultivar	Origem	Ano de Colheita	Grau de Umidade (%)
1	IPR 91- Baili	IAPAR <sup>®</sup> , PR	2018	12,81
2	IPR 92- Altar	IAPAR <sup>®</sup> , PR	2018	12,47
3	IPR 91- Baili	Sementes com Vigor <sup>®</sup> , RS	2018	13,34
4	IPR 92- Altar	Sementes Pozza <sup>®</sup> , RS	2018	12,51
5	IPR 91- Baili	Pinhal Grande, RS	2019	13,75
6	IPR 92- Altar	Pinhal Grande, RS	2019	13,85
7	IPR 91- Baili	Pinhal Grande, RS	2019	13,20

<sup>®</sup>IAPAR: Instituto Agronômico do Paraná <sup>\*\*</sup>Dados não submetidos a análise estatística.

**Fonte:** dados da pesquisa.

Para a caracterização dos lotes foram utilizados os testes descritos abaixo:

1. Teste de germinação (TG): foram semeadas quatro repetições de 50 sementes em rolo de papel de germinação umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador tipo BOD (Box Organism Development), com luz constante e temperatura alternada de 20-30 °C, correspondendo 16 h a 20 °C e 8 h a 30 °C. A avaliação de germinação foi realizada no quinto e no sétimo dia após a semeadura (DAS) (Brasil, 2009);
2. Comprimento de plântula: foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes e mantidas na mesma condição do TG. No 5 DAS mediu-se o comprimento da parte aérea e da raiz primária de dez plântulas normais de cada repetição (Krzyzanowski *et al.*, 2020);
3. Massa seca de plântula: para esse teste foram utilizadas as dez plântulas normais oriundas do teste de comprimento de plântula. A secagem do material ocorreu em estufa de ventilação forçada a 65±5 °C por 48 h (Krzyzanowski *et al.*, 2020);
4. Condutividade elétrica massal: a lixiviação dos exsudatos foi avaliada sob seis diferentes períodos de embebição (1, 2, 4, 6, 8 e 24 h), com duas quantidades de sementes (25 e 50), em três quantidades de água destilada (25, 50 e 75 mL) e em duas temperaturas (25 ° e 30 °C). Inicialmente, as sementes tiveram suas massas aferidas em balança de precisão de 0,001 g e, logo após, colocadas em recipientes plásticos de capacidade de 200 mL, com os volumes de água pré-estabelecidos nas temperaturas de 25 e 30 °C. Sementes que apresentavam algum dano mecânico ou encontravam-se quebradas foram descartadas antes do início do teste. A condutividade elétrica da solução foi mensurada com o auxílio de um condutivímetro digital de bancada da marca Bel Engineering, modelo W12D.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com o fatorial 7 x 3 x 6 (lotes de sementes e quantidades de sementes e volumes de água), em parcelas subdivididas com quatro repetições. Os lotes de sementes, as quantidades de sementes: 25 e 50 unidades e os volumes de água: 25, 50 e 75

mL encontram-se descritos no Quadro 1. As subparcelas foram compostas por seis períodos de embebição (1, 2, 4, 6, 8 e 24 h). Os resultados foram analisados por meio de comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ), com o auxílio do software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014).

A correlação de Pearson foi realizada com o software estatístico R (2011), com o auxílio do pacote Corplot para a criação da imagem gráfica. Foram correlacionadas combinações dos tratamentos de condutividade elétrica com as variáveis contagem de germinação ao 5º dia (G5) e ao 7º dia (G7), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA).

