

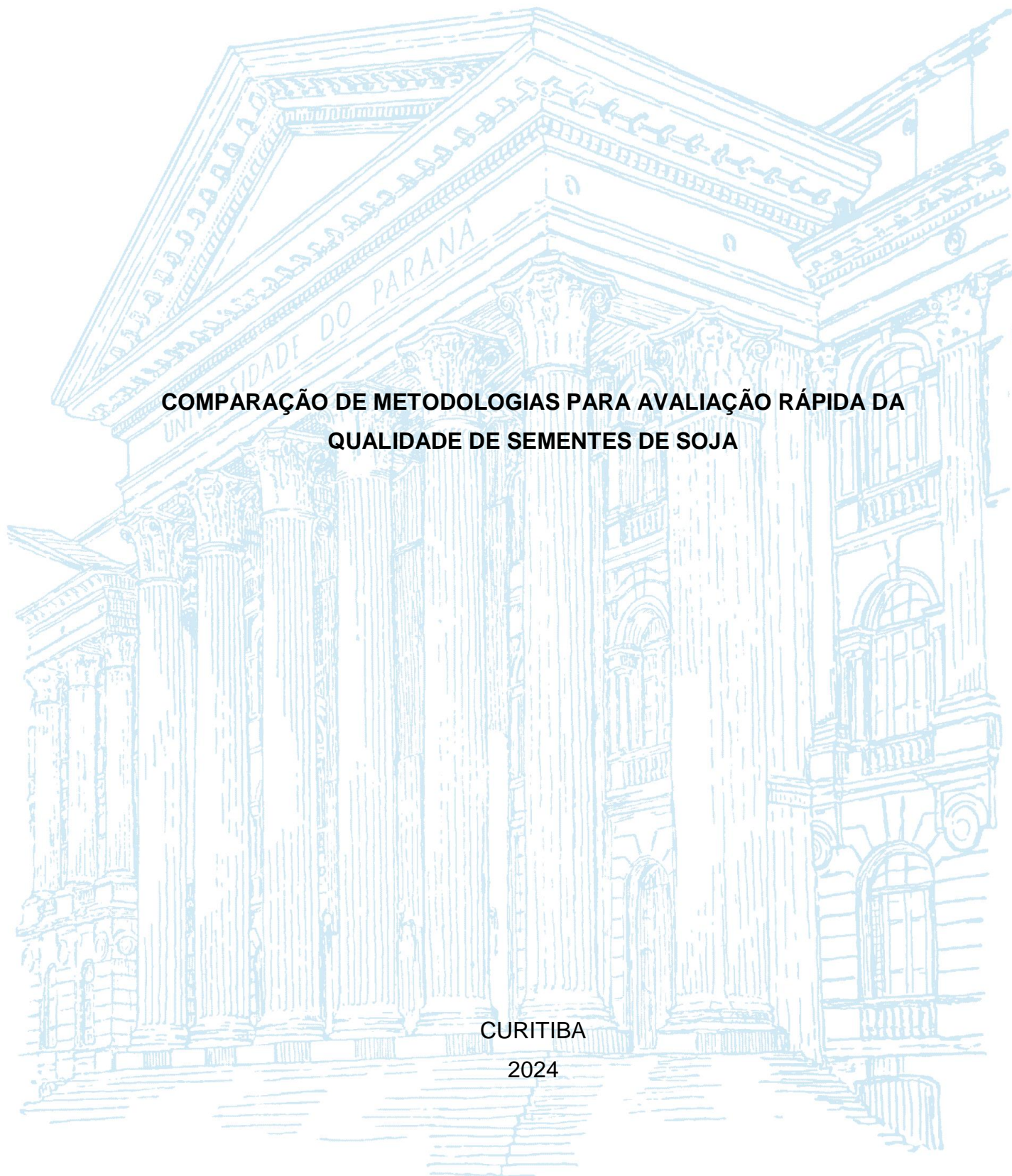
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS SANSON

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO RÁPIDA DA
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

CURITIBA

2024



LUCAS SANSON

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO RÁPIDA DA
QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Agronomia do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito para a obtenção do grau de Engenheira Agrônomo.

