

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

BRENDA SANTOS PONTES

**AJUSTE METODOLÓGICO DOS TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO
E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA SEMENTES DE MILHO DE PIPOCA**

**Uberlândia – MG
Dezembro – 2022**

BRENDA SANTOS PONTES

**AJUSTE METODOLÓGICO DOS TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO
E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA SEMENTES DE MILHO DE PIPOCA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia,
da Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão

**Uberlândia – MG
Dezembro - 2022**

BRENDA SANTOS PONTES

**AJUSTE METODOLÓGICO DOS TESTES DE ENVELHECIMENTO ACELERADO
E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA PARA SEMENTES DE MILHO DE PIPOCA**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Uberlândia – MG, 09 de dezembro de 2022

Banca Examinadora:

Dr. Adílio de Sá Junior
Membro da Banca

Maurício Alves de Oliveira Filho
Membro da Banca

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão
Orientador

RESUMO

Ao longo dos anos pesquisadores buscam o aumento da produtividade, principalmente mediante à crescente demanda de alimento e limitada disponibilidade de áreas e recursos, o que exige investimento em tecnologias agrícolas. O Brasil é o segundo maior produtor de milho pipoca do mundo, produzindo 268.402 mil toneladas, contudo, a atual produção não é capaz de suprir a demanda interna de sementes. A qualidade de um lote de sementes é constantemente avaliada dentro de laboratórios de análise mediante a condições controladas. Esses testes podem subestimar os verdadeiros valores apresentados em campo, assim, testes de vigor são indispensáveis. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo ajustar as metodologias para a condução dos testes de condutividade elétrica e envelhecimento acelerado na determinação do vigor de sementes de milho pipoca. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes da UFU (LASEM). Foram utilizados 4 lotes distintos do híbrido AP8203 sendo conduzidos os testes germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de plântula, emergência, índice de velocidade de emergência, teor de água, condutividade elétrica, e envelhecimento acelerado, em delineamento inteiramente casualizado. O teste de envelhecimento acelerado com solução tradicional por 48 horas é eficiente para avaliar o vigor das sementes. Recomenda-se também o envelhecimento das sementes utilizando solução salina saturada por 72 horas. O teste de condutividade elétrica é eficaz na discriminação dos lotes em classes de vigor utilizando 50 sementes de milho pipoca, com 50 ml água, após 6 horas de embebição.

Palavras-Chave: *Zea mays* L. var. *everta*; vigor; período de embebição; solução salina

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TABELAS

Tabela 1. Teor de água (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), emergência (E), e índice de velocidade de emergência (IVE) para a caracterização inicial da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho pipoca 12

Tabela 2. Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de lotes de sementes híbridas de pipoca usando diferentes combinações de 50 e 100 sementes, volumes de água e períodos de imersão 17

FIGURAS

Figura 1. Envelhecimento acelerado de lotes de sementes de milho pipoca conduzidos com métodos de envelhecimento: solução tradicional, insaturada e saturada de NaCl 13

Figura 2. Envelhecimento acelerado de sementes de milho pipoca conduzidos a 24, 48 e 72 horas com solução tradicional, insaturada e saturada de NaCl 14

Figura 3. Comparação entre o teor de água inicial (I) e o obtido após o teste de envelhecimento acelerada considerando a solução tradicional (T), insaturada (IN) e saturada (S) com NaCl, entre lotes de sementes de milho pipoca 16

Figura 4. Ilustração de todos os volumes de solução dos lotes de sementes de milho pipoca após 24 horas de embebição. Para cada volume foram utilizados copos plásticos com capacidade de 200 ml 18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4. CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos pesquisadores buscam o aumento da produtividade, principalmente mediante à crescente demanda de alimento e limitada disponibilidade de áreas e recursos. O Brasil é detentor de um vasto território, com solos e clima promissores para a adaptação e desenvolvimento das culturas (SANO et al., 2020). Dentre as variedades de milho comercializadas, a pipoca (*Zea mays* L. var. *everta*) apresenta alta rentabilidade e valor econômico, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial, produzindo 268.402 mil toneladas (FELTRIN, 2022). Contudo, a atual produção não é capaz de suprir a demanda interna de sementes, tornando necessária a importação (SANTOS, 2022; CATÃO e CAIXETA, 2017).

A qualidade de um lote de sementes é constantemente avaliada em laboratórios de análise, seguindo padrões estabelecidos pela Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). O teste de germinação é realizado em condições controladas que permitem reações fisiológicas e bioquímicas necessárias para a germinação das sementes, entretanto, este teste pode subestimar os verdadeiros valores apresentados em campo. Desta forma, testes de vigor são indispensáveis (BERTOLIN et al., 2011; ROCHA et al. 2018; LEITE et al. 2019).

Os testes de vigor em conjunto com o de germinação buscam refinar as avaliações do potencial fisiológico das sementes, auxiliando na tomada de decisões, aumentando a rapidez e eficiência, além de melhorar o controle de qualidade dos lotes (BITTENCOURT et al. 2012). Dentre os testes de vigor, o envelhecimento acelerado é o mais utilizado mundialmente. Neste, as sementes são expostas a umidade e temperaturas relativas elevadas, condições que influenciam na velocidade e intensidade de deterioração das membranas (BEWLEY et al. 2014; MARCOS-FILHO, 2015).