**Quadro 2** - Médias de germinação aos 5 dias após a sementeira (DAS) e 7 DAS, comprimentos de raiz (CR) e de parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e de parte aérea (MSPA) dos sete lotes de sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench)

	5 DAS (%)	7 DAS (%)	CR (cm)	CPA (cm)	MSR (g 10 pl <sup>-1</sup> )	MSPA (g 10 pl <sup>-1</sup> )
Lote 1	89 a*	97 a*	9,4 <sup>ns</sup>	5,0 a*	0,025 <sup>ns</sup>	0,137 a*
Lote 2	89 a	93a	10,4	5,1 a	0,022	0,091 c
Lote 3	54 c	59 c	8,5	3,1 a	0,019	0,119 b
Lote 4	77 b	84 b	9,5	3,4 b	0,022	0,116 b
Lote 5	92 a	95 a	10,2	3,4 b	0,020	0,140 a
Lote 6	93 a	94 a	10,3	3,2 b	0,023	0,116 b
Lote 7	73 b	77 b	11,3	4,4 a	0,018	0,101 c
CV (%)	8,19	8,47	20,85	23,89	21,13	9,85

\*efeito significativo e <sup>ns</sup> efeito não significativo, pelas letras as médias se diferem pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). CV (%): coeficiente de variação.

Fonte: dados da pesquisa.

Para o comprimento e massa seca de raiz não houve diferenciação entre os lotes, mostrando-se como testes pouco sensíveis na discriminação de lotes de sementes de trigo-mourisco. Avaliando diferentes testes de vigor para trigo-mourisco, Ponce *et al.* (2019) verificam para diferentes lotes de sementes da cultivar IPR 92-Altar, percentuais de germinação ao 5 e 7 DAS semelhantes aos dos lotes utilizados neste trabalho, corroborando com os resultados encontrados.

A interação tripla significativa entre o número de sementes,

### 3 Resultados e Discussão

A caracterização dos sete lotes estudados por meio dos testes de germinação com contagens aos 5 e 7 DAS, comprimentos e massa seca das raízes e das partes aéreas das plântulas de trigo-mourisco é apresentada no Quadro 2. Observou-se que na contagem de germinação aos cinco dias após a sementeira (DAS) houve estratificação dos lotes em três classes de vigor, sendo que os lotes de mais alto vigor foram o 1, 2, 5 e 6, seguidos pelos lotes 4 e 7 com vigor intermediário, enquanto o lote 3 foi classificado como o de mais baixo vigor. Esses resultados se repetiram quando foi avaliada a germinação ao 7 DAS.

o volume de água e os lotes de sementes de trigo-mourisco para a temperatura de 25 °C, pode ser observada no Quadro 3. Analisando a classificação dos lotes em um mesmo número de sementes e mesmo volume de água, pode-se verificar que para 25 sementes em 25 mL os lotes foram separados em seis classes. Os lotes 5 e 6 apresentaram menor valor de condutividade, sendo os de maior vigor, enquanto os lotes 3 e 4 apresentaram maior valor de condutividade, indicando assim, um nível de vigor inferior.

**Quadro 3** - Médias de condutividade elétrica massal ( $\mu S cm^{-1} g^{-1}$ ) utilizando as combinações entre número de sementes de 25 e 50, volumes de água de 25, 50 e 75 mL e sete lotes de sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) nas temperaturas de 25 e 30 °C

	Número de Sementes					
	25			50		
	Volumes de água (mL)					
	25	50	75	25	50	75
	25° C					
Lote 1	74,83 Ba $\gamma$ *	55,99 Cb $\beta$	35,70 Bb $\alpha$	77,04 Ba $\gamma$	39,27 Ba $\beta$	25,28 Ba $\alpha$
Lote 2	115,31 Da $\gamma$	67,02 Da $\beta$	45,34 Ca $\alpha$	111,04 Ca $\gamma$	60,13 Ca $\beta$	40,41 Ca $\alpha$
Lote 3	150,90 Ea $\gamma$	88,69 Eb $\beta$	67,73 Db $\alpha$	173,42 Eb $\gamma$	79,50 Da $\beta$	56,40 Da $\alpha$
Lote 4	178,43 Fb $\gamma$	83,49 Ea $\beta$	69,31 Db $\alpha$	156,66 Da $\gamma$	82,62 Da $\beta$	54,57 Da $\alpha$
Lote 5	57,57 Ab $\gamma$	28,15 Aa $\beta$	18,87 Aa $\alpha$	44,93 Aa $\beta$	23,29 Aa $\alpha$	17,05 Aa $\alpha$
Lote 6	51,19 Ab $\gamma$	27,32 Aa $\alpha$	37,81 Bb $\beta$	42,09 Aa $\beta$	23,03 Aa $\alpha$	17,07 Aa $\alpha$
Lote 7	101,04 Cb $\gamma$	48,23 Ba $\beta$	36,50 Ba $\alpha$	81,15 Ba $\gamma$	42,51 Ba $\beta$	31,98 Ba $\alpha$
	30° C					
Lote 1	92,50 Bb $\gamma$	50,78 Bb $\beta$	30,63 Aa $\alpha$	76,10 Ba $\beta$	38,73 Ba $\alpha$	30,01 Ba $\alpha$
Lote 2	164,92 Db $\gamma$	68,35 Ca $\beta$	47,18 Ba $\alpha$	132,45 Da $\gamma$	60,64 Da $\beta$	43,16 Ca $\alpha$
Lote 3	165,69 Da $\gamma$	104,40 Eb $\beta$	66,83 Ca $\alpha$	172,31 Ea $\gamma$	91,30 Ea $\beta$	64,05 Da $\alpha$

