

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ILANA NIQUELI TALINO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA CATÓDICA NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO**

**DOIS VIZINHOS
2021**

ILANA NIQUELI TALINO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA CATÓDICA NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO**

**INFLUENCE OF CATHODIC WATER ON THE PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE
OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO STORAGE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Jean Carlo Possenti.

Coorientadora: Maikely Luana Feliceti.

**DOIS VIZINHOS
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ILANA NIQUELI TALINO DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DA ÁGUA CATÓDICA NO DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE
SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 06/dezembro/2021

Jean Carlo Possenti
Doutor em Ciência e Tecnologia de Sementes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Pedro Valério Dutra de Moraes
Doutor em Fitossanidade
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Thayllane De Campos Siega
Doutora em Agronomia
FT Sementes

**DOIS VIZINHOS
2021**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por seu amor infinito e a Nossa Senhora Aparecida, que sempre ouviram minhas orações.

Aos meus pais, Clair e Leucir por toda força e o apoio durante esta caminhada. Também à minha irmã Dana Emanoeli por acreditar tanto em mim e me dar forças. Às minhas avós Dozolina e Curinta por todo o apoio.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Jean Carlo Possenti e MSc. Maikely Luana Feliceti, gratidão pela orientação, paciência, amizade e compreensão durante essa caminhada.

Aos amigos Maikely, Renan e Victor que não mediram esforços para auxiliar na montagem e condução do experimento, minha sincera gratidão por todos os momentos que na presença de vocês se tornaram mais leves e alegres.

Também aos colegas do Laboratório Didático de Análises de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* de Dois Vizinhos, pela ajuda prestada. Foram 4 anos de muitos aprendizados enquanto integrante deste grupo de pesquisa, levarei sempre no coração todos os momentos e aprendizados.

Deixo também meus agradecimentos à UTFPR – DV, a todos os professores, colegas e amigos que aqui fiz, dos quais carregarei boas lembranças para a vida toda.

Enfim, foi um longo percurso até aqui, com muitos aprendizados, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram nesse ciclo da minha vida.

Muito obrigada!

O melhor aprendizado é quando aprendemos a
aprender.

Aprender a aprender é ir em direção de sua
autonomia, apesar dos limites disso, pois
autonomia plena é delírio
(SANTOS, 2013).

RESUMO

Vários são os fatores ligados à produção e à pós-colheita que interferem na qualidade das sementes de soja. Dentre eles, as condições de ambiente às nas quais as sementes são expostas durante o armazenamento, bem como a própria umidade dessas. Com elevado teor de água, a taxa respiratória das sementes aumenta, intensificando a deterioração, com a formação de radicais livres. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar se o tratamento de sementes de soja com água catódica, seguida de desidratação, previamente ao armazenamento, contribui para reduzir a sua deterioração, avaliando seu desempenho fisiológico. O trabalho foi realizado junto ao Laboratório Didático de Análise de Sementes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos. Dois lotes de sementes da cultivar BMX Zeus IPRO® (55I57RSF IPRO®), um com níveis iniciais de vigor de 88% e outro com 56%. Metade de cada lote permaneceu sem tratamento (controle) e a outra metade foi tratada com água catódica. Em seguida foram realizados os testes de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, coeficiente de germinação e tempo médio de germinação. Após o tratamento, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, colocadas em caixas de papelão e armazenadas em condições de ambiente não controlado. Aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento procedeu-se a retirada de amostras de sementes para a realização dos mesmos testes descritos anteriormente. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). De maneira geral, nas condições do presente trabalho, através dos testes realizados nos diferentes lotes a água catódica não apresentou potencial de uso como antioxidante exógeno em sementes de soja, com o intuito de manter os índices de vigor e viabilidade e reduzir a deterioração durante o armazenamento.

Palavras-chave: antioxidantes; germinação; tecnologia de sementes; radicais livres (química) - efeito fisiológico.

ABSTRACT

There are several factors linked to production and post-harvest that affect the quality of soybean seeds. Among them, the environmental conditions to which the seeds are exposed during storage, as well as their moisture. With high water content, the respiratory rate of seeds increases, intensifying their deterioration, with the formation of free radicals. Thus, the aim of this study was to evaluate whether the treatment of soybean seeds with cathodic water, followed by dehydration, before storage, contributes to reducing their deterioration, evaluating their physiological performance. The work was carried out at the Laboratório Didáticos de Análises de Sementes of the Federal Technological University of Parana, *Campus Dois Vizinhos*. Two seed lots of cultivar BMX Zeus IPRO® (55157 RSF IPRO®), one with initial vigor levels of 88% and the other with 56%. Half of each batch remained untreated (control) and the other half was treated with cathodic water. Then, germination, accelerated aging, germination speed index, germination coefficient and average germination time were performed. After treatment, the seeds were packed in Kraft paper bags, placed in cardboard boxes and stored in uncontrolled environment conditions. At 2, 4 and 6 months of storage, seed samples were taken to perform the same tests described above. Data were prepared using analysis of variance (ANOVA). In general, under the conditions of this work, through the tests carried out in different batches, cathodic water did not show potential use as an exogenous antioxidant in soybean seeds, in order to maintain vigor and viability indices and reduce deterioration during the storage.

Keywords: antioxidants; germination; seed technology; free radicals (chemistry) - physiological effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 - Cuba eletroforética e ponte salina	25
Fotografia 2 - A) Montagem do teste de germinação em folha de papel germitest. B) Acondicionamento das sementes em sacos plásticos e posteriormente colocadas em germinador a 25°C	27
Fotografia 4- A) Leitura do teste de envelhecimento acelerado do Lote 1, embebida com AC no período zero de armazenamento. B) Plântulas anormais e mortas, teste envelhecimento acelerado no tempo zero do Lote 1 no período de zero meses tratadas com AC.....	32
Gráfico 1 – Cenário climático em Dois Vizinhos/PR, no período de armazenamento das sementes, incluindo temperatura máxima (TEMP. MAX), temperatura mínima (TEM. MIN), umidade máxima (UMD. MAX) e umidade mínima (UMD. MIN).....	24
Gráfico 2 - Porcentagem de plântulas normais do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado durante o período de armazenamento em condições não controladas.....	32
Gráfico 3 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste IVG durante o período de armazenamento em condições não controladas.....	34
Gráfico 4 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de CVG durante o período de armazenamento em condições não controladas	35
Gráfico 5 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de TMG durante o período de armazenamento em condições não controladas	36
Gráfico 6 - Porcentagem de germinação do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de germinação durante o período de armazenamento em condições não controladas	38
Gráfico 7- Porcentagem de plântulas normais do Lote de baixo vigor embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado durante o período de armazenamento em condições não controladas	39
Gráfico 8 - Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de IVG durante o período de armazenamento em condições não controladas	40
Gráfico 9- Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de CVG durante o período de armazenamento em condições não controladas	40
Gráfico 10- Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de TMG durante o período de armazenamento em condições não controladas	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os caracteres de germinação (G%) envelhecimento acelerado (EA%), índice de velocidade de germinação (IVG), coeficiente de velocidade de germinação (CVG) e tempo médio de germinação avaliado em dias (TMG), Lote 1. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021	30
Tabela 2 – Dados médios das variáveis germinação final (G%) para o fator tratamento, Lote 1. UTFPR, Dois Vizinhos, 2021	31
Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os caracteres de germinação (G%), envelhecimento acelerado (EA%), índice de velocidade de germinação (IVG), coeficiente de velocidade de germinação (CVG) e tempo médio de germinação avaliado em dias (TMG), Lote 2	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Água Catódica
CAT	Catalase
CVG	Coefficiente de germinação
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EROs	Espécies reativas a oxigênio
G	Germinação
IVG	Índice de velocidade de germinação
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LEA	Late Embryogenesis Abundant
GPx	Peroxidase
RNA	Ácido ribonucleico
SOD	Superóxido dismutase
TEMP. MAX	Temperatura máxima
TEMP. MIN	Temperatura mínima
TMG	Tempo médio de germinação
UMD. MAX	Umidade máxima
UMD. MIN	Umidade mínima
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Ca	Cálcio
Cl	Cloro
H ₂ O	Água
KCl	Cloreto de potássio
Mg	Magnésio
mM	Milimolar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA	15
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivos específicos	16
4	REVISÃO DA LITERATURA	17
4.1	Cultura da soja	17
4.2	Qualidade de sementes	18
4.3	Deterioração e armazenamento de sementes	19
4.4	Proteção catódica em sementes	21
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	Caracterização do local	24
5.2	Material experimental	25
5.3	Obtenção da AC	25
5.4	Condução do experimento	26
5.4.1	Germinação de Sementes (G)	27
5.4.2	Envelhecimento Acelerado (EA)	27
5.4.3	Índice de velocidade de germinação (IVG), Coeficiente de germinação (CVG) e Tempo médio de germinação (TMG)	28
5.5	Delineamento experimental	29
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
7	CONCLUSÃO	43
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como um dos principais países produtores e exportadores de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). No cenário nacional, a cultura ganha papel de relevância no desenvolvimento da economia do país (DA SILVA; NETO, 2019). Por possuir excelente capacidade na produção de óleo e proteína, a soja se encontra inserida na alimentação animal e humana, possui importância também como matéria prima de uma gama variada de produtos (LAMEGO *et al.*, 2013).

Para que se tenha êxito na produtividade da soja é necessário fazer uso de sementes de qualidade, visto que estas carregam consigo o material genético responsável pela expressão das características de cada cultivar (RUPPIN *et al.*, 2019). Vale ressaltar, que a qualidade da semente não se restringe apenas aos fatores genéticos, mas ao somatório destes com os fatores físicos, fisiológicos e sanitários, que afetam as funções vitais da semente (PESKE; BARROS; SCHUCH, 2012).

O maior percentual de qualidade fisiológica da semente é obtido na maturidade fisiológica (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). A partir desse momento, a semente começa a sofrer o processo de deterioração irreversível (FRANÇA NETO *et al.*, 2016; MARCOS FILHO, 2015). Sendo assim, o armazenamento das sementes de soja em condições adequadas torna-se uma prática fundamental, responsável por manter a qualidade dessas até a próxima semeadura (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Durante o armazenamento, os fatores que mais afetam a qualidade das sementes de soja são as altas temperaturas do ambiente e a umidade relativa do ar, que contribuem para a deterioração (SMANIOTTO *et al.*, 2014). Isto ocorre, devido promoverem alterações degenerativas, como a desestabilização das atividades de enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; DIAS 2021). Fato esse ligado, principalmente, à peroxidação lipídica causada pelo aumento de radicais livres (CORTE *et al.*, 2010).

Os efeitos negativos dos radicais livres podem ser reduzidos por fontes antioxidantes produzidas pelo próprio organismo ou fontes exógenas (MORALES; MENDOZA; GALVÁN, 2018). Pesquisas têm investigado a ação de novas substâncias antioxidantes, como exemplo, a água catódica (AC), que se destaca como uma dessas

substâncias, especialmente em sementes de espécies sensíveis à dessecação (RICALDONI, 2016; VILELA *et al.*, 2021).