Os testes de vigor não possuem uma padronização estabelecida, exigindo constantes pesquisas. As combinações entre temperatura, tempo de exposição e tipos de soluções são fundamentais para o aprimoramento da velocidade de obtenção dos resultados e verossimilhança com o campo (MARCOS-FILHO, 1999; SANTOS et al., 2002).

Rocha et. al. (2018) verificaram que, o teste conduzido a 42°C durante 48h forneceu informações consistentes para diferenciar lotes de sementes de milho pipoca. Entretanto, esse resultado permitem a indagação em relação a um possível aumento do coeficiente de variação; a possibilidade de períodos mais curtos serem capazes de estratificar os lotes; tal como, a influência de outras soluções no teste, como a solução salina saturada e insaturada com NaCl,

que retarda a velocidade de deterioração e uniformiza a absorção de água das sementes (FANAN et al., 2006)

O teste de condutividade elétrica é outro teste de vigor capaz de determinar sintomas de deterioração fisiológica da semente, possuindo uma relação direta com às atividades enzimáticas e respiratórias, tal como, a integridade da membrana celular (STEINER et al., 2011; SOUZA et al., 2014). Lotes que apresentam condutividade elétrica elevada são compostos por sementes menos vigorosas. Portanto, estas resultam em perda na integridade da membrana ou evidenciam aquelas mal estruturadas, redução na habilidade de reparação, assim como outros danos celulares (BINOTTI et al., 2008; VÁZQUEZ et al., 1991).

O teste é avaliado por meio de um condutímetro, após as sementes serem submersas em água em determinado período e temperatura, mensurando a quantidade de exsudatos lixiviados da semente para a solução de embebição (BINOTTI et al., 2008). Para a avaliação do vigor de sementes de milho, Alvarenga et al., (2003) propuseram a metodologia amplamente utilizada. Entretanto, não há relatos na literatura de sua utilização para determinar o vigor das sementes de milho pipoca.

Esse teste tem sido indicado para espécies de sementes grandes (VIEIRA e MARCOS-FILHO, 2020), como soja (DIAS e MARCOS-FILHO, 1996; BAALBAKI et al. 2009), ervilha (FERREIRA et al., 2017) e feijão (SILVA et al., 2013). Contudo, dependendo do tamanho da semente pode ser necessário o ajuste do número de sementes na solução de embebição (HAMPTON e TEKRONY, 2020; VIEIRA e MARCOS-FILHO, 2020). Outro fator importante é o volume de água utilizado, que deve ser compatível com o tamanho das sementes da amostra de modo que todas as sementes sejam mantidas submersas, pois a solução não deve ser extremamente concentrada ou diluída (VIEIRA e MARCOS-FILHO, 2020).

Diante a grande necessidade de aprimoramento destes testes de vigor, visando velocidade e assertividade na obtenção resultados para avaliar a qualidade de sementes de milho pipoca, o presente trabalho teve por objetivo ajustar as metodologias para a condução dos testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica na determinação do vigor de sementes de milho pipoca.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes (LASEM), da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, campus Umuarama. Foram utilizados quatro lotes de sementes do híbrido AP8203 da empresa AG Alumni Seeds, produzidas na safra de 2020, em Indiana, EUA. Inicialmente foi realizada a caracterização dos lotes de sementes por meio dos testes de germinação, comprimento de plântulas, emergência, índice de velocidade de emergência, e teor de água, conforme descrito a seguir:

Germinação: conduzido com 4 repetições de 50 sementes de cada lote, as quais foram distribuídas entre duas folhas de papel de germinação, umedecidos com a quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do substrato e posteriormente organizados em forma de rolo. Os rolos foram encaminhados ao germinador, com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. As avaliações foram realizadas no quarto dia, para a primeira contagem de germinação, e sétimo, determinando a análise final, conforme metodologia proposta na RAS (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de Plântula: após a análise da germinação, vinte plântulas de cada repetição foram separadas de maneira aleatória e os comprimentos de parte aérea e raiz foram mensurados. Os resultados foram expressos em centímetros, conforme metodologia proposta na RAS (BRASIL, 2009).

Emergência: realizado com 4 repetições de 50 sementes de cada lote, as quais foram posicionadas em bandejas com areia, em uma profundidade de 3,0 cm, com espaçamento de 0,5 cm e sulcos de 40 cm de comprimento. O substrato foi umedecido com 60% da capacidade de retenção de água e as bandejas foram encaminhadas para a casa de vegetação. A avaliação foi realizada no 10º dia, período em que houve a estabilização do estande, contabilizando apenas as plântulas emergidas, sendo os resultados expressos em porcentagem, conforme metodologia proposta na RAS (BRASIL, 2009).

Índice de Velocidade de Emergência: realizado em conjunto ao teste de emergência, sendo avaliações diárias e em mesmo horário, durante 10 dias. Após a obtenção dos dados calculou-se o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) por meio da fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

G = Número de plântulas normais computadas em cada contagem

N = Número de dias da semeadura ao período de contagem

Teor de água: foram utilizadas duas repetições de 5,0 g de sementes para cada lote. As sementes foram colocadas em recipientes de alumínio com tampa previamente pesados, os quais tiveram seus pesos mensurados novamente, e foram encaminhadas à estufa com $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, conforme metodologia proposta na RAS (BRASIL, 2009). Após o período determinado o recipiente foi colocado no dessecador para resfriar, em seguida, pesados novamente para obter o peso seco das sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de teor de água (%).