Número de Sementes						
25				50		
Volumes de água (mL)						
	25	50	75	25	50	75
Lote 4	177,97 Eby	94,05 Daβ	74,16 Cbα	167,10 Eay	87,24 Eaβ	61,15 Daα
Lote 5	63,67Aby	32,42 Aaβ	20,88 Aaα	50,34 Aaβ	28,19 Aaα	19,43 Aaα
Lote 6	54,74 Aaγ	32,27 Aaβ	22,61 Aaα	50,60 Aaβ	27,83 Aaα	18,57 Aaα
Lote 7	111,78 Cby	53,31 Baβ	39,82 Baα	90,75 Cay	45,44 Caβ	33,79 Baα

\*efeito significativo e <sup>ns</sup> efeito não significativo. Médias seguidas de letras maiúsculas indicam comparação entre lotes dentro do mesmo número de sementes e volume de água, enquanto letras minúsculas indicam comparação entre número de sementes dentro do mesmo lote e mesmo volume de água. Médias seguidas de letras gregas indicam comparação entre volumes de água dentro de cada lote e cada número de sementes. Teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** dados da pesquisa.

Tal separação dos lotes foi semelhante quando se observou 50 sementes em 25 mL. Os lotes 5 e 6 continuaram a apresentar os maiores níveis de vigor, enquanto os lotes 3 e 4 foram classificados como de mais baixo vigor.

Ao aumentar o volume de água para 50 e 75 mL, a discriminação dos lotes seguiu a mesma tendência. Ou seja, os lotes de mais alto vigor (5 e 6) apresentaram os menores valores de condutividade, enquanto os lotes 3 e 4 demonstraram ser os lotes de mais baixo vigor. Essa informação é importante quando se compara testes de vigor utilizados para discriminação de lotes de sementes. Se for observada a contagem ao 5º e 7º dia (Quadro 2), pode-se perceber que não há discriminação entre quatro dos sete lotes estudados.

Verificou-se também que quanto maior o tempo que as sementes ficam embebidas, maior a condutividade elétrica resultante (Tabela 3). Tais resultados são confirmados por Dias *et al.* (2019), onde os autores observaram que um tempo maior de embebição resulta em maior liberação de íons e, conseqüentemente, maior condutividade elétrica da solução.

Para Marcos Filho (2015), um dos fatores que está atrelado aos resultados de condutividade elétrica é a idade dos lotes. Esse fator foi observado na separação feita entre os lotes 1, 2, 5 e 6. O teste de condutividade elétrica foi sensível para separar os lotes 5 e 6 (ano agrícola 2019) dos lotes 1 e 2 (ano agrícola 2018), algo que pelos testes de contagem (5 e 7 DAS) não pode ser evidenciado, demonstrando que de fato há um certo nível de deterioração em sementes de lotes mais velhos.