Orientadora: Profa Dra Maristela Panobianco Vasconcellos

CURITIBA

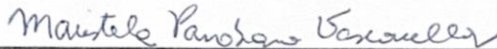
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS SANSON

COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO RÁPIDA DA QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientadora Professora Dra. Maristela Panobianco Vasconcellos

Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade

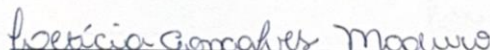
Setor de Ciências Agrárias



Professora Dra. Adriana Martinelli Seneme

Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade

Setor de Ciências Agrárias



Tecnóloga MSc. Leticia Gonçalves Maduro

Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade

Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 29 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por permitir realizar este sonho e por todas as bênçãos recebidas até aqui.

Agradeço também aos meus guias espirituais, cuja presença iluminou meu caminho.

Aos meus pais, Valdemir e Norli, sou eternamente grato por todos os ensinamentos, pelo suporte financeiro e pelo amor incondicional ao longo desses anos de graduação.

A toda a minha família, agradeço pela ajuda e apoio constantes, especialmente à minha irmã Daniela, pelo companheirismo e auxílio.

Ao meu companheiro Arthur de Fraga, por todo suporte que me deu neste último ano.

À minha amiga Sarah Marleg, sou grato por todo o suporte e alegria compartilhada ao longo desses cinco anos, e por me ensinar o verdadeiro significado da amizade.

Às minhas amigas Nicole Bolino e Jessica Muraro, agradeço pelas risadas, conselhos e pela irmandade que construímos durante a faculdade.

A minha amiga Larissa, por toda amizade e por me fornecer as sementes utilizadas nesta pesquisa.

A todos os amigos e amigas que fiz ao longo da graduação, meu sincero agradecimento pelo apoio e pela companhia que me ajudaram a chegar até aqui.

À minha orientadora, Profa. Dra. Maristela Panobianco Vasconcellos, agradeço profundamente pelo conhecimento compartilhado, pela oportunidade de realizar este trabalho, pela excelência como professora e pela paciência e amizade que sempre demonstrou.

À técnica de laboratório, Letícia Gonçalves Maduro, sou grato pelo suporte essencial na pesquisa deste trabalho.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de me tornar Engenheiro agrônomo.

Muito obrigado!

RESUMO

O sucesso de uma lavoura depende de diversos fatores, sendo um dos mais importantes a utilização de sementes de alta qualidade, para a obtenção de um estande adequado de plantas no campo. A perda inevitável da qualidade indica a necessidade da avaliação correta do potencial fisiológico das sementes antes de sua utilização. É importante fazer uso de informações obtidas em laboratório, que permitam comparar a qualidade das amostras analisadas; sendo assim, os testes devem ser rápidos e confiáveis. O presente trabalho teve por objetivo comparar metodologias para avaliação rápida da qualidade de sementes de soja. Foram comparados os seguintes procedimentos: a) teste de hipoclorito de sódio, por tempo de exposição de 10 minutos, com embebição em água quente por períodos de 1, 2, 3, 5 e 10 minutos; b) comparação de duas metodologias para condução do teste de tetrazólio recomendadas nas Regras para Análise de Sementes: pré-umedecimento das sementes de soja em água por 16h a 25°C, com pré-umedecimento por 6h a 41°C. Pelos resultados obtidos conclui-se que as metodologias mais eficientes para avaliação rápida da qualidade de sementes de soja foram: embebição das sementes em água a 70°C, por 1 minuto; teste de tetrazólio conduzido com pré-embebição das sementes em água por 16h a 25°C, e coloração por 3h a 40°C.

Palavras-chave: *Glycine max*, danos mecânicos, análise de sementes, hipoclorito de sódio, teste de tetrazólio.