Para a realização do teste de envelhecimento acelerado o delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial $4 \times 3 \times 3$ (quatro lotes x métodos de envelhecimento x períodos de envelhecimento). O teste foi conduzido com caixas gerbox com suportes internos para tela metálica, para evitar o contato entre a sementes e a solução, conforme metodologia proposta por Krzyzanowski et al. (2020).

Três métodos de envelhecimento foram utilizados. Foram preparadas três soluções distintas de 40 ml foram adicionadas ao fundo de cada caixa gerbox, sendo: I: solução tradicional (EAT) contendo água destilada; II: solução insaturada com NaCl (EAIN) que consiste em 11 g de NaCl diluídos em 100 ml de água destilada; e III: solução saturada com NaCl (EASS) sendo 40 g de NaCl diluídos em 100 ml de água destilada. Após a adição da solução foi posicionada a tela metálica e as sementes de cada lote foram dispostas sem sobreposição em camada uniforme. As caixas foram mantidas a 41°C em uma incubadora tipo BOD, de forma que cada tratamento fosse realizado em três períodos distintos, 24, 48 e 72 horas.

Em seguida, o teste de germinação foi montado conforme descrito anteriormente. A contagem de plântulas normais foi realizada no quarto dia e os resultados de cada lote foram expressos em porcentagem (%). Posteriormente, com a finalidade de monitorar o teste, foi determinado o teor de água das sementes após os períodos de envelhecimento, conforme descrito anteriormente.

O teste de condutividade elétrica foi conduzido seguindo o método da massa (AOSA, 2002). O teste foi realizado em dois experimentos distintos, em que ambos utilizaram da mesma

metodologia, contudo havendo variação na quantidade de sementes. No primeiro foram utilizadas quatro subamostras de 50 sementes de cada lote e no segundo 100 sementes, as quais foram previamente pesadas em balança analítica de precisão (0,001 g). Quanto ao volume da solução, água deionizada, foram utilizadas 50, 75 e 100 ml em diferentes períodos de hidratação (2, 4, 6, 8 e 24 horas). As sementes imersas em água em copos com capacidade para 200 ml, onde permaneceram em uma incubadora BOD a 25 °C durante todos os períodos mencionados. Então, a condutividade elétrica foi mensurada com auxílio de um condutivímetro, e os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de sementes.

O delineamento foi inteiramente casualizado e para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e análise de variância a 5% da probabilidade. Na ocorrência de efeitos significativos as médias qualitativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da caracterização inicial é possível observar na Tabela 1 que os lotes possuem uniformidade no teor de água, com diferença de 1,4% entre o maior e o menor percentual. Segundo Marcos-Filho (2016) diferenças de entre 1% e 2% são consideradas toleráveis neste teste. A homogeneidade do teste de teor de água é importante para a comparação de qualidade fisiológica entre lotes de sementes, para que não seja uma fonte de variação dos resultados. (MARCOS-FILHO, 2005).

Tabela 1 - Teor de água (TA), primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), emergência (E), e índice de velocidade de emergência (IVE) para a caracterização inicial da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho pipoca.

Lote	TA (%)	PC (%)	G (%)	CPA (cm)	CR (cm)	E (%)	IVE
1	7,8	89	98	5,1	13,0	98	9,4
2	7,7	94	97	5,2	12,2	96	10,3
3	9,1	82	94	4,1	7,9	92	9,8
4	9,1	86	97	3,9	7,4	91	9,3

No teste de germinação também foi observada uniformidade entre os lotes, de forma que todos atenderam ao padrão mínimo de germinação (70%) estabelecido pela legislação para comercialização de sementes de milho pipoca (BRASIL, 2013). Araújo et al. (2011) verificaram que lotes com germinação semelhantes são fundamentais em trabalhos que tem por objetivo determinar metodologia para avaliar o vigor, visto que, em potenciais germinativos muito acentuados, o próprio teste de germinação consegue discriminar o potencial fisiológico das sementes (MARCOS-FILHO e NOVENBRE, 2009).

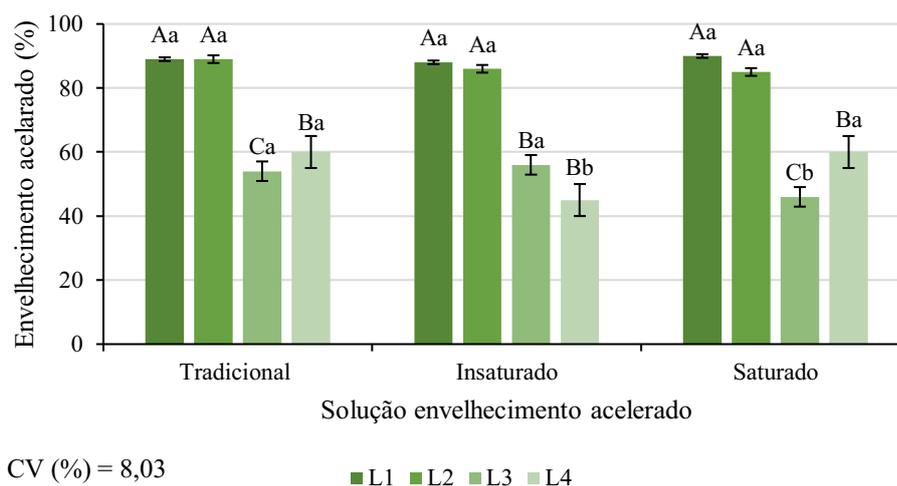
Os lotes 1 e 2 obtiveram maiores resultados em primeira contagem de germinação e comprimento de parte aérea e raiz. A análise de comprimento de plântulas e primeira contagem de germinação são parâmetros importantes para o vigor, pois sementes mais vigorosas apresentam uniformidade na germinação, com maior taxa de crescimento e desenvolvimento das estruturas das plântulas (MARCOS-FILHO, 2015; PERES, 2010).