O número de sementes utilizados por tratamento também diferiu em alguns lotes (Quadro 3). Para os lotes 4, 5, 6 e 7 em 25 mL de água, utilizando-se 25 sementes, a condutividade elétrica foi maior. Isso foi observado nos lotes 1 e 3 com 50 mL e 1, 3, 4 e 6 com 75 mL.

Segundo Vieira e Carvalho (1994), os resultados da condutividade elétrica massal são expressos pela média de um determinado número de sementes, sendo essa a principal desvantagem do teste, pois assume-se que todas as sementes do tratamento apresentam o mesmo nível de deterioração. Sendo assim, uma semente que tenha alto grau de deterioração, tende a contaminar as demais sementes do tratamento. Tal desvantagem também é apontada nos estudos com soja (*Glycine max* (L) Merrill) (Mattioni *et al.*, 2015) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Mertz *et al.*, 2012).

Em trabalho com milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.), Gaspar e Nakagawa (2002) verificaram grande diferença nos valores de condutividade quando utilizaram 10 e 100 sementes por repetição, onde a utilização de 10 sementes resultou em maiores valores de condutividade. Esta informação corrobora com os resultados obtidos neste trabalho para alguns tratamentos. O número de sementes utilizadas não deveria implicar em diferenças na condutividade elétrica, uma vez que o resultado da condutividade é dividido pela massa de sementes correspondente. No entanto, para Gaspar e Nakagawa (2002), isso ocorre porque a leitura de condutividade elétrica, principalmente para sementes pequenas, é muito baixa e neste caso a condutividade da água exerce uma grande influência sob o resultado da condutividade da solução, aumentando o valor da leitura da condutividade.

No Quadro 3, para a temperatura de 30 °C a discriminação dos lotes seguiu a mesma tendência da condução do teste realizada em 25 °C. Os lotes 5 e 6 continuaram diferenciando-se dos demais, como lotes de mais alto vigor, enquanto os lotes 3 e 4 continuaram sendo os de mais baixo vigor. Para todos os lotes com 25 sementes, quanto maior o volume de água utilizado, menor a condutividade elétrica, ou seja, os maiores valores de condutividade elétrica foram observados no volume de 25 mL. Essa relação manteve-se para os lotes 2, 3, 4 e 7 quando foram utilizadas 50 sementes. Os lotes 1, 5 e 6 obtiveram maiores valores de condutividade elétrica quando se utilizou o volume de 25 mL, no entanto, não houve diferença na condutividade elétrica utilizando-se volumes de 50 e 75 mL.

O fator número de sementes utilizadas teve relação semelhante ao teste conduzido na temperatura de 25 °C, onde em determinados tratamentos ao se utilizar 25 sementes, a condutividade elétrica foi maior quando comparada com 50 sementes.

O volume de água utilizado para a embebição das sementes é outro fator que exerce influência nos resultados obtidos. Quando se analisa a condutividade elétrica em relação ao volume de água utilizado (Quadro 3), pode-se verificar que para todos os lotes com 25 sementes, quanto maior o volume de água utilizado, menor foi a condutividade elétrica. Assim, no volume de 25 mL foram observados os maiores valores de condutividade elétrica entre os lotes. No entanto, quando foi

avaliada a condutividade elétrica utilizando 50 sementes, os lotes 5 e 6 apresentaram maiores valores de condutividade no volume de 25 mL, e não houve diferença na condutividade

utilizando 50 ou 75 mL. Tais resultados podem ser observados no desdobramento da interação entre volume de água e tempo de embebição das sementes (Quadro 4).

**Quadro 4** - Médias de condutividade elétrica massal ( $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ ) utilizando as combinações de volume de água de 25, 50 e 75 mL e tempos de avaliação de 1, 2, 4, 6, 8 e 24 h em sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) nas temperaturas de 25 e 30 °C