ABSTRACT

The success of a crop depends on a number of factors, one of the most important being the use of high-quality seeds in order to have an adequate plant stand in the field. The inevitable loss of quality indicates the need to correctly assess the physiological potential of seeds before they are used. To do this, it is important to use information obtained in the laboratory, which allows the quality of the samples analyzed to be compared; therefore, the tests must be quick and reliable. The aim of this study was to compare methodologies for the rapid assessment of soybean seed quality. The following procedures were compared: a) sodium hypochlorite test, for an exposure time of 10 minutes, with soaking in hot water for periods of 1, 2, 3, 5 and 10 minutes; b) comparison of two methodologies for conducting the tetrazolium test recommended in the Rules for Seed Analysis: pre-soaking the soybean seeds in water for 16 hours at 25°C, with pre-wetting for 6 hours at 41°C. From the results obtained, it can be concluded that the most efficient methodologies for quickly assessing the quality of soybean seeds were: soaking the seeds in water at 70°C for 1 minute; tetrazolium test conducted with pre-soaking the seeds in water for 16 hours at 25°C, and staining for 3 hours at 40°C.

Keywords: *Glycine max*, mechanical damage, seed analysis, sodium hypochlorite, tetrazolium test

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVOS.....	9
1.1.1	Objetivo Geral.....	9
1.1.2	Objetivo Específico	9
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	SOJA: ORIGEM E CHEGADA NO BRASIL.....	10
2.2	IMPACTO ECONÔMICO E SOCIAL	10
2.3	PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA E DANOS MECÂNICOS	12
2.3.1	Danos Mecânicos.....	13
2.4	TESTE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO	14
2.4.1	Adaptações ao teste de hipoclorito.....	15
2.5	TESTE TETRAZÓLIO EM SOJA.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1	TESTE DO HIPOCLORITO DE SÓDIO.....	17
3.2	EMBEBIÇÃO DAS SEMENTES EM ÁGUA QUENTE.....	18
3.3	TESTE DE TETRAZÓLIO.....	18
3.4	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO....	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÕES	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merr.) é uma das culturas mais relevantes no cenário agrícola global, desempenhando um papel importante como fonte de proteína e óleo vegetal. Seu cultivo é vital para a economia de vários países, especialmente o Brasil, que se destaca como um dos maiores produtores e exportadores de soja no mundo (CONAB, 2024).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, na safra 2023/24, o Brasil teve uma produção de aproximadamente 147,3 milhões de toneladas, com uma produtividade média de 3.202 quilos por hectare. A área destinada ao cultivo da oleaginosa ultrapassou 46,0 milhões de hectares, um aumento de mais de 4% em comparação com a safra anterior, 2022/23.

Um dos grandes desafios na produção de sementes de soja é o dano mecânico, considerado por especialistas como praticamente inevitável, visto que ocorrem perdas em todas as etapas do processo produtivo.

Esse problema é agravado pela vulnerabilidade natural das sementes de soja. O eixo-embrionário, uma estrutura essencial para a germinação e desenvolvimento da planta, está localizado logo abaixo de um tegumento muito fino, o que oferece pouca proteção contra danos externos. De acordo com França-Neto et al. (2016), há uma relação inversa entre o nível de vigor da semente e o grau de dano mecânico: à medida que o dano aumenta, a qualidade fisiológica da semente diminui.

É essencial encontrar métodos eficientes para a detecção precoce de injúrias, a fim de mitigar seus efeitos na viabilidade das sementes. Os testes rápidos de hipoclorito e tetrazólio são fundamentais para avaliar a qualidade das sementes de soja, garantindo uma lavoura produtiva. O hipoclorito identifica danos na casca, enquanto o tetrazólio analisa viabilidade e vigor, auxiliando nas decisões de plantio e evitando desperdícios.

Neste estudo, foram estudadas metodologias para detecção rápida do dano mecânico em sementes de soja, testando-se o teste de hipoclorito de sódio (Krzyzanowski et al., 2004) e adaptações da metodologia dele (embebição das sementes em água quente), bem como duas metodologias para condução do teste de tetrazólio em sementes de soja, indicadas nas Regras para Análise de Sementes - RAS.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar metodologias de testes para avaliação rápida da qualidade de sementes de soja.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Testar a eficiência do teste com água quente para detectar dano mecânico em sementes de soja, comparando seus resultados com o teste de hipoclorito de sódio.
- Comparar duas metodologias para condução do teste de tetrazólio em sementes de soja, descritas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SOJA: ORIGEM E CHEGADA NO BRASIL

A soja é originária do leste asiático; segundo Chung & Singh (2008), o local específico é a região central da China, onde foi cultivada há mais de 3.000 anos. Estudos arqueológicos sugerem que a soja era um componente essencial da dieta dos antigos povos chineses, utilizada tanto como alimento quanto em rituais religiosos (Hymowitz, 1970).