No teste de emergência os lotes 1 e 2 demostram maiores resultados, sendo o lote 2 com maior índice de velocidade de emergência, seguidos pelos lotes 3, 1 e 4. Devido a simulação análoga ao campo, sujeita a condições adversas, o teste de emergência e IVE são considerados os melhores indicativos para inferir o vigor das sementes, possuindo a capacidade de revelar diferenças na qualidade fisiológica das sementes, que não são detectadas no teste de germinação

(GUEDES et al., 2011; MARCOS-FILHO, 2005). De acordo com Marcos-Filho (2015) o índice de velocidade de emergência é importante indicador da diferença de potenciais fisiológicos entre diferentes lotes ou genótipos, já que, a velocidade possui uma relação direta com o vigor da semente.

Para o teste de envelhecimento acelerado houve interação significativa entre os lotes de sementes x métodos de envelhecimento, assim como, os métodos de envelhecimento x períodos de envelhecimento. Na Figura 1 é possível verificar a interação entre os lotes de sementes x métodos de envelhecimento, em que, os lotes 1 e 2 possuem maior vigor independente da solução de envelhecimento utilizada. O envelhecimento das sementes ocasiona alterações degenerativas do sistema de membranas, diminuindo assim sua integridade e/ou menor seletividade, levando ao descontrole nas trocas de água e solutos entre as células e o meio exterior, determinando a queda da viabilidade das sementes (BINOTTI et al., 2008). Desta forma, o principal objetivo do teste é verificar a metodologia capaz de causar esta deterioração.

Figura 1- Envelhecimento acelerado de lotes de sementes de milho pipoca conduzidos com métodos de envelhecimento: solução tradicional, insaturada e saturada de NaCl.



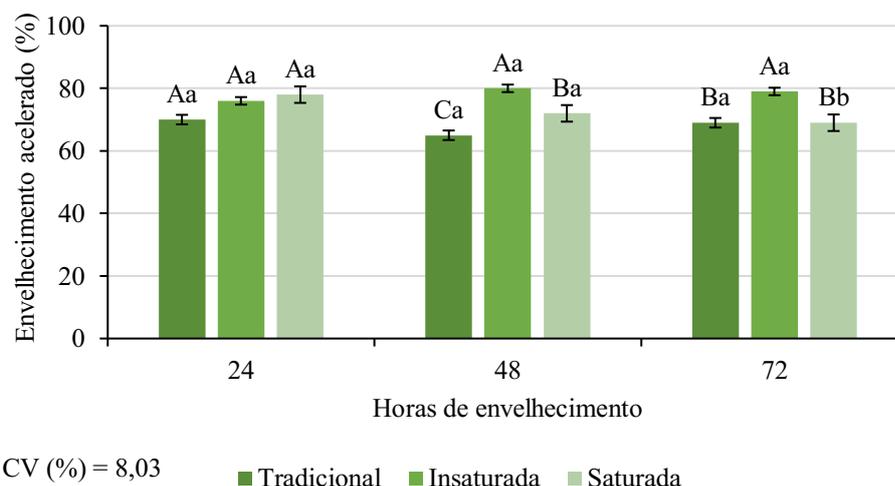
*Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre lotes de sementes de milho pipoca e minúscula entre métodos de envelhecimento acelerado não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao analisar os métodos de envelhecimento é possível observar que o envelhecimento tradicional e saturado apresentaram maior separação dos lotes, em três classes de vigor de sementes. Tunes et al. (2012) observaram em sementes de arroz que a solução saturada com 24 horas e a tradicional com 48 horas de envelhecimento promoveram melhor a estratificação dos lotes de sementes. Contudo, é importante frisar que, os resultados de envelhecimento acelerado

podem variar de acordo com o lote ou genótipo. No envelhecimento utilizando solução insaturada é possível observar a formação de apenas duas classes de vigor entre os lotes de sementes (Figura 1). Entretanto, o método com solução insaturada identificou o lote 4 como o de menor vigor.

Na Figura 2 verifica-se a interação dos métodos de envelhecimento x períodos de envelhecimento. O período de 48 horas foi o que apresentou maior estratificação dos lotes de sementes quando comparado os métodos de envelhecimento acelerado. Como pode ser observado, no método tradicional ocorre maior envelhecimento das sementes apresentando assim menor porcentagem de plântulas normais obtidas. Rocha et al. (2018) também verificaram que o tempo de exposição ao envelhecimento acelerado de 48 horas em solução tradicional foi mais eficiente na estratificação dos lotes de sementes de milho pipoca.

Figura 2 - Envelhecimento acelerado de sementes de milho pipoca conduzidos a 24, 48 e 72 horas com solução tradicional, insaturada e saturada de NaCl.