AC é obtida por meio da degradação de uma solução eletrolítica diluída com o ânodo e cátodo em câmaras separadas, unidas por uma ponte salina. Apresenta um pH alto e abundância de hidrogênio dissolvido, capaz de promover ações antioxidantes em células vegetais (PAMMENTER; ADAMSON.; BERJAK, 1974; BERJAK, 1978). Tal solução neutraliza os efeitos tóxicos dos radicais livres, proporcionando a conservação da qualidade fisiológica de sementes por período maior de tempo (HANAOKA, 2001; HANAOKA, *et al.*, 2004; RICALDONI, 2016).

2 JUSTIFICATIVA

A deterioração de sementes em bancos de sementes é uma preocupação global, pois afeta a conservação a longo prazo da diversidade genética tanto de espécies selvagens quanto de espécies agrícolas essenciais para futuros programas de melhoramento e para o plantio de novas safras.

A ação dos radicais livres é um dos principais fatores que afetam a qualidade das sementes e atuam sobre a mesma desde o momento da maturidade fisiológica promovendo alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas. Durante o armazenamento muitas vezes tem-se a intensificação do processo de deterioração.

As sementes possuem mecanismos naturais de defesa aos radicais livres, como por exemplo as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (GPx), além do mecanismo não-enzimático que são ascorbato, glutatona, flavonóides que diminuem sua atuação com o tempo de armazenamento. Entretanto, muitas vezes de forma natural, podem não serem suficientes para combater este efeito. Desta forma, a utilização de antioxidantes exógenos pode ser uma técnica promissora no combate da ação radicais livres.

Busca-se no uso da AC a possibilidade de reduzir a ação dos radicais livres.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho foi avaliar se o tratamento de sementes de soja com água catódica, previamente ao armazenamento, contribui para reduzir a sua deterioração, por meio da análise de sua qualidade fisiológica.

3.2 Objetivos específicos

- Reduzir as taxas de deterioração das sementes de soja ao longo do período de armazenamento;
- Avaliar o efeito da AC durante o armazenamento dos lotes e de alto e baixo vigor das sementes de soja;
- Investigar uma nova técnica para manter a qualidade fisiológica durante o armazenamento.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Cultura da soja

A soja é uma das maiores e mais importantes fontes de proteína e óleo produzidas no mundo (CIAMPITTI; SALVAGIOTTI, 2018). No contexto mundial, a soja se destaca no conjunto de atividades agrícolas, estando como o quarto grão mais consumido e produzido globalmente. Seu cultivo está concentrado principalmente no Brasil, Estados Unidos e Argentina (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

A produção de soja aumentou consideravelmente ao longo do tempo, com ganhos de produtividade amplamente advindos dos avanços genéticos e cultivares aprimoradas, bem como avanços em tecnologias e práticas agrícolas (KOESTER *et al.*, 2014). A área cultivada e a produtividade foram os dois fatores mais importantes para o crescimento da produção de soja. Sua área mundial cresce constantemente e a produtividade também tem logrado êxito, em função da genética, condições edafoclimáticas e de manejo (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

A soja ocupa local de destaque na economia do Brasil, devido seu potencial produtivo, justificando a necessidade de trabalhos de pesquisa que visem buscar novas tecnologias que ofereçam condições para se obter maior produtividade e rentabilidade (GUIMARÃES, 2006). Atualmente, a cultura da soja está distribuída em todo território nacional, sendo que a safra 2020/2021 foi estimada em 140,7 milhões de toneladas, com incremento de 2,5% em relação à safra anterior (CONAB, 2021).

A cultura da soja é uma das mais importantes no mundo, devido à sua ampla utilização (SEDIYAMA *et al.*, 1996). A soja se encontra inserida na produção de ração para animais, óleo e outros subprodutos, além do seu consumo *in natura*, que vem apresentando uma linha crescente devido ao alto teor de proteína (ARAÚJO, 2009).

4. 2 Qualidade de sementes

Devido ao intenso crescimento e modernização da sojicultura no Brasil, as exigências dos diversos segmentos que envolvem o setor também crescem. Entre os quais se encontram os produtores de sementes, que devem buscar por mudanças para aperfeiçoar o processo produtivo e garantir a qualidade das sementes produzidas (MATHIAS *et al.*, 2017).

Dentre os fatores que afetam o desempenho da cultura da soja está o uso de sementes com alta qualidade fisiológica, para que sejam capazes de garantir o estabelecimento adequado do estande de plantas e que refletem na produtividade da cultura (MARCOS FILHO, 2005).

Entretanto, os campos de produção de sementes estão sujeitos a vários fatores abióticos e bióticos, como a temperatura durante a maturação, umidade, períodos prolongados de déficit hídrico, deficiência de nutrientes no solo, presença de insetos pragas, patógenos e plantas daninhas. Fatores estes que poderão prejudicar a qualidade fisiológica das sementes produzidas (PESKE; BARROS; SCHUCH, 2012).

Segundo os mesmos autores os atributos que conferem a qualidade das sementes são o genético, físico, fisiológico e sanitário. Dentre os atributos, o fisiológico pode ser considerado o que melhor reflete o desempenho das funções vitais da semente, representada por germinação, vigor e longevidade (POPINIGIS, 1977).

A viabilidade demonstra se a semente está viva ou morta, por meio do teste de germinação. Já, o vigor, representa atributos apresentados sob condições de estresse ou medindo o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica (NAKAGAWA, 1999).

A semente contém todas as substâncias necessárias para o crescimento e desenvolvimento do embrião e da plântula, durante o processo de germinação e emergência (ELIAS *et al.*, 2012).

O potencial fisiológico é influenciado pelo ambiente de formação da semente e, também, pelas demais etapas realizadas durante as fases de colheita, beneficiamento e armazenamento (PESKE; BARROS, 2003).

A utilização de sementes de alta qualidade proporciona estande adequado,

maior velocidade de emergência, de crescimento e de desenvolvimento das plantas, garantindo rápido fechamento das entrelinhas, controle eficiente das plantas daninhas e impede a introdução de patógenos (FRANCA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010). Além disso, sementes de alta qualidade, em condições de estresse, condicionam lavouras menos influenciadas de forma negativa.

Kolchinski *et al.* (2005) observaram que, a utilização de sementes de alto vigor para implantação de uma lavoura de soja condiciona produtividade de grãos até 35% maior em comparação a uma lavoura instalada com sementes de baixo vigor.

4. 3 Deterioração e armazenamento de sementes

A produção de sementes de alta qualidade é um dos fatores mais críticos para a cultura da soja. Essas apresentam grande sensibilidade aos agentes mecânicos, patogênicos e às condições climáticas, o que contribuem para acelerar o processo de deterioração (MARCOS FILHO *et al.*, 1985).

A deterioração é um processo que envolve uma série de mudanças fisiológicas, físicas, citológicas e bioquímicas (MARCOS FILHO, 2015). Segundo o mesmo autor, a deterioração tem seu início a partir da maturidade fisiológica, sendo seu processo intensificado durante o armazenamento pós colheita, o que pode acarretar em comprometimento das sementes para a finalidade de instalação de uma nova lavoura na safra subsequente.

Delouche (1968), foi o pioneiro a lançar o conceito de deterioração de sementes, caracterizando como um processo inexorável e irreversível. O processo de deterioração sendo irreversível, promove alterações na redução da atividade respiratória (FERGUSON; TEKRONY; EGLI, 1990), degradação e inativação de enzimas (DELOUCHE, 1968) e, também, perda na integridade das membranas celulares (MCDONALD, 1999).

Segundo Delouche (1968), a deterioração e o vigor se encontram inteiramente ligados, visto que, a mínima deterioração das sementes está relacionada com seu máximo vigor. Com a progressão da deterioração, as enzimas presentes nas sementes tornam-se menos eficientes para exercer suas reações bioquímicas (COPELAND; MCDONALD, 2001). O armazenamento não melhora a qualidade das sementes

(FORTI; CICERO; PINTO, 2010), entretanto, pode piorar, caso não ofereça condições adequadas. O período que compreende o armazenamento tem início ainda no campo, na maturidade fisiológica das sementes, e dura até o momento quando esta é semeada e começa seu processo de germinação (FRANÇA NETO *et al.*, 2010).

As condições de umidade e temperatura que as sementes são submetidas durante o processo de maturação (SANTOS *et al.*, 2018), ou no armazenamento, podem interferir diretamente na sua qualidade fisiológica (RANI *et al.*, 2013). E, portanto, na perda do vigor, que está relacionado com os eventos iniciais da sequência de deterioração, os quais são evidenciados por vários fatores. Sendo eles, redução no crescimento das plântulas, lixiviação de solutos, alterações nas atividades enzimáticas, perda da divisão celular e acúmulo de substâncias tóxicas, interferindo na produtividade das culturas (SILVA *et al.*, 2012).

Os danos oxidativos que ocorrem durante o armazenamento resultam na deterioração da semente (DUSSERT *et al.* 2006). Tais danos, são ocasionados por espécies reativas a oxigênio (EROs) ou radicais livres, os quais são espécies química instáveis, constituídas por um ou mais elétrons instáveis e muito reativos, como o oxigênio singleto, peróxido de hidrogênio, radical hidroxila e o ânion superóxido (MITTLER, 2002).

As EROs possuem a capacidade de oxidar vários constituintes celulares presentes nas sementes e podem causar a morte celular. Ocasionalmente ocasionam a desorganização de moléculas como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos e lipídios, alterando suas estruturas e funções (MARCOS FILHO, 2005). Circunstâncias de estresse propiciam o aumento desses agentes prejudiciais nas sementes (RICALDONI, 2016).

Tem-se constatado, por meio de pesquisas científicas, que o declínio da qualidade fisiológica das sementes é ocasionada devido ao aumento das EROs e à peroxidação lipídica, com influência no DNA e no RNA (RICALDONI, 2016).

Os antioxidantes são importantes, pois tem ação de neutralização dos níveis desfavoráveis de radicais livres nas sementes, que causam sua deterioração. As enzimas responsáveis pela remoção dos radicais livres, conhecidas como antioxidantes, são: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (GPx) (MARCOS FILHO, 2005). Sendo várias as peroxidases detectadas em células vegetais, redutases mono e desidro-ascorbato, glutathione redutase e glutathione-S-transferases (KRANNER; BIRTIC, 2005).

Seus potenciais tendem a diminuir e outros meios de proteção passam a ter maior importância, como os antioxidantes não enzimáticos (α -tocoferol e ácido ascórbico) e as proteínas LEA (Late Embryogenesis Abundant) (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993; KALEMBA; PUKACKA, 2007). Nesse sentido, os antioxidantes são responsáveis pela proteção das sementes contra os efeitos negativos advindos do armazenamento dessas, neutralizando substâncias tóxicas produzidas através das reações mediadas por radicais livres (RICALDONI, 2016).

Em trabalho realizado por Forti, Cicero e Pinto (2010), foi possível detectar que sementes de soja submetidas ao armazenamento em ambiente não controlado tiveram perda do potencial fisiológico, quando comparadas as armazenadas em câmara fria (90% UR e 10°C) e câmara seca (50% UR e 20°C). A maioria das sementes de soja são armazenadas em armazéns, onde a preservação da qualidade é dependente das condições do armazenamento (BOTELHO, 2012).

Condições de armazenamento exercem alta influência sobre a qualidade fisiológica das sementes, armazéns convencionais tendem a agravar o decréscimo na germinação e no vigor de sementes durante o armazenamento (KAEFER *et al.*, 2019).