Volume (mL)	Tempo (h)					
	1	2	4	6	8	24
25° C						
25	65,74 Ac	79,11 Bc	97,96 Cc	110,22 Dc	118,92 Ec	134,74 Fc
50	32,51 Ab	40,82 Bb	51,82 Cb	58,00 Db	64,04 Eb	73,93 Fb
75	23,73 Aa	30,28 Ba	38,62 Ca	43,40 Da	47,58 Ea	53,83 Fa
30° C						
25	74,08 Ac	91,69 Bc	111,89 Cc	124,05 Dc	131,26 Ec	140,27 Fc
50	36,96 Ab	44,90 Bb	57,18 Cb	63,65 Db	67,65 Eb	78,93 Fb
75	26,61 Aa	32,34 Aa	39,35 Ba	44,30 Ca	47,52 Ca	55,13 Da

\*efeito significativo e <sup>ns</sup> efeito não significativo. Letras, maiúsculas diferem na linha e minúsculas diferem na coluna, pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Fonte: dados da pesquisa.

Em volumes maiores de água, os eletrólitos lixiviados ficam mais diluídos e, conseqüentemente, a leitura de condutividade é inferior. Assim, para muitas espécies, o volume de água utilizado para a embebição das sementes é um fator determinante para o sucesso ou não do teste. Dias *et al.* (2019), verificaram em trabalho com grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), que a discriminação dos lotes foi obtida com o maior volume de água testado (100 mL).

O desdobramento dos fatores volume de água e tempo de embebição a 30 °C é apresentado no Quadro 4. Novamente, os resultados vão de encontro aos obtidos quando a condução do teste ocorreu a 25 °C, mostrando que quanto maior o tempo que as sementes ficaram embebendo em água, maior foi a condutividade elétrica, e quanto maior o volume de água utilizado, menor foi a condutividade elétrica, pois os exsudatos ficaram mais diluídos em volumes maiores.

Em trabalho com sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), Silva *et al.* (2014), ao testar diferentes métodos de condutividade elétrica massal, concluíram que a utilização de 10 sementes inteiras em um período de cinco horas permitiu a separação dos lotes em níveis de vigor. Venske *et al.* (2014), em trabalho com algodão (*Gossypium hirsutum* L.) ao avaliarem a condutividade elétrica das sementes perceberam que ela foi eficiente, porém não tão sensível na discriminação dos lotes como outros testes de vigor utilizados. No entanto, Barbieri *et al.* (2013), em trabalho com o efeito da redução aleatória de plantas de trigo na qualidade fisiológica das sementes produzidas, verificaram que o teste de condutividade elétrica não foi eficiente para detectar diferenças de qualidade entre os lotes de sementes de trigo.

Por outro lado, Ponce *et al.* (2019) testaram a condutividade elétrica em sementes de trigo-mourisco para determinar o vigor dos lotes. Concluíram que a condutividade elétrica com períodos de embebição de até 24 horas não foi eficiente para determinar o vigor dos lotes, resultado esse que vai em desacordo com os resultados do presente estudo.

Conforme discutido anteriormente, a condutividade elétrica pode ser alterada por vários fatores. Segundo Marcos Filho (2015), entre os fatores pode-se citar o tamanho das sementes, a temperatura na qual o teste é conduzido, o tempo de embebição, o volume de água utilizado e a idade dos lotes. No trabalho realizado por Ponce *et al.* (2019) foram utilizados lotes de sementes de trigo-mourisco de apenas uma cultivar (IPR 92-Altar), com características de germinação muito semelhantes. Também não foram levadas em consideração variações de temperatura, número de sementes e volume de água, sendo assim pouco abrangente.

Em trabalho com sementes hortícolas, Frandoloso *et al.* (2017) constataram que a condutividade elétrica foi eficiente na discriminação de lotes de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.), proporcionando a obtenção de resultados mais rápidos.

O desdobramento dos fatores tempo de embebição e lotes de sementes, para a temperatura de 25 °C são apresentados na Tabela 5. Observou-se que em uma hora de embebição foi possível separar os lotes em quatro classes, onde os lotes 5 e 6 foram os que apresentaram menor condutividade elétrica, enquanto os lotes 3 e 4 apresentaram maiores valores de condutividade elétrica. Essa separação manteve-se nos demais tempos de embebição, indicando a superioridade dos lotes 5 e 6 em relação ao demais. Como a separação dos lotes ocorreu a partir de uma hora de avaliação, esse pode ser considerado um fator positivo, pois tempos curtos de avaliação são essenciais na escolha de um teste de vigor.