*Médias seguidas de mesma letra maiúscula entre métodos de envelhecimento acelerado e minúscula entre as horas de envelhecimento acelerado não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao analisar os períodos de envelhecimento acelerado observar-se que com 72 horas a utilização de solução salina saturada se diferenciou estatisticamente dos demais períodos, indicando que é possível estratificar os lotes de sementes de milho pipoca. Rocha et al. (2018) verificaram que esse período foi eficiente, entretanto, utilizando o método tradicional de envelhecimento. Vale ressaltar que outros autores afirmaram que um teste de vigor é desejável

rapidez de execução e obtenção dos resultados (SILVA et al., 2010; VAZQUEZ et al., 2011; TUNES et al., 2012; BITTENCOURT et al., 2012).

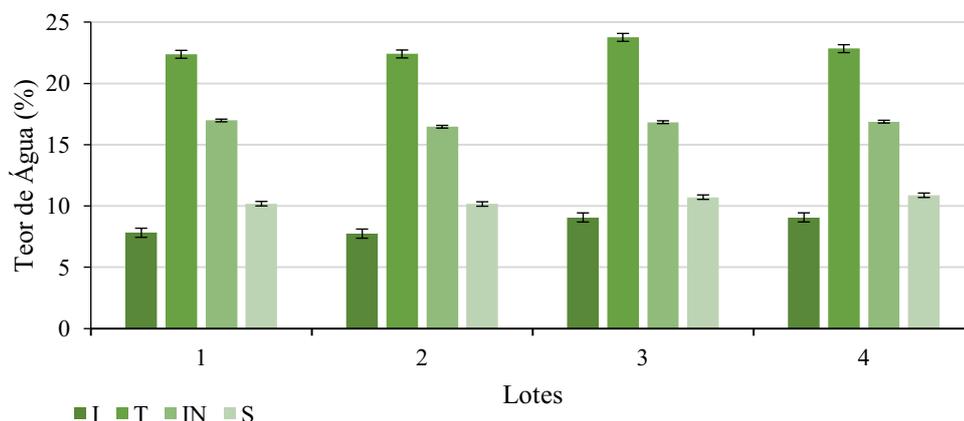
No envelhecimento acelerado tradicional (água) pode ocorrer grande disparidade na germinação das sementes (FREITAS et al. 2018), sendo indicado em algumas espécies a utilização de solução saturada com NaCl, pois ocorre a adequação da atmosfera úmida, da taxa de absorção de água da semente, da intensidade de deterioração e conseqüentemente é obtida uma menor variação dos resultados (RADKE et al., 2016; LIMA et al. 2015).

A solução saturada reduz a umidade relativa presente dentro da caixa gerbox, de 100% para 76%, o que permite a lenta embebição da semente, reduzindo o estresse ocasionado, portanto, demanda de um maior período para que ocorra a separação dos lotes como pode ser observado na Figura 2. Essa condição também foi observada por Fessel et al. (2003) e Martins et al. (2002) ao avaliar o vigor de sementes de brócolis por meio do teste de envelhecimento.

É importante salientar que durante a escolha entre duas metodologias, a velocidade é um fator primordial dos testes de vigor a serem realizados nos laboratórios de análise, uma vez que, é a partir desses resultados que decisões serão tomadas. Desta forma, o método tradicional a 48 horas é recomendado, entretanto, caso não seja possível a discriminação dos lotes recomenda-se utilizar também o teste com solução salina saturada por 72 horas.

Ao comparar o teor de água inicial das sementes e após o envelhecimento acelerado (Figura 3), houve acréscimo no teor de água, entretanto, em menor porcentagem nos lotes de sementes conduzidos em solução saturada de NaCl. O teor de água obtido durante o envelhecimento acelerado com soluções saturadas propicia menor taxa de deterioração, teores de água mais uniformes e menores, indicando um retardamento na embebição das sementes durante o teste, e apresentando resultados menos drásticos (MARTINS et al. 2002; FESSEL et al. 2003; FANAN et al. 2006). Sendo assim, a solução salina saturada possui maior consistência no grau de deterioração das sementes sendo isso fundamental no estudo da avaliação do vigor de sementes (CATÃO et al. 2021).

Figura 3 - Comparação entre o teor de água inicial (I) e o obtido após o teste de envelhecimento acelerada considerando a solução tradicional (T), insaturada (IN) e saturada (S) com NaCl, entre lotes de sementes de milho pipoca



Na Tabela 2 é possível verificar os dados de condutividade elétrica dos lotes de sementes de milho pipoca em função do número de sementes, volumes de água e períodos de imersão. Observa-se que os lotes 1 e 2 obtiveram menores valores de condutividade elétrica. Para o teste de condutividade elétrica, valores maiores indicam menor vigor, devido a uma menor velocidade de organização das membranas durante a hidratação e, conseqüentemente, maior lixiviação de solutos, apresentando menor potencial de armazenamento (VIEIRA e MARCOS-FILHO, 2020; MACHADO, 2018).

É possível verificar que houve maior discriminação dos lotes de sementes utilizando a combinação de 50 sementes no volume de água de 50 ml (Tabela 2). É possível observar nesta metodologia que nos períodos de 6, 8 e 24 horas houve a classificação dos lotes em três níveis de vigor. Independente do período de imersão os lotes 1 e 2 das sementes de milho pipoca se mostram os mais vigorosos apresentando qualidade fisiológica análogos. Esses resultados são semelhantes aos obtidos na caracterização inicial da qualidade das sementes (Tabela 1) para os testes de primeira contagem de germinação, comprimento de plântula e emergência em areia.