Carvalho; Coelho; Souza. (2014) quando avaliaram sementes de quatro cultivares de soja em condições convencionais de sacaria com temperatura de 22°C e umidade relativa do ar em torno de 60%, concluiu que o armazenamento convencional não conservou a qualidade fisiológica das sementes pelo período de sete meses. Além disso, as quatro cultivares tiveram comportamento distinto em relação a germinação e vigor.

Sendo assim, os estudos sobre o armazenamento de sementes são necessários na busca de soluções para diminuir os níveis de produção de radicais livres, deterioração das sementes e danos aos tecidos embrionários.

4. 4 Proteção catódica em sementes

Os radicais livres, que afetam tanto células animais quanto vegetais, são formados naturalmente como produtos do metabolismo celular. Contudo, sua produção é intensificada em condições de estresses bióticos e abióticos. Os danos celulares ocasionados por EROs podem ser controlados ou diminuídos pela ação de

enzimas e moléculas antioxidantes próprias do organismo, ou através de fontes de antioxidantes exógenos (MORALES; MENDOZA; GALVÁN, 2018).

Como exemplo de tecnologia de proteção antioxidante, a AC se mostra como uma técnica próspera, com resultados satisfatórios em outras espécies sensíveis à dessecação e armazenamento, além de outros organismos vivos (RICALDONI, 2016).

A AC é produzida por meio de uma reação de óxido-redução através da solução de cloreto de cálcio e cloreto de magnésio. Possui efeito antioxidante e apresenta potencial de melhora nas respostas aos estresses (HANAOKA *et al.*, 2004; BERJAK; SERSHEN; PAMMENTER, 2011).

Trata-se de uma água reduzida, rica em hidrogênio dissolvido, com pH alto, em torno de 9 a 10 (HANAOKA *et al.*, 2004). Nesse processo, na parte do cátodo, ocorre a redução, onde os íons de H^+ tornam-se hidrogênios ativos H, apresentando poder redutor ao serem transformados em H_2 (SHIRAHATA *et al.*, 1997). Tal solução, apresenta-se com potencial redutor, neutralizando efeitos nocivos dos radicais livres (RICALDONI, 2016).

Pammenter, Adamson e Berjak (1974) desenvolveram um estudo no qual sementes de milho foram submetidas a proteção catódica e ao envelhecimento artificial. As sementes protegidas catodicamente apresentaram baixa perda de viabilidade. Além disso, a condutividade elétrica apontou uma degradação de membranas inferior àquelas não receberam o tratamento de proteção.

O uso da AC como método de conservação da viabilidade de sementes ainda não está bem documentado. A literatura apresenta a AC como um antioxidante que pode neutralizar a acumulação de radicais livres, mas poucas foram as espécies estudadas.

Os efeitos positivos da AC também foram verificados por Shirahata *et al.* (1997), que apontaram ter sido possível notar seu efeito atuando na eliminação dos EROs e na proteção do DNA contra os danos causados por esses. A AC reduz a ação dos radicais livres, devido ser uma fonte de elétrons e reagir com os radicais livres, gerando a redução dos danos oxidativos (BERJAK BERJAK; SERSHEN; PAMMENTER, 2011).

Nesse sentido, a AC favorece um meio não-tóxico, diminui as perdas relacionadas aos estresses e a degradação celular que são prejudiciais às sementes.

Porém, o uso da AC como método de conservação e viabilidade de sementes ainda não está bem documentado. A literatura apresenta a AC como um antioxidante

que pode neutralizar o acúmulo de radicais livres, mas poucas foram as espécies estudadas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

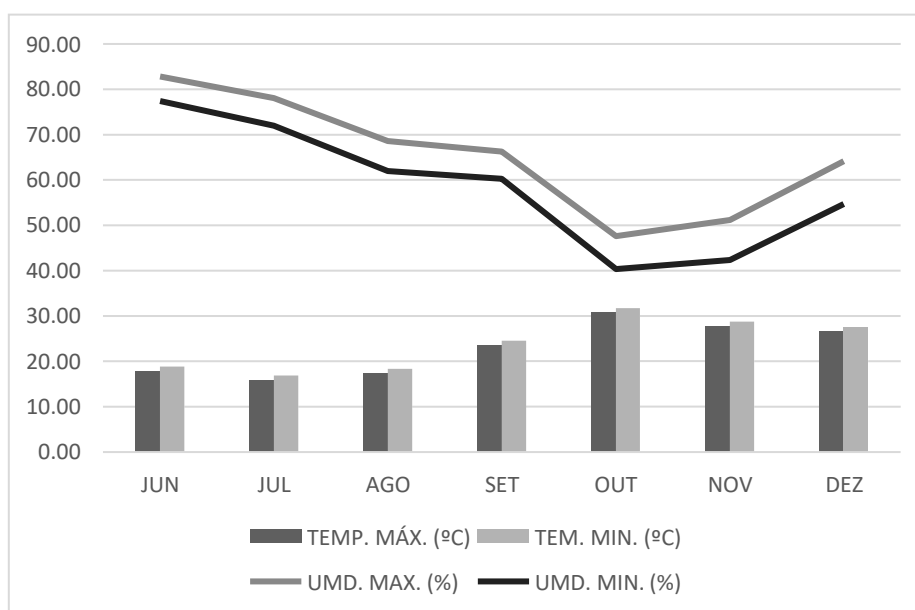
5.1 Caracterização do local

O trabalho foi conduzido junto ao Laboratório Didático de Análise de Sementes, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Campus Dois Vizinhos.

O município está localizado na Região Sudoeste do Paraná, com latitude de 25° 45' 00" sul e longitude 53° 03' 25" oeste. A altitude média do local é de 509 metros. Apresenta clima subtropical úmido mesotérmico, classificado como Cfa, segundo Köppen (ALVARES, 2013).

No gráfico 1, se encontram as variáveis climáticas durante o período de armazenamento, obtidas da Estação Automática Climatológica do INMET, localizada em Dois Vizinhos (INMET, 2021). Assim, é possível verificar o comportamento das variáveis ambientais que podem afetar a qualidade fisiológica das sementes durante o seu armazenamento em condições não controladas.

Gráfico 1 – Cenário climático em Dois Vizinhos/PR, no período de armazenamento das sementes, incluindo temperatura máxima (TEMP. MÁX.), temperatura mínima (TEM. MIN), umidade máxima (UMD. MÁX) e umidade mínima (UMD. MIN)



Fonte: Adaptado, INMET (2021)

5. 2 Material experimental

A cultivar de soja utilizada no experimento foi a BMX Zeus IPRO® (55I57 RSF IPRO®), de hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 5.5 (BRASMAX, 2020).

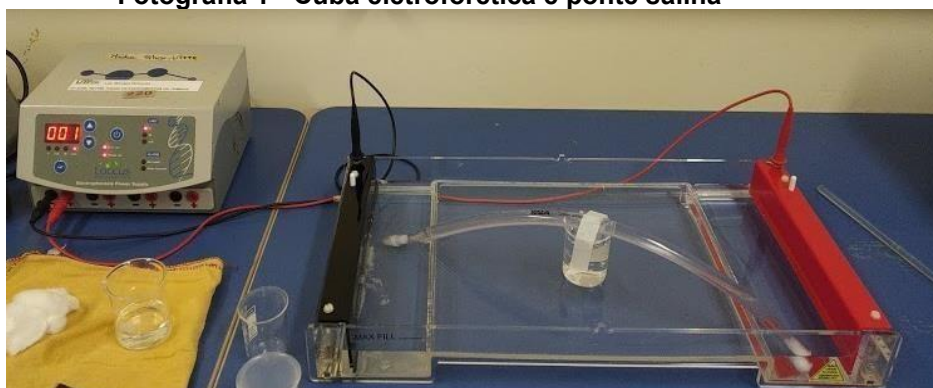
Dois lotes de sementes certificadas, categoria C2, da cultivar, produzidos na região de Pato Branco/PR, na safra 2019/2020, foram utilizados, variando entre si em função do seu nível inicial de vigor, mensurado a partir do teste de envelhecimento acelerado, a saber: Lote 1: 88% (alto vigor) e Lote 2: 56% (baixo vigor).

5.3 Obtenção da AC

A AC foi produzida conforme a metodologia descrita por (BERJAK; SERSHEN; PAMMENTER, 2011), com algumas modificações. Foi eletrolisada uma solução de 1,0 L em uma cuba horizontal para corrida eletroforética (Fotografia 1), dividida em duas partes, contendo como eletrólitos 0,5 mM $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e 0.5 mM $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, através da aplicação de uma tensão elétrica de 60 Volts. A água utilizada para a produção da solução foi inicialmente deionizada e com pH 7,0. Durante todo o processo, foi sendo realizada sempre a aferição de seu pH, que se encontrar próximo a neutro.

Na Fotografia 1 se encontra o aparato utilizado para a produção da AC.

Fotografia 1 - Cuba eletroforética e ponte salina



Fonte: Autoria própria (2020)

A solução foi dividida em duas frações, em que o processo de eletrólise foi realizado pelo período de 60 minutos e completado com uma ponte salina contendo uma solução de KCL (cloreto de potássio) saturada. Tendo-se ao final, como produto, 500 mL de água anódica (oxidada), com pH ácido entre 2 a 4 e, 500 mL de AC (reduzida), com pH alcalino na faixa de 11 a 12.

Confeccionou-se a ponte salina com uma mangueira de silicone e delimitada por algodão imerso na solução de KCl saturada.

Para a aferição do pH utilizou-se o pHmêtro de bancada, com resultados precisos, sendo o método utilizado para a aprovação ou reprovação das soluções, que deveriam possuir pH's próximos aos citados anteriormente.

5. 4 Condução do experimento

Imediatamente após a colheita e beneficiamento, os lotes foram amostrados de acordo com as Regras de Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). O Lote 1 apresentou um peso de mil sementes (PMS) de 228,60 g e com teor de água inicial de 9%, já o Lote 2 apresentou PMS de 218,15 g e teor de água inicial de 11%.

No laboratório, cada lote de sementes foi homogeneizado e reduzido, usando-se quarteador de amostras mecânico de canaletas, de acordo com as RAS (Brasil, 2009). Em seguida, os lotes foram divididos em duas subamostras cada. Metade permaneceu sem tratamento (controle) e a outra metade recebeu o tratamento com AC.

Para a realização do tratamento, 300g de sementes por tratamento foram colocadas em sacos plásticos transparentes e adicionados 1,2 mL de AC, com o auxílio de uma pipeta graduada.

Logo após, os sacos foram inflados com ar e agitados por 5 minutos, visando distribuir uniformemente a água nas sementes. Na sequência, foram colocadas para secar à sombra por trinta minutos, retornando ao teor de água inicial.