Para o desdobramento dos fatores lotes de sementes e tempos de embebição para a temperatura de 30 °C, os resultados seguiram a mesma sequência de quando avaliados na temperatura de 25 °C. Sendo assim em 1 hora de avaliação já foi possível separar os lotes 5 e 6 como de mais alto vigor, e os lotes 3 e 4 como de mais baixo vigor. Nos períodos seguintes de avaliação essa discriminação permaneceu igual.

**Quadro 5** - Médias de condutividade elétrica massal ( $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ ) utilizando as combinações de volume de água de 25, 50 e 75 mL e tempos de avaliação de 1, 2, 4, 6, 8 e 24 horas em sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench) nas temperaturas de 25 e 30 °C

	Tempo (h)					
	1	2	4	6	8	24
	25° C					
Lote 1	28,54 Ab	37,29 Bb	49,61 Cb	56,92 Db	63,11 Eb	72,65 Fb
Lote 2	47,24 Ac	57,44 Bc	71,08 Cc	79,97 Dc	86,08 Ec	97,45 Fd
Lote 3	69,62 Ad	82,80 Bd	100,45 Cd	110,77 Dd	119,91 Ed	133,11 Ff
Lote 4	67,28 Ad	84,71 Bd	106,01 Cd	117,06 Dd	124,32 Ed	125,69 Ee
Lote 5	18,02 Aa	22,14 Aa	28,52 Ba	32,97 Ba	36,84 Ba	51,38 Ca
Lote 6	19,03 Aa	23,32 Aa	30,67 Ba	35,32 Ca	40,96 Ca	49,22 Da
Lote 7	34,86 Ab	42,80 Bb	53,25 Cb	60,78 Db	66,71 Db	83,01 Ec
	30° C					
Lote 1	29,87 Aa	39,46 Bb	52,42 Cb	60,18 Cb	65,38 Db	71,42 Db
Lote 2	56,32 Ac	68,19 Bd	85,30 Cc	94,88 Dc	101,30 Ec	110,70 Ed
Lote 3	74,05 Ad	91,61 Be	111,95 Cd	122,61 Dd	127,74 Ed	136,61 Ee
Lote 4	71,21 Ad	88,40 Be	113,68 Cd	124,09 Dd	129,52 Dd	134,76 De
Lote 5	23,92 Aa	28,38 Aa	33,54 Aa	37,78 Ba	41,09 Ba	50,20 Ca
Lote 6	22,80 Aa	27,02 Aa	32,09 Aa	36,50 Ba	39,48 Ba	48,73 Ca
Lote 7	43,00 Ab	51,10 Bc	57,35 Bb	65,28 Cb	70,49 Cb	87,67 Dc

\*efeito significativo e <sup>ns</sup> efeito não significativo. Letras maiúsculas diferem estatisticamente na linha, enquanto letras minúsculas diferem estatisticamente na coluna, pelo teste de Scott-Knott (p<0,05).

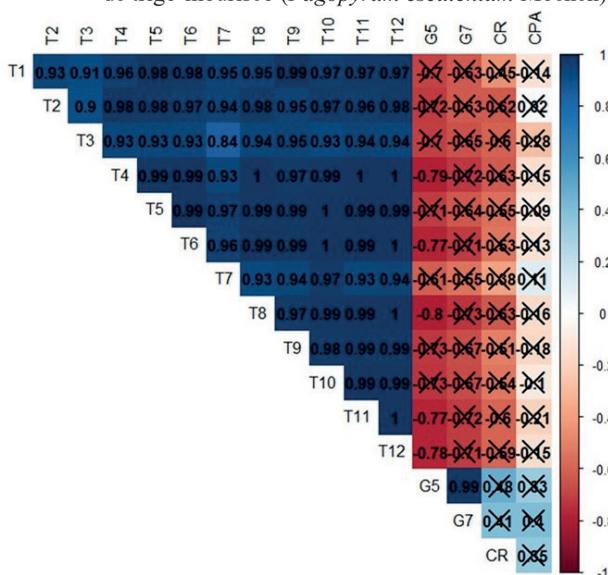
Fonte: dados da pesquisa.