Tabela 2 - Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) de lotes de sementes híbridas de pipoca usando diferentes combinações de 50 e 100 sementes, volumes de água e períodos de imersão.

50 sementes/50 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	16,8 a	18,8 a	20,2 a	21,8 a	28,0 a
2	18,4 a	20,4 a	21,6 a	23,8 a	31,4 a
3	24,3 b	28,0 b	30,3 b	33,2 b	43,3 b
4	30,0 b	33,7 b	36,7 c	39,2 c	50,0 c
CV (%)	26,91	27,47	28,50	27,65	26,86
50 sementes/75 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	11,6 a	12,9 a	13,7 a	14,4 a	19,5 a
2	11,8 a	13,3 a	14,2 a	14,9 a	20,2 a
3	14,7 b	17,2 b	18,7 b	19,8 b	28,8 b
4	14,8 b	17,3 b	18,9 b	20,1 b	29,6 b
CV (%)	13,33	15,83	17,15	17,74	22,08
50 sementes/100 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	8,8 a	10,4 a	11,4 a	12,0 a	16,7 a
2	9,6 a	10,8 a	11,6 a	12,2 a	16,8 a
3	12,3 b	14,7 b	16,0 b	17,1 b	23,8 b
4	12,9 b	14,9 b	16,2 b	17,4 b	23,9 b
CV (%)	18,39	19,15	19,26	20,29	20,20
100 sementes/50 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	16,5 a	18,3 a	19,3 a	21,0 a	26,2 a
2	16,7 a	18,6 a	19,4 a	21,0 a	26,3 a
3	21,9 b	24,7 b	26,5 b	28,6 b	38,5 b
4	22,1 b	25,1 b	26,7 b	29,0 b	39,5 b
CV (%)	16,16	17,21	18,22	18,10	22,60
100 sementes/75 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	10,7 a	12,5 a	13,5 a	14,1 a	20,0 a
2	11,1 a	12,9 a	13,9 a	14,6 a	20,8 a
3	14,0 b	16,3 b	17,9 b	19,0 b	27,4 b
4	14,0 b	16,5 b	18,0 b	19,1 b	27,6 b
CV (%)	14,44	14,74	15,54	16,30	17,17
100 sementes/100 ml de água					
Lotes	Períodos de imersão				
	2 h	4 h	6 h	8 h	24 h
1	7,5 a	9,3 a	10,5 a	11,2 a	14,7 a
2	7,9 a	9,7 a	10,9 a	11,7 a	15,2 a
3	9,5 b	13,6 b	14,0 b	15,0 b	20,5 b
4	9,7 b	12,6 b	14,5 b	15,3 b	21,3 b
CV (%)	12,86	18,80	16,56	16,16	19,28

*Médias seguidas de mesma letra minúscula entre lotes de sementes de milho pipoca não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Coimbra et. al. (2009) verificaram que o período de 6 horas (75ml e 25°C) foi suficiente para avaliar o vigor de sementes de milho doce. É importante considerar que períodos de 8 e 12 horas não são tão práticos quanto 24 horas, considerando melhores horários para a leitura dos dados (ARAÚJO et al. 2022). Torres et al. (2015) afirmaram que a obtenção de resultados rápidos vai de encontro aos interesses dos produtores de sementes, sendo assim o período de 6 horas de imersão pode ser considerado para a avaliação do vigor das sementes de milho pipoca.

Períodos mais curtos de embebição foram considerados na literatura como eficientes para avaliar o vigor de sementes. Dias e Marcos-Filho (1996) verificaram que períodos de 4 a 8 horas permitiram identificar diferenças acentuadas entre os lotes de sementes de soja. Em sementes de feijão mungo (*Vigna radiata*) a separação entre lotes de acordo com o vigor ocorreu após 3 horas de embebição (ARAÚJO et al., 2011).

Ainda utilizando 50 sementes e os volumes de 75 ml e 100 ml houve pouca efetividade na classificação do vigor das sementes. Não foi possível separar os lotes em níveis de qualidade fisiológica, provavelmente devido à maior diluição da embebição, independentemente do período de imersão, como evidenciado na metodologia exposta na Figura 4. É possível observar que apenas dois níveis de vigor foram obtidos utilizando esses volumes de água (Tabela 2). Dessa forma, com o aumento do volume de água houve maior diluição da embebição, como era de se esperar. Portanto, esses volumes foram considerados inadequados para a avaliação do vigor das sementes.

Figura 4 - Ilustração de todos os volumes de solução dos lotes de sementes de milho pipoca após 24 horas de embebição. Para cada volume foram utilizados copos plásticos com capacidade de 200 ml.



É válido ressaltar que mesmo com menor volume de água (50 ml) não houve dificuldades em inserir o eletrodo do medidor de condutividade na solução para as leituras dos dados, independentemente da quantidade de sementes utilizadas (50 e 100 sementes). Uma recomendação da Associação dos Analistas Oficiais de Sementes (AOSA) para a realização do teste de condutividade é que não deve haver contato direto entre a célula do condutivímetro e as sementes, apenas com a solução (BAALBAKI et al., 2009).