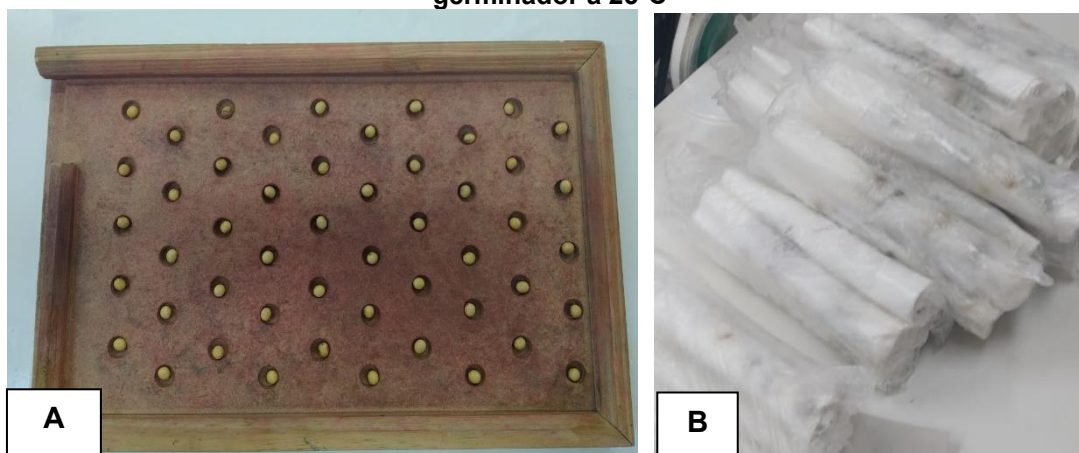
Com a secagem finalizada, parte das sementes embebidas e parte das sementes controle foram submetidas à avaliação da qualidade fisiológica, já a outra parte foi reservada para o armazenamento.

As variáveis analisadas foram:

5. 4. 1 Germinação de Sementes (G)

O teste de germinação de sementes foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS. A germinação é definida segundo a RAS pela emergência e desenvolvimento do embrião da semente para produzir uma planta normal em condições favoráveis do campo (BRASIL, 2009). O teste foi realizado com quatro repetições de 50 sementes cada, em rolo de papel germitest umedecido com água (2.8 vezes o seu peso). Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25 °C por oito dias (Fotografia 2). Sua avaliação se deu aos oito dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Fotografia 2 - A) Montagem do teste de germinação em folha de papel germitest. B) Acondicionamento das sementes em sacos plásticos e posteriormente colocadas em germinador a 25°C



Fonte: Autoria própria (2020)

5. 4. 2 Envelhecimento Acelerado (EA)

No teste do envelhecimento acelerado utilizou-se amostras com 40 a 45 gramas de sementes que foram distribuídas sobre uma tela adaptada em gerbox contendo 40 ml de água no seu interior. As sementes foram levadas a B.O.D por um período de 48 horas a 41°C (KRZYZANOWSKI; FRANÇA NETO; VIEIRA.,1999)

(Fotografia 3). Após esse período as sementes foram submetidas ao teste de germinação e avaliadas segundo a RAS (BRASIL, 2009). A avaliação foi realizada com 05 (cinco) dias e o resultado foi expresso em percentagem de vigor.

5. 4. 3 Índice de velocidade de germinação (IVG), Coeficiente de germinação (CVG) e Tempo médio de germinação (TMG)

Foram utilizadas quatro subamostras de 25 sementes para cada repetição. O teste foi conduzido em caixas polipropileno transparente com tampas (caixas Gerbox® 11 x 11 x 11 cm) com papel mata-borrão, umedecido com 2,5 vezes o peso do próprio mata borrão. As caixas foram mantidas em germinador à 25°C, sendo realizada leitura diariamente no mesmo horário. O número de sementes germinadas foi avaliado diariamente, sempre no mesmo horário até estabilização da germinação.

Para a interpretação dos resultados, os dados foram submetidos as fórmulas propostas Segundo Silva; Nakagawa (1995):

IVG por, Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{T_1} + \frac{G_2}{T_2} + \frac{G_3}{T_3} + \dots + \frac{G_n}{T_n}$$

TMG, fórmula proposta por Edmond; Drapala, (1958):

$$TMG = \frac{G_1T_1 + G_2T_2 + G_3T_3 \dots}{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}$$

CVG, calculado a partir da fórmula de Kotowski, (1926):

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 \dots G_i}{G_1T_1 + G_2T_2 + G_3T_3 + \dots + G_iT_i} \times 100$$

Em que:

G₁, G₂, G₃, ..., G_n = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

$T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

As demais sementes de cada lote, divididas em embebidas com AC e não embebidas com AC (controle), foram acondicionadas em sacos de papel Kraft, colocadas em caixas de papelão e armazenadas em uma sala do laboratório sem controle de temperatura e umidade relativa do ar. Esta metodologia buscou simular as condições de ambiente não controlado de armazenamento que é amplamente empregado na região do estudo por parte das empresas de sementes. Aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento procedeu-se à retirada de amostras de sementes para a realização dos mesmos testes descritos anteriormente.

5.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado no laboratório foi o inteiramente casualizado, arranjado em um esquema fatorial 2 (com AC x sem AC) x 4 (períodos de armazenamento 0, 2, 4 e 6 meses), com quatro repetições, sendo adotado para os dois lotes (Lote 1 e Lote 2).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Verificando-se interação ou significância, os fatores qualitativos foram comparados por Scott Knott, a 5% de probabilidade e, o fator quantitativo, por análise de regressão, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Lote 1

A análise de variância não indicou interação entre os fatores para a variável germinação, já para as demais variáveis houve interação significativa entre os fatores. Para a germinação, verificou-se significância dentro do fator tratamento com AC (Tabela 1). Diante disso, os dados médios foram analisados, sendo os resultados apresentados na sequência.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os caracteres de germinação (G%) envelhecimento acelerado (EA%), índice de velocidade de germinação (IVG), coeficiente de velocidade de germinação (CVG) e tempo médio de germinação avaliado em dias (TMG), Lote 1. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2021

	G (%)	EA (%)	IVG	CVG	TMG (dias)
Armazenamento (F1)	0.8013 ^{ns}	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0000*
Tratamento (F2)	0.0291*	0.0000*	0.0008*	0.1815*	0.9147 ^{ns}
Int. F1X F2	0.3836 ^{ns}	0.0000*	0.0107*	0.0000*	0.0000*
Média	82.18	57.50	4.48	20.62	4.93
CV	9.45	9.67	8.28	4.58	3.21

****significativo a 5%, ^{ns} não significativo.**

Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados do teste de médias para a variável germinação apresentaram diferença estatística para o fator tratamento (controle e com AC) (Tabela 2). Sendo que, as sementes não submetidas ao tratamento obtiveram maior porcentagem (85%) de germinação de plântulas, em comparação com as sementes tratadas com AC (79%).

Tabela 2– Dados médios das variáveis germinação final (G%) para o fator tratamento, Lote 1. UTFPR, Dois Vizinhos, 2021

Tratamento	G%
Controle	85 a
Água Catódica (AC)	79 b

***Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade.**

Fonte: Autoria própria (2020)

Segundo a Instrução Normativa 45 de 17 de setembro de 2013, regulamentadora da produção de sementes de grandes cultivos, a germinação mínima aceitável é de 80% para as classes certificada (C1 e C2) e fora de certificação (S1 e S2) (ABRASEM, 2013). Portanto, considerando-se o normatizado e conforme os resultados obtidos, é possível inferir que o lote de alto vigor tratado com AC apresentou germinação inferior ao aceitável, já o controle apresentou germinação acima de 80%, sendo aceitável para a comercialização de sementes.

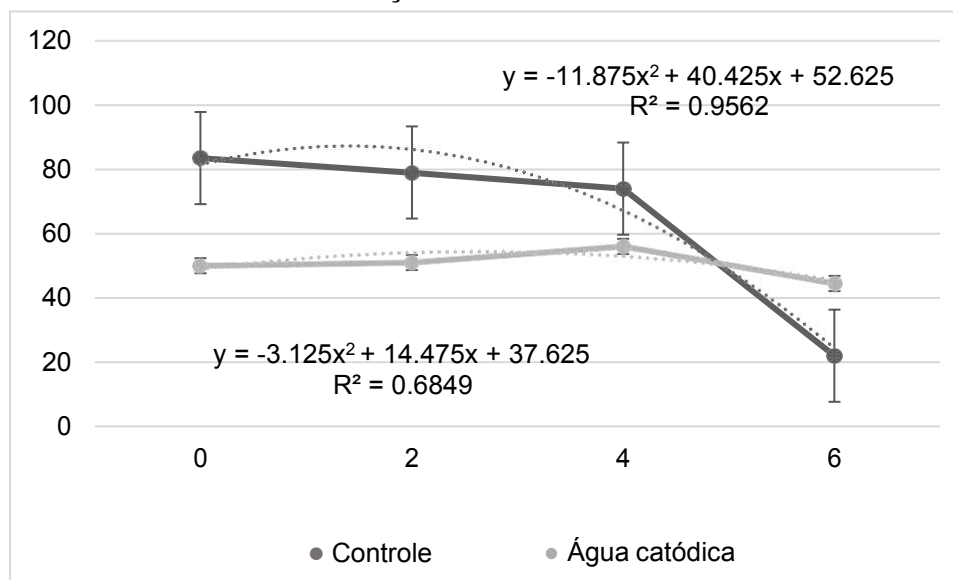
Embora o uso de AC tenha se mostrado promissora por aumentar as respostas ao estresse durante procedimentos como a criopreservação e por apresentar efeitos antioxidantes (BERJAK *et al.*, 2011), nenhuma evidência de melhora na germinação de sementes de soja foi observada neste trabalho, assim como também para a espécie do urucum (*Bixa orellana*) que apresenta sementes ortodoxas. No qual, as sementes de urucum foram acondicionadas em frascos Erlenmeyer contendo 250 mL de cada AC, sendo mantidas em BOD a 25 °C no escuro por 24 e 48 horas, foram utilizados dois lotes de sementes um recém-coletado e outro com onze anos de armazenamento (FERNANDES *et al.*, 2021).

Para a variável envelhecimento acelerado verificou-se que o armazenamento influenciou o desempenho das sementes que receberam tratamento com AC e as sementes controle (Gráfico 2). Houve redução no vigor das sementes do controle conforme o prolongamento do período de armazenamento. O mesmo apresentou resultados superiores até os quatro meses de armazenamento quando comparado ao tratamento com AC, que apresentou aumento no seu potencial de vigor durante o período de armazenamento e com seis meses houve uma queda do vigor baixa, quando comparada ao controle.

Portanto, mesmo apresentando resultados superiores ao controle, aos seis meses ambos os tratamentos apresentaram resultados abaixo do desejado para lavouras com alto potencial produtivo. Neste caso, considerando o vigor das sementes

testadas, verifica-se, também que não houve efeito positivo do tratamento com AC, para o Lote 1.

Gráfico 2 - Porcentagem de plântulas normais do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

A Fotografia 4 demonstra a presença de plântulas anormais e mortas, o que foi um dos fatores que caracteriza o baixo vigor do lote.