Segundo D'utra (1882), a implementação da cultura da soja no Brasil ocorreu no estado da Bahia, inicialmente como uma cultura experimental em 1882. A partir dessa data, a oleaginosa se expandiu para os demais estados brasileiros. Há relatos de experimentos realizados em São Paulo no ano de 1892. No Rio Grande do Sul, a literatura registra a chegada da cultura em 1901, quando Minsen (1901) relatou o desempenho da lavoura de soja no município de Dom Pedrito. Quarenta anos depois, a soja apareceu pela primeira vez nas estatísticas oficiais do Rio Grande do Sul. Nesta mesma data, Verneti (1977) mencionou o surgimento da primeira indústria de processamento de soja do estado, um acontecimento histórico que fortaleceu o desenvolvimento e a prospecção da cultura na região.

A partir de então, a soja encontrou no Brasil diversos fatores que auxiliaram o seu desenvolvimento, além de condições excelentes para o cultivo, permitindo um crescimento da área muito expansivo. Segundo dados da Conab (2024), a área de soja no Brasil na safra 2023/24 alcançou 79,82 milhões de hectares.

2.2 IMPACTO ECONÔMICO E SOCIAL

A soja desempenha um papel central na agricultura brasileira, consolidando-se como um dos produtos mais estratégicos tanto para o mercado interno quanto para o cenário global. Sua importância vai além do simples cultivo, representando uma das principais fontes de proteína vegetal e óleo, amplamente utilizada na alimentação humana e animal, bem como em setores industriais. O Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo, tem na soja uma peça-chave para a balança comercial, contribuindo significativamente para o PIB agropecuário do país (AGNOL et al., 2007).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a safra de soja para a safra 2023/24 foi estimada em 147 milhões de toneladas, consolidando o Brasil como o segundo maior produtor global, atrás apenas dos Estados Unidos. Esse desempenho expressivo coloca o Brasil em posição de destaque no mercado internacional, com uma crescente demanda externa, especialmente da China, que é o maior importador de soja brasileira.

Além de sua relevância econômica, a soja também desempenha um papel importante nas práticas de sustentabilidade agrícola. A cultura é fundamental no sistema de rotação de culturas, ajudando a fixar nitrogênio no solo e a melhorar sua estrutura, o que a torna uma aliada na recuperação de áreas degradadas. No entanto, o avanço da produção de soja também traz desafios, como a necessidade de expandir as áreas plantadas sem comprometer a preservação ambiental, especialmente em regiões sensíveis como o Cerrado e a Amazônia (Zanon et al., 2022).

O crescimento da produtividade da soja no Brasil está intimamente ligado ao avanço da tecnologia agrícola, com a utilização de cultivares geneticamente modificadas, manejo integrado de pragas e doenças, e técnicas avançadas de irrigação e fertilização. A adoção dessas práticas modernas tem permitido que os produtores brasileiros alcancem altos rendimentos por hectare, colocando o país entre os líderes mundiais no cultivo dessa leguminosa (Carvalho et al., 2020).

Para Quintam e Assunção (2023), a soja não apenas desempenha um papel fundamental na agricultura brasileira como também é um pilar da economia do país, exigindo um equilíbrio entre produção sustentável e competitividade no mercado global.

A perspectiva de crescimento da produção de soja no Brasil é positiva, impulsionada pela demanda global por biocombustíveis, rações animais e produtos alimentícios à base de soja. O país continua a investir em novas tecnologias e práticas agrícolas para manter sua competitividade e atender as crescentes exigências dos mercados internacionais (Gazzoni e Dall' Agnol, 2018).

A cultura da soja no Brasil tem gerado diversos impactos sociais positivos, especialmente nas regiões onde seu cultivo é predominante. Um dos principais benefícios é a geração de empregos, tanto diretos quanto indiretos, em áreas rurais e urbanas. De acordo com Silva et al. (2020), a expansão da soja contribuiu significativamente para a criação de postos de trabalho nas fases de produção,

transporte, processamento e comercialização, o que fortalece a economia local e regional.