Utilizando 100 sementes nos três volumes de água testados houve poucas variações na condutividade elétrica, impossibilitando a discriminação dos lotes nos períodos disponibilizados (Tabela 2). Mesmo no período mais longo de 24 horas a separação não ficou mais nítida, em razão do maior número de sementes. Santos (2021) avaliando sementes de feijão-caupi verificou que, independentemente do número de sementes (50, 75 e 100 sementes) maiores volumes de água não foram eficazes para a estratificação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

Apesar dos lotes 1 e 2 serem os de maior vigor, para 50 e 100 sementes, a condutividade elétrica pode ter resultados mascarados em metodologias com quantidades exorbitantes de água, fato observado na Tabela 2. Borges (2016) observou resultados semelhantes ao avaliar sementes de milho doce, ocorrendo isso devido a diluição dos eletrólitos lixiviados pelas sementes, dessa forma, dificultando a estratificação dos lotes.

4. CONCLUSÕES

O teste de envelhecimento acelerado com solução tradicional por 48 horas é eficiente para avaliar o vigor das sementes. Recomenda-se também o envelhecimento das sementes utilizando solução salina saturada por 72 horas. O teste de condutividade elétrica é eficaz na discriminação dos lotes em classes de vigor utilizando 50 sementes de milho pipoca, com 50 ml água, após 6 horas de embebição.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, E.M.; RIBEIRO, D.N.; BRAGANÇA, S.M.; GONELI, A.L.D.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor de sementes de milho-pipoca. **Informativo Abrates**, Londrina, v.13, n.3, p.275, 2003.

AOSA. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: 105p. (Contribution, 32). 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000063&pid=S0101-3122201100010001400001&lng=em. Acesso em: 01 nov. 2022.

ARAÚJO, J. O. et al. Adjustment of the electrical conductivity test to evaluate the seed vigor of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Journal of Seed Science**. v. 44. 2022.

ARAÚJO, R.F.; ZONTA, J.B.; ARAUJO, E.F.; HEBERLE, E. & ZONTA, F.M.G. Teste de condutividade elétrica para sementes de feijão-mungo-verde. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 33, n.1, p.123-130, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000100014>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M.B. Seed vigor testing handbook, AOSA, Ithaca, NY, USA. (Contribution to the Handbook on Seed Testing, 32). 341p. 2009.

BERTOLIN, D.C.; SÁ, M.E.; MOREIRA, E.R. Parâmetros do teste de envelhecimento acelerado para determinação do vigor de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.104-112, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222011000100012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 01 nov. 2022.

BEWLEY, J.D., et al. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. 3ª ed. New York: Springer, 2014.

BINOTTI, F.F.S.; HAGA, K.I.; CARDOSO, E.D.; ALVES, C.Z.; SÁ, M.E. & ARF, O.. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 30, n. 2, p. 247-254, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-86212008000200014>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BITTENCOURT, S.R.M.; GRZYBOWSKI, C.R.S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D. Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, v.42, n.8, p.1360-1365, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000800005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 01 nov. 2022.

BORGES, I. O. **Teste de condutividade elétrica em sementes de milho doce**. 2016. <https://bdm.unb.br/handle/10483/16457>. Acesso em: 01 nov. 2022.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 45, de 17 de Setembro de 2013**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 23 dez. Seção 1, 22 p, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 395p. 2009. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

CATÃO, H.C.R.M., et al. Improving the method for determining the physiological and sanitary potential of gherkin seeds. **Bioscience Journal**. 37, e37087. 2021

CATÃO, H.C.R.M.; CAIXETA, F. Physiological, isozyme changes and image analysis of popcorn seeds submitted to low temperatures. **Journal of Seed Science**, v.39, n.3, p.234-243, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2317-15372017000300234&script=sci_abstract&tlng=em. Acesso em: 01 nov. 2022.

COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA, J.. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, [S.L.], v. 39, n. 9, p. 2402-2408, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782009000900004>. Acesso em: 03 nov. 2022.

DIAS, D.C.F.S., MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja. **Scientia Agricola**, v.53, n.1, p.31-42, 1996.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; LIMA, T. C.; MARCOS FILHO, J.. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelos testes de envelhecimento acelerado e de frio. **Revista Brasileira de Sementes**, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 152-158, 2006. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0101-31222006000200021>. Acesso em: 01 nov. 2022.

FELTRIN, N. M.. **Manejo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho pipoca, com inseticidas, volumes de calda e pontas de pulverização**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/24663>. Acesso em: 20 de out. 2022.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001. Acesso em: 01 nov. 2022.

FERREIRA, L.B.S.; FERNANDES, N.A.; AQUINO, L.C.; SILVA, A.R.; NASCIMENTO, W.M.; LEÃO-ARAÚJO, E.F. Temperature and seed moisture content affect electrical conductivity test in pea seeds. **Journal of Seed Science**, v.39, n.4, p.410-416, 2017.

FESSEL, S.A.; SILVA, L.J.R.; GALLI, J.A.; SADER, R. Uso de solução salina (NaCl) no teste de envelhecimento acelerado em sementes de brócolis. **Informativo Abrates**, Pelotas, v.13, n.3, p.256, 2003.

FREITAS, R. M. O.; NOGUEIRA, N. W.; TORRES, S. B.; LEITE, T. S. Accelerated aging of arugula seeds. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.4, e5585, 2018.