Fotografia 3- A) Leitura do teste de envelhecimento acelerado do Lote 1, embebida com AC no período zero de armazenamento. B) Plântulas anormais e mortas, teste envelhecimento acelerado no tempo zero do Lote 1 no período de zero meses tratadas com AC



Fonte: Autoria própria (2020)

Em trabalho realizado por Carvalho e colaboradores (2014) utilizando diferentes cultivares de soja (TMG 1176 RR, TMG 1179 RR, TMG 132 RR, TMG 133 RR, TMG 115 RR e GB 874 RR) com o objetivo de determinar alterações fisiológicas e isoenzimáticas em sementes de genótipos de soja, em diferentes condições de armazenamento. Foi possível constatar que o vigor das sementes de soja

armazenadas em condições não controladas apresentou tendência quadrática. Verificou-se redução no vigor das sementes durante o período de armazenamento, mas o mesmo manteve altos níveis até os quatro meses, ficando em torno de 80%, posteriormente notou-se redução acentuada até os seis meses e com aumento considerável aos oito meses de armazenamento.

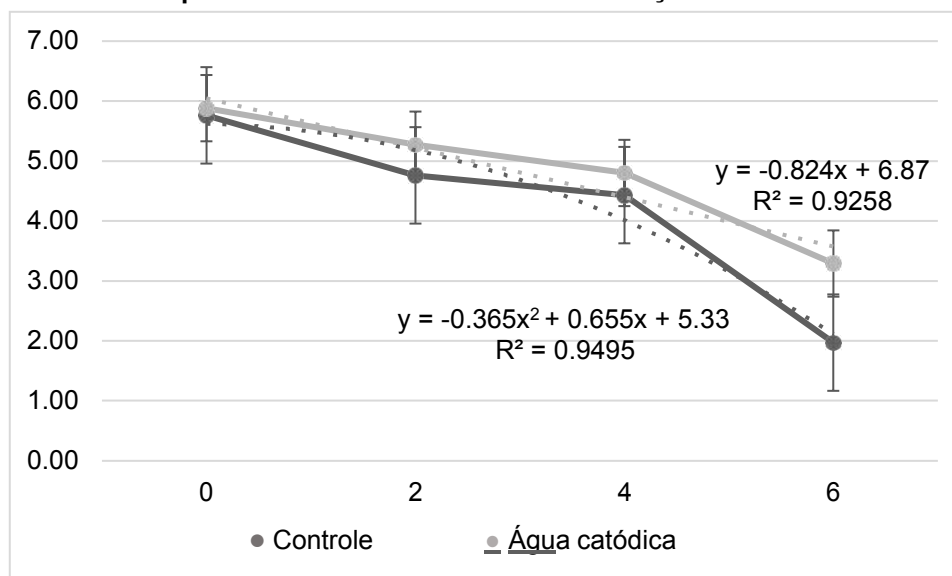
Pammenter, Adamson e Berjak (1974) e Berjak (1978), obtiveram resultados promissores em trabalhos realizados com sementes de *Zea mays* envelhecidas artificialmente e submetidas ao tratamento de proteção catódica. Constataram aqueles autores, uma significativa diminuição na perda da viabilidade das sementes testadas, segundo os pesquisadores a proteção catódica promove diminuição ao ataque de radicais livres em macromoléculas biológicas.

O Lote 1 apresentava baixo percentual de água 9%, sendo assim pode-se levar em consideração que sementes com baixa quantidade de água tendem a sofrer aumento na lixiviação de solutos, devido à rápida hidratação. Fazendo com que ocorra a rápida transição da fase gel para líquido-cristalino dos fosfolipídios da membrana, durante a embebição (CORRÊA; JUNIOR, 1999), fato que pode ter ocorrido com as sementes do tratamento com AC, indicativo de perda de vigor.

A rápida absorção da solução líquida AC pode ter gerado danos às sementes e assim ter ocasionado o maior número de plântulas anormais e mortas, que caracteriza a diminuição da viabilidade e o vigor das sementes.

Para a variável IVG (Gráfico 3) ambos os tratamentos apresentaram comportamento semelhante dentro da margem de erro calculada durante todos os meses de armazenamento, ambos tratamentos apresentaram diminuição durante o período que compreende o armazenamento.

Gráfico 3 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste IVG durante o período de armazenamento em condições não controladas

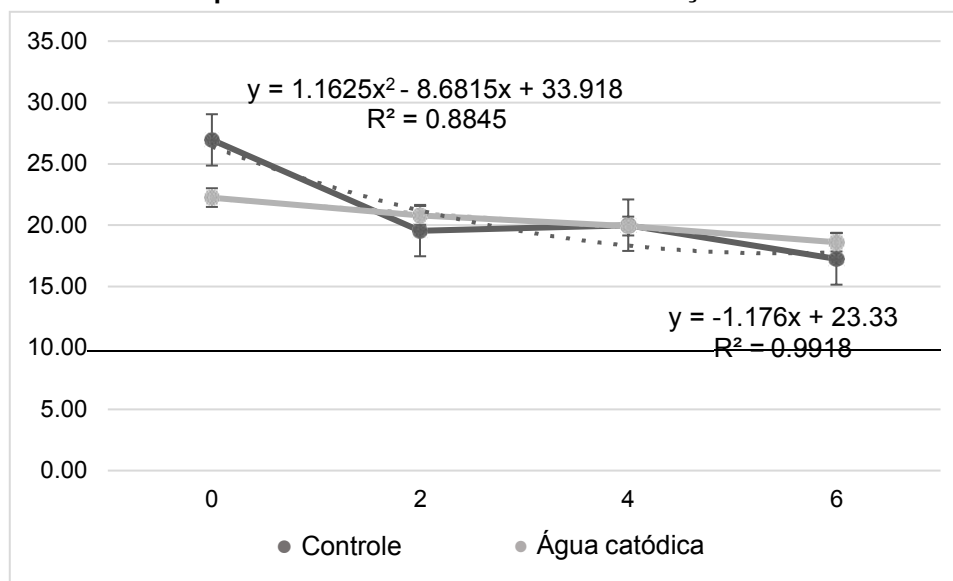


Fonte: Autoria própria (2021)

Esses dados corroboram com a pesquisa realizada por Smaniotto *et al.* (2014), que avaliou o armazenamento de sementes de soja com diferentes temperaturas e teores de água. Foi observado no trabalho que o IVG das sementes de soja tende a decrescer significativamente ao longo do tempo de armazenamento.

Para a variável CVG (Gráfico 4), verifica-se que apenas no tempo zero o controle apresentou maior CVG quando comparado com o tratamento com AC, durante os demais tempos de armazenamento o comportamento de ambos foi semelhante.

Gráfico 4 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de CVG durante o período de armazenamento em condições não controladas

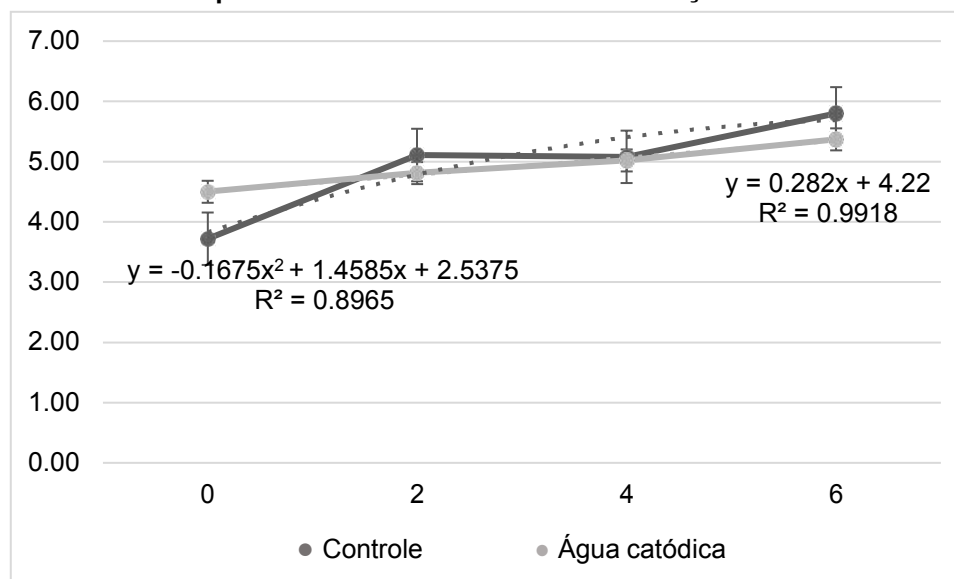


Fonte: Autoria própria (2021)

Weerasekara *et al.* (2021) realizaram um trabalho que buscou investigar o potencial de ácido húmico no reparo dos mecanismos de defesa antioxidante e redução das atividades de peroxidação de sementes de soja armazenadas. O método utilizado foi a imersão, em que tanto o hidro priming (água destilada) (3 h, 5 h e 7 h) quanto o Ácido húmico priming (1 h, 3 h e 5 h) reduziram o TMG e aumentaram o CVG em comparação com as sementes controle.

Para o TMG durante o tempo zero de armazenamento o tratamento com AC apresentou-se superior, já durante os demais períodos de tempos não houve diferença entre os tratamentos conforme a margem de erro calculada, como pode ser visto no gráfico 5.

Gráfico 5 - Sementes de soja do Lote 1 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de TMG durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

O armazenamento deve estar ligado a preservação da qualidade fisiológica e sanitária das sementes, buscando minimizar a deterioração e incidência de pragas (VILLELA; MENEZES, 2009). O processo de deterioração das sementes é irreversível (MCDONALD, 2004). Sendo assim, o armazenamento deve buscar preservar a viabilidade das sementes e manter sua taxa de vigor até a próxima semeadura (ZUCHI *et al.*, 2013).

Contudo, a AC não se mostrou-se promissora para realização de tratamento de sementes de soja visando diminuir danos causados pela deterioração em condições não controladas de armazenamento para o Lote 1.

Lote 2

A análise de variância indicou que ocorreu interação significativa em nível de 5% de probabilidade de erro entre os fatores, para todas as variáveis analisadas, que foram: germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de germinação, coeficiente de velocidade de germinação e tempo médio de germinação. Diante disso, os dados médios foram analisados, sendo os resultados apresentados na sequência.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os caracteres de germinação (G%), envelhecimento acelerado (EA%), índice de velocidade de germinação (IVG), coeficiente de velocidade de germinação (CVG) e tempo médio de germinação avaliado em dias (TMG), Lote 2

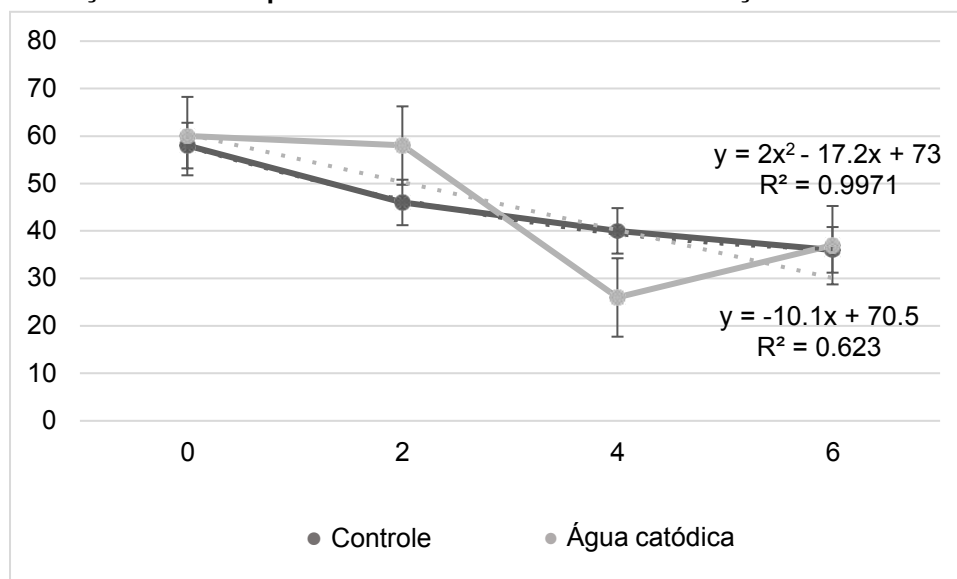
	G (%)	EA (%)	IVG	CVG	TMG (dias)
Armazenamento (F1)	0.0000*	0.0000*	0.0000*	0.0002*	0.0001*
Tratamentos (F2)	0.7702 ^{ns}	0.0002*	0.0000*	0.0013*	0.0008*
Int. F1XF2	0.0000*	0.0002*	0.0095*	0.0034*	0.0012*
Média	45.25	20.87	3.97	19.43	5.16
CV	10.58	21.20	11.16	3.35	3.35