A Figura 1 indica a correlação de Pearson entre as variáveis do teste de condutividade elétrica e os testes de contagem de germinação ao 5º dia (G5) e 7º dia (G7), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA).

Pode-se verificar uma correlação significativa e positiva entre todas as combinações do teste de condutividade elétrica, indicando que o aumento ou redução dessas variáveis ocorre de forma linear. As combinações T4, T6, T8, T11 e

T12 apresentaram correlação significativa e negativa com a germinação ao 5º dia (G5), indicando uma linearidade nas variações destas variáveis. Esse ponto pode ser considerado positivo, pois um aumento da condutividade elétrica implica em redução do vigor, visto que maiores valores de condutividade indicam menor vigor. Isso sugere que o teste de condutividade elétrica pode ser utilizado na tomada de decisão durante a avaliação dos lotes de sementes.

**Figura 1** - Correlação de Pearson entre o teste de condutividade elétrica e contagem de germinação ao 5º dia (G5) e 7º dia (G7), comprimento de raiz (CR) e comprimento de parte aérea (CPA), de sete lotes de sementes de trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench)



'X' indica correlação não significativa.

Condutividade elétrica representada pelas combinações: T1: 25 sementes em 25 mL a 25 °C; T2: 25 sementes em 50 mL a 25 °C; T3: 25 sementes em 75 mL a 25 °C; T4: 50 sementes em 25 mL a 25 °C; T5: 50 sementes em 50 mL a 25 °C; T6: 50 sementes em 75 mL a 25 °C; T7: 25 sementes em 25 mL a 30 °C; T8: 25 sementes em 50 mL a 30 °C; T9: 25 sementes em 75 mL a 30 °C; T10: 50 sementes em 25 mL a 30 °C; T11: 50 sementes em 50 mL a 30 °C; T12: 50 sementes em 75 mL a 30 °C.

Fonte: dados da pesquisa.

Tais considerações já foram verificadas por Prado *et al.* (2019) em sementes de soja, com os testes de tetrazólio e primeira contagem de germinação. Rosa *et al.* (2018) em trabalho com sementes de amarantos (*Amarantus cruentus* L.) ao analisarem a correlação, verificaram resultados inversamente proporcionais. Ou seja, conforme aumentava os valores de condutividade elétrica, a porcentagem de mudas emergidas diminuía.

Assim, pode-se observar que cada espécie responde de forma diferenciada ao teste de vigor proposto, sendo que para algumas espécies determinados testes são eficientes, enquanto para outras não. Diante disso, o estudo, o teste e a combinação dos diferentes fatores acima mencionados são de suma importância na hora de indicar ou não um teste de vigor para determinada espécie.

A partir deste experimento pode-se verificar que os sete lotes de trigo-mourisco foram separados em três classes de acordo com as contagens realizadas ao 5º e 7º dia, sendo que os lotes 1, 2, 5 e 6 foram os de mais alto vigor, enquanto o lote 3 foi o de mais baixo vigor. Independente da combinação de número de sementes, volume de água e tempo de embebição, nas temperaturas de 25 e 30 °C, os lotes 5 e 6 foram o de mais alto vigor, enquanto os lotes 3 e 4 foram de mais baixo vigor. Ao aumentar o período de embebição foram observados maiores valores de condutividade elétrica. No entanto, em tempos mais curtos, como 1 e 2 h, o teste já conseguiu distinguir os lotes de acordo com o seu potencial fisiológico, podendo sugerir a realização do teste em tempos mais curtos.

De acordo com a análise de correlação, tanto as combinações T4, T6, T8, T11 e T12 foram significativas. No entanto, sugere-se a combinação T8 (25 sementes em 50 mL de água na temperatura de 30 °C), pelo fato de utilizar um menor número de sementes, associado a curtos períodos de avaliação.