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; OLIVEIRA, L.S.B.; ANDRADE, L.A.; GONÇALVES, E.P.; MELO, P.A.R.F. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, n.2, p.443-450, 2011. Disponível em:

<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/3247/8404>. Acesso em: 01 nov. 2022.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigour test methods**. In: Seed vigour testing. In: International Rules for Seed Testing. Zurich: ISTA, 2020, p.1-19

KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D., FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. **Vigor de Sementes: Conceitos e Testes**, 2º Ed., ABRATES. 2020.

LEITE, M.S., et al. Classification of West Indian gherkin seeds vigor by respiratory activity. **Revista Ciência Agronômica**. 2019, 50(2),307-311. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20190036>. Acesso em: 01 nov. 2022.

LIMA, J. J. P.; FREITAS, M. N.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R.; ÁVILA, M. A. B. Accelerated aging and electrical conductivity tests in crambe seeds. *Ciência Agrotecnologia*, v.39, n.1, p.7-14, 2015.

MACHADO, M. O. C.. **Proposta de nova metodologia do teste de condutividade elétrica em sementes de milho seccionadas ao meio**. 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/26652/1/2018_MartadeOliveiraCortesMachado_tcc.pdf. Acesso em: 01 nov. 2022.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling 309 emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495p. 2005.

MARCOS-FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap.3, p.1-24. 1999.

MARCOS-FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de hortaliças. In: Nascimento, W.M. (Ed.) - **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p.185-246, 2009.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015.

MARCOS-FILHO, J. **Seed physiology of cultivated plants**. Londrina: ABRATES, 616p. 2016.

MARTINS, C.C.; SENEME, A.M.; CASTRO, M.M.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de couve-brócolos (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.96-101, 2002.

PERES, W.L.R. **Testes de vigor em sementes de milho**. 2010. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias). Jaboticabal: UNESP; 2010.

RADKE, A. K.; REIS, B. B.; GEWEHR, E.; ALMEIDA, A. S.; TUNES, L. M.; VILLELA, F. A. Alternativas metodológicas do teste de envelhecimento acelerado em sementes de coentro. **Ciência Rural**, v.46, n.1, p.95-99, 2016.

ROCHA, C. S.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; KAVAN, H. K.; CLAUDINO, T. M.; CAIXETA, D. G.. Physiological quality of popcorn seeds assessed by the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 428-434, out. 2018. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v40n4191101>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SANO, E. E.; BETTIOL, G. M.; MARTINS, E. D. S.; COUTO JÚNIOR, A. F.; VASCONCELOS, V.; BOLFE, E.; VICTORIA, D. D. C. Cap. 1. Características gerais da paisagem do Cerrado. Embrapa Informática Agropecuária. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. K. (Ed.). **Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, cap. 1, p. 21-37. 2020.

SANTOS, B. G. et al. **Condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de Feijão-Caupi**. 2021. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/2280/1/tcc_Beatriz%20Gonzaga%20dos%20Santos.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022.

SANTOS, L. C. de S.. **Caracterização morfoagronômica de linhagens endogâmicas de milho-pipoca para obtenção de híbridos F1**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/2336/Santos%2c%20Let%3%adcia%20Casseano%20de%20Souza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SANTOS, P.; GONDIM, T.C.O.; ARAUJO, E.F.; DIAS, D.C.F.S. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, n.1, p.91-96, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222002000100013&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 01 nov. 2022.

SILVA, J.B.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. Comportamento de sementes de cultivares de soja, submetidos a diferentes períodos de envelhecimento acelerado. **Bioscience Journal**, v.26, n.5, p.755-762, 2010. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7187>. Acesso em: 06 dez. 2022.

SILVA, S.S.; VIEIRA, R.D.; GRZYBOWSKI, C.R.S.; CARVALHO, T.C.; PANOBIANCO, M. Electrical conductivity of different common bean seeds genotypes. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.216-224, 2013.

SOUZA, G.E.; STEINER, F.; ZOZ, T.; OLIVEIRA, S.S.C.; CRUZ, S.J.S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de sementes de algodão. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.1, n.2, p.35-41, 2014. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/237>. Acesso em: 01 nov. 2022.

STEINER, F.; OLIVEIRA, S.S.C.; MARTINS, C.C.; CRUZ, S.J.S. Comparação entre métodos para a avaliação do vigor de lotes de sementes de triticale. **Ciência Rural**, v.41, n.2, p.200-204,

2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782011000200002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 01 nov. 2022.

TORRES, S. B.; PAIVA, E. P.; ALMEIDA, J. P. N.; BENEDITO, C. P.; CARVALHO, S. M. C.. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 3, p. 622-629, 2015. Disponível em: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/3881/1163>. Acesso em: 24 nov. 2022.

TUNES, L. M. de; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.35, n.1, p. 120-127, 2012.

VÁZQUEZ, E.; MONTIEL, F. & VÁZQUEZ-RAMOS, J.M.. DNA ligase activity in deteriorated maize axes during germination: a model relating defects in DNA metabolism in seeds to loss of germinability. **Seed Science Research**, vol. 1, n. 2, p. 269-273, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0960258500000994>. Acesso em: 01 nov. 2022.

VAZQUEZ, G.H.; BERTOLIN, D.C.; SPEGIORIN, C.N. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, n.1, p.18-24, 2011. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1504>. Acesso em: 06 dez. 2022.

VIEIRA, R.D.; MARCOS-FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J.B.; MARCOS-FILHO, J. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES. p.333-388. 2020.