****significativo a 5%, ^{ns} não significativo.**

Fonte: Autoria própria (2021)

Para a variável germinação, as sementes tratadas com AC tiveram perda no potencial germinativo no decorrer do armazenamento, acentuando-se no período de quatro meses. Posteriormente verificou-se um aumento e se equivalendo ao controle aos seis meses de armazenamento, já o controle apresentou diminuição significativa ao longo de todo o período de armazenamento (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Porcentagem de germinação do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de germinação durante o período de armazenamento em condições não controladas



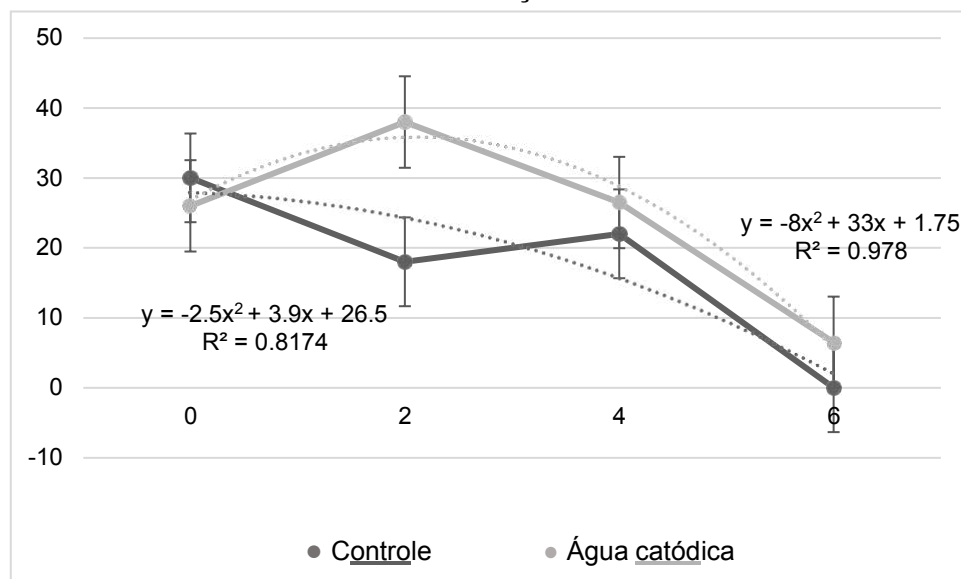
Fonte: Autoria própria (2021)

Em trabalho realizado por Vilela *et al.* (2021) com sementes de *Coffea arabica* L. embebida em AC, por períodos de 1, 6, 12, 24 e 36 horas, foi possível verificar que a germinação das sementes não foi influenciada, não ocorrendo interação significativa entre o fator tipo de embebição e o fator tempo de embebição. Entretanto, ocorreu efeito significativo do tempo de imersão separadamente, o percentual de germinação indicou melhora na qualidade fisiológica das sementes até o período de 24 horas.

A diminuição na porcentagem de germinação durante o período de armazenamento, corrobora os relatos de Delouche (2005), que afirma que as sementes de baixa viabilidade possuem potencial reduzido de armazenamento.

Para a variável envelhecimento acelerado (Gráfico 7), o tratamento com AC apresentou aumento no período de dois meses de armazenamento após este período teve diminuição significativa nos demais períodos. Para o controle o comportamento se deu com a diminuição do vigor até os dois meses de armazenamento, no mês quatro, os índices de vigor foram superiores aos meses anteriores, mas retornaram a diminuir aos seis meses.

Gráfico 7- Porcentagem de plântulas normais do Lote de baixo vigor embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de envelhecimento acelerado durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

Ainda em trabalho realizado por Vilela e colaboradores (2021) houve menor porcentagem de mudas normais vigorosas de *Coffea arabica* L. embebidas em AC quando comparadas ao controle.

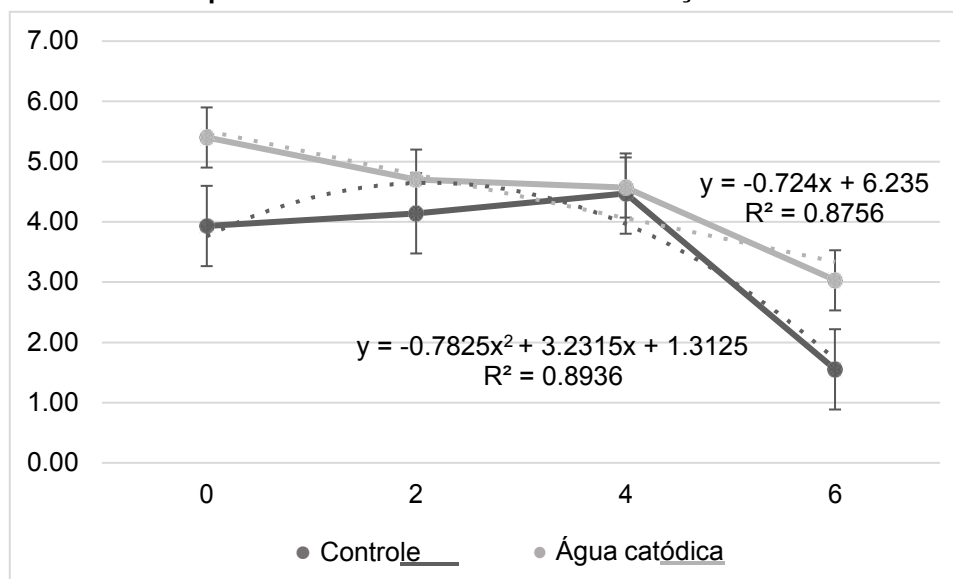
Entretanto, em estudo realizados por Hanaoka (2001), demonstrou-se que a AC apresenta efeitos protetores, além de promover o crescimento ao aliviar a atividade dos EROs, que estão intimamente relacionadas ao processo de deterioração, outro ponto levantado é o auxílio na produção endógena de antioxidantes.

A deterioração das sementes durante o processo de armazenamento é conhecida como envelhecimento e, durante este período, tanto a germinação quanto o vigor são gradualmente diminuídos (GARZA-CALIGARIS *et al.*, 2012).

No gráfico 8, apresenta-se os dados da variável IVG, em que o tempo zero e o seis meses apresentaram IVG superior para o tratamento com AC, os demais períodos de tempos dentro da margem de erro para os dois tratamentos não tiveram diferença significativa. O tratamento com AC teve diminuição decrescente durante o armazenamento e o controle obteve seu maior valor para IVG no período de quatro meses.

Desta forma, quanto maior o valor obtido, maior é a velocidade de germinação que tende a indicar um maior vigor, que nesse caso o tratamento com AC se mostrou superior.

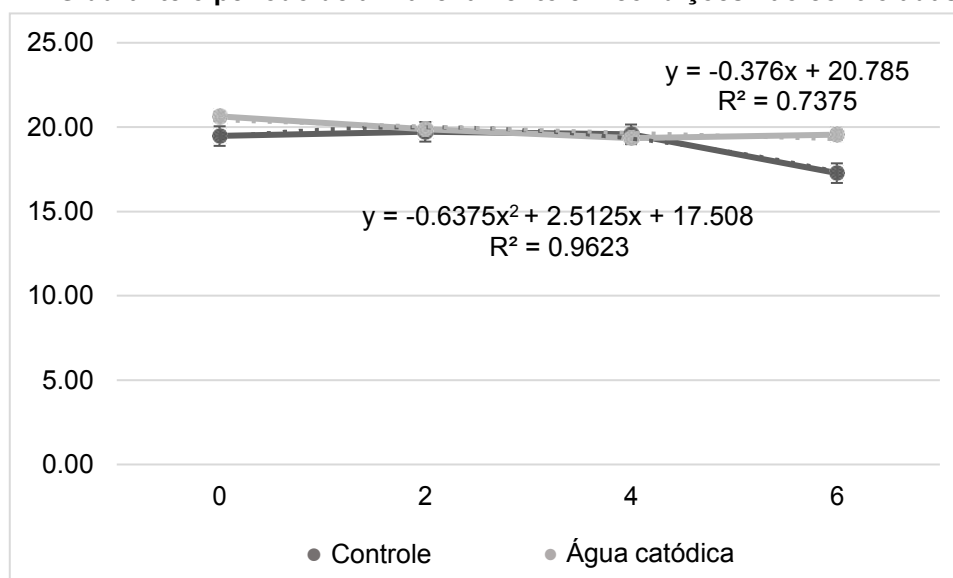
Gráfico 8 - Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de IVG durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

Verifica-se que o CVG (Gráfico 9) para ambos os tratamentos teve comportamento linear para o tratamento com AC e para o controle foi similar até os seis meses quando teve uma queda.

Gráfico 9- Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de CVG durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

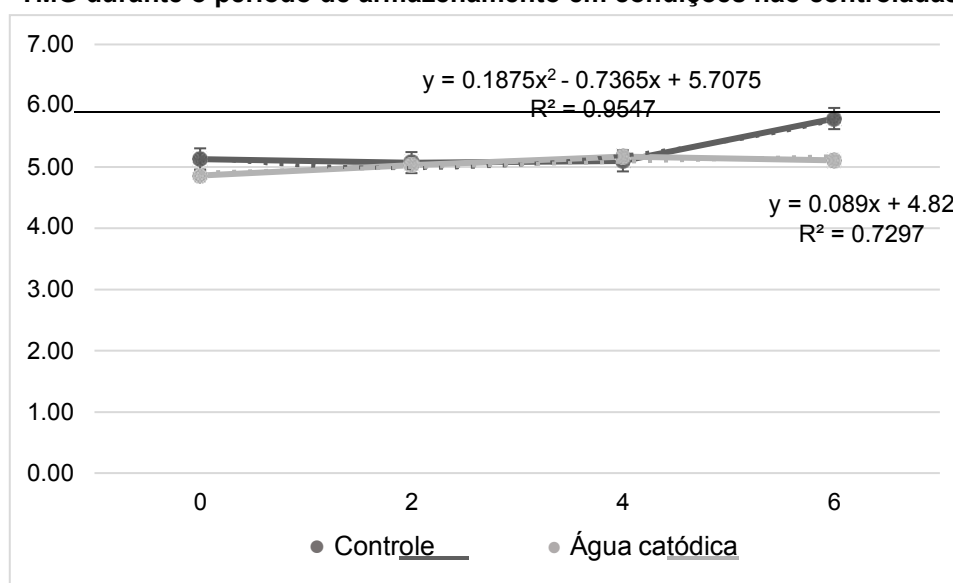
O armazenamento é uma prática essencial para manter a viabilidade e garantir a manutenção do vigor no período que compreende da colheita até a próxima

semeadura, sendo o ambiente de armazenamento diretamente ligado à manutenção desta qualidade (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Referente a variável TMG, podemos inferir que, houve um comportamento uniforme e coincidente entre os tratamentos do período zero, aos dois meses e aos quatro meses de armazenamento, aos seis meses nota-se um aumento do tratamento controle, como pode ser observado no gráfico 10.