Além disso, a soja tem promovido o desenvolvimento de infraestrutura em várias regiões agrícolas, com melhorias em estradas, portos e logística, necessárias para o escoamento da produção. Esse avanço também contribui para a integração de áreas mais remotas ao mercado nacional e internacional, impulsionando o crescimento econômico em áreas menos desenvolvidas (Oliveira et al., 2019).

A cultura da soja também tem fomentado a adoção de novas tecnologias no campo, o que beneficia pequenos e grandes produtores. Tecnologias como agricultura de precisão, manejo sustentável e melhoramento genético são incentivadas pela expansão da soja, promovendo o aumento da produtividade e, em alguns casos, a melhoria das condições de vida dos agricultores (Carvalho et al., 2020).

Por fim, a soja desempenha um papel crucial na segurança alimentar global, com o Brasil sendo um dos principais fornecedores de alimentos para outros países. Essa dinâmica ajuda a posicionar o Brasil como um ator relevante no cenário agroalimentar internacional, o que gera oportunidades de crescimento econômico e social para diversas regiões (Zanon et al., 2022).

2.3 PRODUÇÃO DE SEMENTES DE SOJA E DANOS MECÂNICOS

As sementes de soja precisam ser colhidas, processadas e manuseadas de maneira cuidadosa para garantir a manutenção de sua qualidade. Caso contrário, todo o investimento feito no desenvolvimento de técnicas específicas para a produção de sementes pode ser comprometido. A soja é particularmente vulnerável a danos mecânicos, já que o eixo embrionário está localizado logo abaixo de um tegumento muito fino, que oferece pouca proteção (Oliveira et al., 1999). Esses danos podem afetar gravemente a qualidade fisiológica das sementes e influenciar suas características físicas, como umidade e presença de sementes quebradas, além de abrir caminho para a entrada de patógenos, prejudicando sua qualidade sanitária.

2.3.1 DANOS MECÂNICOS

O dano mecânico é um dos principais fatores limitantes na produção de sementes de soja, afetando diretamente sua qualidade fisiológica e sua capacidade de germinação. Durante as diversas etapas do processo produtivo desde a colheita até o armazenamento, as sementes de soja estão expostas a diferentes tipos de injúrias mecânicas. Essas injúrias comprometem a integridade da semente, o que resulta em uma diminuição do vigor e do poder germinativo, além de contribuir para o surgimento de plântulas debilitadas e mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças (França Neto; Henning, 1984).

Os danos mecânicos podem ser imediatos ou latentes. Os danos imediatos são visíveis, manifestando-se por meio da quebra do tegumento, cotilédones separados e/ou quebrados. Já os danos latentes são caracterizados por rachaduras microscópicas, abrasões e danos internos no embrião, o que pode resultar em uma germinação que não seja imediatamente atingida, embora o vigor e desempenho da semente sejam reduzidos (França Neto; Henning, 1984).

Para Costa et al. (2001), a colheita mecanizada é a maior fonte de danos mecânicos, sejam eles latentes ou imediatos, uma vez que durante o processo de colheita, a planta passa pela debulha. Sementes colhidas com grau de umidade inferior a 12% são mais vulneráveis ao dano mecânico imediato, resultando em danos visíveis. Por outro lado, com a umidade da semente acima de 15,0%, a ocorrência de danos latentes é maior. Além da colheita, o processo de beneficiamento das sementes também contribui para a ocorrência de danos mecânicos (Krzyzanowski et al., 2016)

A sensibilidade das sementes de soja ao dano mecânico é particularmente elevada devido à sua estrutura anatômica. O eixo embrionário, que inclui a radícula, o hipocótilo e a plúmula, é protegido por um tegumento extremamente fino, que oferece pouca resistência a impactos. Segundo Oliveira et al. (1999), essa fragilidade torna a semente especialmente suscetível a danos durante o manuseio, resultando em uma queda significativa na qualidade fisiológica. Além disso, danos físicos podem prejudicar a qualidade física (presença de sementes quebradas e alteração na umidade) e a qualidade sanitária, facilitando a entrada de patógenos.