#### 4 Conclusão

A condutividade elétrica massal é eficiente na discriminação de classes de vigor em lotes de sementes de trigo-mourisco. Em curtos períodos de embebição de 1 a 2 h, já pode ser evidenciada a separação dos lotes que possuem mais alto vigor. Recomenda-se para o teste de condutividade elétrica massal para sementes de trigo-mourisco a utilização de 25 sementes em 50 mL de água na temperatura de 30 °C.

#### Referências

AOSA - Association of Official Seed Analysts. *Seed vigor testing handbook*. East Lansing, 1983.

BARBIERI, A.P. *et al.* Population reduction of wheat for yield and the physiological quality of seeds. *Rev. Ciênc. Agron.*, v.44, n.4, p.724-731, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para Análise de Sementes*. Brasília: MAPA, 2009.

CHRISTA, K.; SORAL-SMIETANA, M. Buckwheat grains and buckwheat products nutritional and prophylactic value of their components a review. *Czech J. Food Sci.*, v.26, n.1, p.153-162, 2008. doi: 10.17221/1602-CJFS

DIAS, L.B.X, et al. Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.*, v.14, n.2, p.1-8, 2019.

DODE, J.S. et al. Respiration test soybean seed as related of physiological quality. *Ciênc. Rural*, v.43, n.2, p.193-198, 2013.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. Agrotecnol.*, v.38, n.2, p.109-112, 2014. doi: 10.1590/S1413-70542014000200001.

FESSEL, S.A. et al. Electrical conductivity test of soybean seeds stored under different temperatures. *Bragantia*, v.69, n.1, 2010.

FRANDOLOSO, D.C.L. et al. Lettuce seeds quality evaluated by accelerated aging test. *Rev. Ciênc. Agrár.*, v.40, n.4, p.703-713, 2017.

GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do número de sementes e da quantidade de água para sementes de milho. *Rev. Bras. Sementes*, v.24, n.2, p.70-76, 2002.

MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES, 2015.

MATTIONI, N.M. et al. Teste de condutividade elétrica individual para a estimativa da germinação em sementes de soja. *Semina Ciênc. Agrárias*, v.36, n.1, p.31-38, 2015.

MERTZ, L.M. et al. Condutividade elétrica individual para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de trigo. *Informativo ABRATES*, v.22, n.1, p.35-39, 2012.

KRZYZANOWSKI, F.C. et al. Testes de vigor baseados em desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C. et al. *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 2020.

PEREIRA, M.F.S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de coentro [*Coriandrum sativum* (L.)]. *Rev. Bras. Plantas Med.*, v.13, p.518-522, 2011.

PONCE, R.M. et al. Physiological potential of buckwheat seeds evaluated by different vigor tests. *Rev. Ciênc. Agrárias*, v.42, n.3, 2019.

PRADO, J.P. et al. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. *J. Seed Sci.*, v.41, n.4, p.407-417, 2019.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2011.

RIBEIRO, D.M. et al. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes em milho-pipoca (*Zea mays* L.). *Rev. Ceres*, v.5, n.6, p.772-776, 2009.

ROSA, T.D. et al. Electrical conductivity and accelerated aging in amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) seeds. *J. Seed Sci.*, v.40, n.1, p.44-51, 2018. doi: 10.1590/2317-1545v40n1183116

SILVA, C.B.; BARBOSA, R.M; VIEIRA, R.D. Accelerated aging as vigor test for sunn hemp seeds. *Ciênc. Rural*, v.47, n.1, p.1-6, 2017.

SILVA, V.N. ET AL. ELECTRICAL CONDUCTIVITY TEST WITH PARTS OF BEAN SEEDS. *REV. CIÊNC. AGRÁR.*, V.37, N.2, P.206-213, 2014. DOI: 10.19084/RCA.16816

VENSKE, E. ET AL. ATIVIDADE RESPIRATÓRIA COMO TESTE DE VIGOR EM SEMENTES DE ALGODÃO. *REV. BRAS. CIÊNC. AGRÁRIAS*, V.9, N.2, P.174-179, 2014. DOI: 10.5039/AGRARIA.V9I2A3518

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. *Teste de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1994.