Quanto maior o valor de TMG, menor tende a ser o vigor das sementes.

Gráfico 10- Sementes de soja do Lote 2 embebidas em AC e controle, submetidas ao teste de TMG durante o período de armazenamento em condições não controladas



Fonte: Autoria própria (2021)

O tempo de armazenamento é necessário para assegurar a qualidade das sementes, mas durante esse período não é possível melhorar a qualidade das sementes (FORTI; CICERO; PINTO, 2010), entretanto, durante esse período a depender das condições impostas pode vir a gerar perdas de vigor e viabilidade das sementes (FRANÇA NETO *et al.*, 2010).

Condições inadequadas de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento podem ocasionar a deterioração das sementes (SANTOS *et al.*, 2005). De Oliveira *et al.* (2021) avaliando condições de armazenamento de sementes de soja concluíram que as condições e tempo de armazenamento evidenciaram que o armazenamento das sementes em câmara fria $\pm 5^\circ\text{C}$ foi o melhor para preservação da qualidade e o ambiente com condições não controladas o que apresentou menor eficiência. Os tratamentos analisados no trabalho foram: pré-armazenamento, câmara fria, condições de ambiente.

Condições de ambiente não controlado são amplamente empregados no armazenamento de sementes na região do estudo por parte das empresas de sementes, as quais não favoráveis e deve-se buscar medidas para reduzir as perdas durante essa parte do processo.

7 CONCLUSÃO

No estudo realizado, o tratamento das sementes de soja previamente ao armazenamento, não contribuiu para reduzir a deterioração das sementes. De maneira geral, através dos testes realizados nos diferentes lotes a água catódica não apresentou potencial de uso como antioxidante exógeno em sementes de soja, com o intuito de manter os índices de vigor durante o armazenamento.

Não houve diminuição das taxas de deterioração para os tratamentos avaliados, sendo assim foi possível verificar que a água catódica não foi eficaz em manter a qualidade fisiológica das sementes de soja dos dois lotes avaliados durante o período de armazenagem.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi realizado um estudo preliminar dos efeitos da água catódica em sementes de soja de diferentes lotes e níveis de qualidade fisiológica.

Entretanto, deve-se ressaltar, que a forma de fazer o tratamento das sementes com a água catódica no trabalho, foi similar ao tratamento destas com um defensivo, usando pequeno volume. Pela revisão da literatura, notou-se que a maioria dos trabalhos que testaram o efeito antioxidante da água catódica, a sua adição foi por meio da imersão total das sementes. Desta forma, pode-se inferir que os resultados contrastantes podem estar ligados à esta diferença, sugerindo assim, novas linhas de investigação que levem em conta, a maneira de adicionar a AC às sementes.

REFERÊNCIAS

- ABRASEM, Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Instrução Normativa nº 45**, de 17 de setembro de 2013. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2020. Brasília, 2019/2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, J. L. G. de; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, M. M. de. **Caracterização e seleção de linhagens de soja resistentes ou tolerantes à ferrugem asiática**. 2009. 77p. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2009. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-11032009-101142/pt-br.php>>. Acesso em: 4 jun. 2020.
- AZEVEDO, M. R. de Q. A.; GOUVEIA, J. P. G. de; TROVÃO, D. M. M.; QUEIROGA, V. de P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.519-524, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300019>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/KmVjkTDq6JsJ4W8sjhqzzVd/?lang=pt>>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- BERJAK, P. Viability extension and improvement of stored seeds. **South African Journal of Science**, Pretoria, v. 74, n. 10, p. 365. 1978. DOI: https://hdl.handle.net/10520/AJA00382353_5839 Disponível em: <https://journals.co.za/doi/abs/10.10520/AJA00382353_5839>. Acesso em: 21 nov. 2020.
- BERJAK, P.; SERSHEN, B. V.; PAMMENTER, N. W. Cathodic amelioration of the adverse effects of oxidative stress accompanying procedures necessary for cryopreservation of embryonic axes of recalcitrant-seeded species. **Seed Science Research**, Wageningen, v. 21, n. 3, p. 187–203. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258511000110>. Disponível em: < <https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/cathodic-amelioration-of-the-adverse-effects-of-oxidative-stress-accompanying-procedures-necessary-for-cryopreservation-of-embryonic-axes-of-recalcitrant-seeded-species/C6BA89C00704F947F2E67A0954060880>>. Acesso em: 23 out. 2020.
- BOTELHO, Frederico José Evangelista. **Qualidade de sementes de soja com diferentes teores de lignina obtidos de plantas submetidas à dessecação**. 2012. 90p. Tese de Doutorado. Tese. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/449/1/TESE%20Qualidade%20de%20sementes%20de%20soja%20com%20diferentes%20teores%20de%20lignina%20obtidas%20de%20plantas%20submetidas%20%C3%A0%20desseca%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2020.

BRASMAX. **Região Sul: Brasmax Zeus IPRO 55I57RSF**. Disponível em:<<https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul/?produto=2501>>. Acesso em: 30 nov. 2020.

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

CARVALHO, N.M De; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência. Tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP. 5.ed. v. 4, p. 98-118. 2000.

CARVALHO, C. F.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Qualidade de sementes de soja submetidas ao armazenamento no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 22, n. 4, p. 287-293, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v22n04a01>. Disponível em:<<http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/2013-02-07-03-03-11/423-reveng/v22n04/3408-qualidade-de-sementes-de-soja-submetidas-ao-armazenamento-no-oeste-de-santa-catarina-brasil.html>> Acesso em: 24 out.2020.

CARVALHO, E. R.; MAVAIEIE, D. P. D. R.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. V. D.; VIEIRA, A. R. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 967-976, 2014. Disponível em:<[cielo.br/j/pab/a/KDKYh38dfv9m8QTKrbNRXkq/?format=pdf&lang=pt#:~:text=em%20diferentes%20condições%20de%20armazenamento,-Everson%20Reis%20Carvalho&text=As%20expressões%20isoenzimáticas%20determinadas%20foram,%20e%20peroxidase%20\(PO\)](http://cielo.br/j/pab/a/KDKYh38dfv9m8QTKrbNRXkq/?format=pdf&lang=pt#:~:text=em%20diferentes%20condições%20de%20armazenamento,-Everson%20Reis%20Carvalho&text=As%20expressões%20isoenzimáticas%20determinadas%20foram,%20e%20peroxidase%20(PO))>. Acesso em: 20 nov.2020.

CIAMPITTI, I.A.; SALVAGIOTTI, F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 4, p. 1185-1196, 2018. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.06.0348>. Disponível em<<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2017.06.0348>. Acesso em: 30 ago. 2020.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de Safra Brasileira: Grãos – Primeiro Levantamento**. Conab, Brasília, outubro de 2021. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 29 de out. de 2021. Brasília, 2020/2021.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. Principles of seed science and technology. **New York: Chapman & Hall**. 4 ed. p 467. 2001.

CORRÊA, P. C.; JÚNIOR, P. C. A. Uso do teste de condutividade elétrica na avaliação dos danos provocados por diferentes taxas de secagem em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.1, n.1, p. 21-26, 1999. Disponível em:< <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev11/Art113.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2020.

CORTE, V. B.; BORGES, E. E. D. L.; LEITE, H. G.; PEREIRA, B. L. C.; GONÇALVES, J. F. D. C. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 83-91, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100010>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/QJtBsbppwrCq6Gq48bqWSwh/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 7 out.2020.

DA SILVA, L. L.; NETO, N. Análise de eficiência de diferentes fungicidas no controle do fungo *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. **Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 1, p. 44-51, 2019.

DELOUCHE, J. C. Physiology of seed storage. In: Proceedings: Corn and Sorghum Research Conference American Trade Association, 23., Mississipi.. p.83-90. 1968.

DELOUCHE, J. D. Pensamentos e reflexões sobre armazenamento de sementes III. **Revista Seed News**, Pelotas, v. 9, n. 5, p. 12-14, 2005. Disponível em: <<https://seednews.com.br/artigos/1142-pensamentos-e-reflexoes-sobre-armazenamento-de-sementes-edicao-maio-2005>>. Acesso em: 14 set. 2020.

DE OLIVEIRA BRAGA; A. A., COSSA; C. A.; DA FONSECA SORACE, M. A.; DE JESUS MACHADO, V. J.; FREZATO, P.; SORACE, M.; OSIPI, E. A. F. Influência do armazenamento em diferentes temperaturas na qualidade fisiológica de sementes de *Glycine max* (L.) Merrill. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18101-18108, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-447>. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/25082>>. Acesso em: 30 out. 2020.

DUSSERT, S.; DAVEY, M. W.; LAFFARGUE, A.; DOULBEAU, S.; SWENNEN, R.; ETIENNE, H.. Oxidative stress, phospholipid loss and lipid hydrolysis during drying and storage of intermediate seeds. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 127, n. 2, p. 192-204. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00666.x>. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1399-3054.2006.00666.x>>. Acesso em: 25 out.2020.

EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. In: **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Leuven, v.71, p.428-434. 1958.

ELIAS, S. G.; COPELAND, L. O. Physiological and Harvest Maturity of Canola in Relation to Seed Quality. **Agronomy Journal**, 93, 2001. p. 1054-1058. DOI:10.2134/agronj2001.9351054x. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/pdfs/93/5/1054>> Acesso em: 21 mar. 2021.

FERGUSON, J.M.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.M. Changes during early soybean seed and axes deterioration: II. Lipids. **Crop Science**, v.30, n.1, p.179-182. 1990. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010039x>. Disponível em: <<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010039x>>. Acesso em: 20 set. 2020.

FERNANDES, A.C; FARIA, J.C.T; FARIA, J.M.R; PIRES, R.M.D.O; CARVALHO, E.R; SANTOS, H.O.D. Utilização de diferentes condicionadores e avaliação da qualidade de dois lotes de sementes de urucum (*Bixa orellana*). **Ciência Florestal**. v. 31, p. 808-829, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509844156>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/44156>>. Acesso em: 20 ago 2021.

FERREIRA D.F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-7054201400020000>. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>>. Acesso em: 22 jan 2021.

FORTI, V.A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por "umidade" e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios xe testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300014>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/pMpt67ZZC6PS33kjCrrZ96L/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 27 set. 2020.

FRANCA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. S. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**. 2010. Disponível em<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661047/1/ID30537.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2020.

FRANÇA NETO, J. D. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; DE PÁDUAG. P. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2010.

FRANÇA-NETO, J. D. B.; KRZYZANOWSKI, F.; HENNING, A.; PÁDUA, G. D.; HENNING, I. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Londrina: Embrapa Soja. 82 p. il. **Documentos/Embrapa Soja**, n. 380. 2016. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/866714/1/minicurso01.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2020.

GARZA-CALIGARIS, L., A; AVENDAÑO-VÁZQUEZ, S; ALVARADO-LÓPEZ, E; ZÚÑIGA-SÁNCHEZ, A; OROZCO-SEGOVIA, R; PÉREZ-RUIZ E. A; GAMBOADEBUEN. Um marcador molecular de envelhecimento da semente. **Annals of Botany**, 110, 1253-1260, 2012.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. Paralelo entre a soja no mundo e no Brasil. In: **SOJA: quebrando recordes**. p. 37-59. Sorocaba: CESB, 2018. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1105763/1/capLIVROCESB.pdf>>. Acesso em: 26 ago.2020.

GUIMARÃES, Fabrício de Souza. **Cultivares de soja [Glycine max (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras UFLA, Departamento de Fitotecnia. Lavras, MG. 2006. Disponível em: < <https://www.sapili.org/subir-depois/dplivros/cp002698.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2021.

HANAOKA, K. Antioxidant effects of reduced water produced by electrolysis of sodium chloride solutions. **Journal of Applied Electrochemistry**, Springer, v. 31, n. 12, p. 1307–1313. 2001. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1013825009701>>. Acesso em: 10 set. 2021.

HANAOKA, K.; KIKUCHI, K.; KOJIMA, H.; URANO, Y; NAGANO, T. Development of a zinc ion-selective luminescent lanthanide chemosensor for biological applications. **Journal of the American Chemical Society**, v. 126, n. 39, pág. 12470-12476, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1021/ja0469333>. Disponível em: < <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ja0469333>>. Acesso em: 24 set. 2020.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. Londrina: **Embrapa Soja**, 2014. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagronegociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2021.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações e dados**. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/dados/historicos>>. Acesso em 24 de jun. 2021.

KAEFER, J.; ZAMBERLAN, J.; SALAZAR, R.; BORTOLOTTI, R. Influência do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de soja. **CIÊNCIA & TECNOLOGIA (Cruz Alta)**, v. 3, p. 13-22, 2019. Disponível em : < https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Salazar-10/publication/335174074_Influence_of_storage_in_the_seeds_physiological_quality/links/5d54cb39299bf16f0738df9b/Influence-of-storage-in-the-seeds-physiological-quality.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

KALEMBA, E. M.; PUKACKA, S. Possible roles of LEA proteins and sHSPs in seed protection: a short review. **Biol Lett**, v. 44, n. 1, p. 3-16, 2007. Disponível em < <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.607.2377&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 30 out.2020.

KOESTER, R.P; SKONECZKA, J.A; CARY, T.R; DIERS, B.W; AINSWORTH, E.A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merr.) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 12, p. 3311-3321, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru187>. Disponível em: < <https://academic.oup.com/jxb/article/65/12/3311/615446?login=true>>. Acesso em: 23 ago. 2021.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004>. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/cr/a/MhVDQDFRztNrrXtSLnnWZLm/?lang=pt>>. Acesso em: 05 out. 2021.

KOTOWSKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.23, p.176-184. 1926.

KRANNER, I; BIRTIĆ, S. A Modulating Role for Antioxidants in Desiccation Tolerance. **Integrative and Comparative Biology** , v. 45, n. 5, pg. 734-740, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1093/icb/45.5.734>. Disponível em <<https://academic.oup.com/icb/article/45/5/734/624391?login=true>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

KRZYZANOWSKI, F., C.; FRANÇA NETO, J., de B.; VIEIRA R. D. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: **Abrates**, v.1, c.2, ítem 3, 1999.

KRZYZANOWSKI, F. C; FRANÇA-NETO, J. B; DIAS, D.C. F. S. Deterioração e vigor da semente. **Revista Seeds News**. 25 ed. 2021. Disponível em: <<https://seednews.com.br/artigos/3451-deterioracao-e-vigor-da-semente-edicao-janeiro-2021>>. Acesso em: 14 set. 2021.

LAMEGO, F. P.; GALLON, M.; BASSO, C. J.; KULCZYNSKI, S. M.; RUCHEL, Q.; KASPARY, T. E.; SANTI, A. L. Dessecação pré-colheita e efeitos sobre a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Planta Daninha**, v. 31, n. 4, p. 929-938, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000400019>. Disponível em:<<https://www.scielo.br/j/pd/a/YxhhhTkRRGHyCfK8pjp5Kp/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 20 ago 2020.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing. **Seed Science Research**, v. 3, p. 231-246, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1017/S096025850001859>. Disponível em:<

<https://www.cambridge.org/core/journals/seed-science-research/article/abs/mechanisms-of-desiccation-tolerance-in-developing-seeds/24761604618D6B2B1A6679CD04626B57>>. Acesso em: 15 ago. 2020. MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>. Disponível em:<

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>>. Acesso em:17 set.2020.

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

GILCELEY SANTOS. **Palavração Comovida**.p 58.1 ed. Curitiba. 2013.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas. p. 374. **Abrates, Londrina, PR, Brasil**, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de semente de plantas cultivadas**. p. 495 Piracicaba: FEALQ, 2015.

MARCOS FILHO, J.; CARVALHO, R. D.; CICERO, S. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. Qualidade fisiológica e comportamento de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no armazenamento e no campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, p. 194-249, 1985. DOI: • <https://doi.org/10.1590/S0071-12761985000100015>. Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/aesalq/a/SyyVWYQhpd4MFvxq5SnpwcJ/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 28 set. 2020.

MATHIAS, V.; PEREIRA, T.; MANTOVANI, A.; ZÍLIO, M.; MIOTTO, P.; COELHO, C.M.M. Implicações da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 11, n. 3, p. 223-231, 2017.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3894>. Disponível em:<
<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/3894>>. Acesso em: 29 mar. 2021.

MCDONALD, M. B., M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v.22, n.3, p.531-539, 1999.

MCDONALD, M. B. "Orthodox Seed Deterioration and Its Repair." In Handbook of Seed Physiology. **Applications to Agriculture**, edited by R. L. Benech- Arnold and R. A. Sanchez. Binghamton: Haworth Press.p.273–304. 2004.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant in Science**, Cambridge, v. 7, n. 9, p. 405-410, Sep. 2002. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138502023129?via%3Dihub>> acesso: Jun. 15, 2020.

MORALES, A. N. V.; MENDOZA, I. L.; GALVÁN, M. F. L. Identificación de genes antioxidantes a partir de semilla de moringa (*Moringa oleífera*). **JÓVENES EN LA CIENCIA**, v. 4, n. 1, p. 28-32, 2018. Disponível em:<
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2339>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). In:Vigor de sementes: conceitos e testes. **Londrina: ABRATES**, 1999. cap.2, p.1-24. 1999.

PAMMENTER N. W.; ADAMSON J. H.; BERJAK P. Viability of stored seed: extension by cathodic protection. **Science**. Washington, v. 186, n. 4169, p. 1123-1124, Dec. 1974. DOI: 10.1126 / science.186.4169.1123. Disponível em:<<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17818626/>>. Acesso em: 24 de out. 2020.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D. A.; ROTA, G. R. M. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 1. Ed. Pelotas – RS, 2003.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A.; SCHUCH, L. O. B. Produção de sementes. In: PESKE, S T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 3 ed. ver. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 2012.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985.289p. 1977.

RANI, P. R.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D. S.; WHITE, N. D. G.; KAVITHA ABIRAMI, C. V. Storage studies on pinto beans under different moisture contents and temperature regimes. **Journal of Stored Products Research**. v. 52(3): 78-85, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.11.003>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022474X12000835>>. Acesso em: 21 ago 2021.

RICALDONI, M. a. **Ação antioxidante da água catódica: estudos preliminares em sementes de café**. 2016. Universidade Federal de Lavras. – Lavras: UFLA, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/9066>>. Acesso em: 4 set. 2020.

RUPPIN, N. W., DA MATA TERRA, L. E., FERNANDES, T. O. M., ALBUQUERQUE, Caracterização morfofisiológica de sementes de diferentes cultivares de soja armazenadas sob condições não controladas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.1473>. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/14731>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

SANTOS, F. L., BERTACINE, F., SOUZA, J. S., SIMÕES, I., BOSSOLANI, J. W., SÁ, M. E. A influência de dessecante na qualidade fisiológica de sementes de soja/influence of the application of desiccation in the physiological quality of soybean seeds. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 12, n. 1, p. 68-76, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2018v12n1p68-76>. Disponível em: <<https://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/619>>. Acesso em: 25 out. 2020.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L.; **Cultura da soja**. parte I. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa: Editora Universitária, 1996.

SHIRAHATA, S.; KABAYAMA, S.; NAKANO, M.; MIURA, T.; KUSUMOTO, K.; GOTOH, M.; HAYASHI, H.; OTSUBO, K.; MORISAWA, S.; KATAKURA, Y. Electrolyzed-reduced water scavenges active oxygen species and protects DNA from oxidative damage. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, Martinsried, v. 234, n. 1, p. 269–274. 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X97966225?via%3DiHub>> .Acesso: 26 ago 2020.

SILVA, J. V.; LOPES E SILVA, M. R.; OLIVEIRA, A. C.; SOUZA, J. R.; VAZ, C.M. P.; CASTRO, C. S. P. Cathodic adsorptive stripping voltammetric determination of rutin in soybean cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.04.013>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157511001190>>. Acesso em: 14 set. 2020.

SILVA, J. B.; NAKAGAWA, J. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. **Informativo Abrates**, v. 5, n. 1, 1995.

SMANIOTTO, T. A. D. S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K. A.; DE OLIVEIRA, D. E.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 446-453, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>.

Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/K8PMTxRCs7Jv3fY6Q8LKcvn/?lang=pt>>. Acesso em: 15 set. 2021.

VILELA, A. L. O., ROSA, S. D. V. F. D., COELHO, S. V. B., FÁVARIS, N. A. B., FANTAZZINI, T. B; BAUTE, J. L. Atividade antioxidante e antimicrobiana da água catódica e anódica em sementes de Coffea arabica L. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43244602> . Disponível em:<

<https://www.scielo.br/j/jss/a/69VLhzSWHtPybm3z5TPMFkS/abstract/?lang=en>>.

Acesso em: 14 de jun. 2021.

VILLELA, F. A.; MENEZES, N. L. O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**, v. 8, n. 4, p. 22-25, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43244602>. Disponível

em:<<https://www.scielo.br/j/jss/a/69VLhzSWHtPybm3z5TPMFkS/abstract/?lang=pt>>.

Acesso em: 22 ago. 2021.

WEERASEKARA, I.; SINNIHAH, U.R; NAMASIVAYAM, P.; NAZLI, M.H; ABDURAHMAN, S.A; GHAZALI, M.N. Priming with Humic Acid to Reverse Ageing Damage in Soybean [Glycine max (L.) Merrill.] Seeds. **Agricultura** , v. 11, n. 10, pág. 966, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11100966>. Disponível em:<<https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/966>>. Acesso em: 21 set. 2021.