Estudos demonstraram que o impacto dos danos mecânicos pode se manifestar de diversas formas. França Neto et al. (2016) destacaram que o aumento

da incidência de danos está diretamente relacionado à redução do vigor das sementes e ao comprometimento do estabelecimento das plantas no campo. Além disso, sementes danificadas têm menor capacidade de competir com plantas vizinhas e tendem a produzir plântulas mais fracas, o que reduz o potencial produtivo da lavoura.

Outro aspecto relevante é a variabilidade genética associada à resistência ao dano mecânico. Cultivares de soja apresentam diferentes níveis de susceptibilidade a injúrias, o que torna o desenvolvimento de programas de melhoramento genético focados na resistência ao dano mecânico uma estratégia importante para a manutenção da qualidade das sementes (França Neto & Henning, 1984).

Portanto, a prevenção e o manejo adequado dos danos mecânicos nas sementes de soja são essenciais para garantir a qualidade fisiológica e o sucesso do estabelecimento da cultura. Medidas como o ajuste das máquinas colheitadeiras, o controle da velocidade de operação e o manuseio cuidadoso das sementes durante o beneficiamento e o transporte podem contribuir para a redução desses danos (Lopes et al., 2011).

2.4 TESTE DE HIPOCLORITO DE SÓDIO

O teste com hipoclorito de sódio é muito utilizado para avaliar rapidamente a porcentagem de dano mecânico que não é visível a olho nu, conhecido como dano mecânico não aparente. Esse tipo de dano provoca microfissuras no tegumento da semente de soja. O teste pode ser empregado para monitorar a ocorrência de danos mecânicos durante a colheita, além de ser útil na recepção das sementes na Indústria de Beneficiamento de Sementes (IBS) e ao longo do processo de beneficiamento (Krzyzanowski et al., 2016).

Krzyzanowski et al. (2004) descreveram a metodologia a ser utilizada no teste de hipoclorito de sódio para as sementes de soja. Segundo os autores, se o percentual de sementes embebidas for superior a 10%, significa que o lote está muito danificado.

Diversos pesquisadores utilizaram o teste de hipoclorito de sódio em suas pesquisas visando detectar os danos mecânicos. Calaça (2017) citou em seu trabalho a utilização do teste para avaliar a qualidade de sementes de soja ao longo

do processo de beneficiamento de sementes. A autora relatou que sementes maiores tem mais chances de serem danificadas mecanicamente.

As aplicações do teste são vistas de diversas formas; Gracietti (2023) relatou a utilização do teste para avaliar o impacto na qualidade fisiológica e na produtividade da soja em sementes de soja certificadas e salvas. Segundo o autor, existe uma relação entre o dano mecânico e a condutividade elétrica, que mostra que os tratamentos com maior dano mecânico também exibem maior condutividade elétrica. Isso ocorre porque sementes danificadas tendem a perder mais solutos para a água.

2.4.1 ADAPTAÇÕES AO TESTE DE HIPOCLORITO

Metring et al. (2023) realizaram uma comparação entre dois métodos de embebição de sementes de soja e concluíram que o uso de água potável aquecida apresenta resultados equivalentes ao teste com hipoclorito de sódio. Por sua vez, Freitas et al. (2020) observaram que um tempo de embebição de 2 minutos em água aquecida resulta em um efeito semelhante ao do teste original com hipoclorito de sódio, indicando que a utilização de água aquecida pode ser uma alternativa eficaz para o controle da qualidade das sementes.

2.5 TESTE DE TETRAZÓLIO EM SOJA

O teste de tetrazólio, desenvolvido em 1950, emergiu como uma ferramenta essencial na avaliação da viabilidade de sementes, sendo amplamente utilizado em diversas culturas agrícolas, incluindo a soja. Além disso, através deste teste é possível identificar dano mecânico, dano por umidade, dano por ataque de percevejo, dano por secagem e danos por geadas (França Neto et al., 1998).

A metodologia do teste baseia-se na capacidade das sementes viáveis de reduzir o sal de tetrazólio a um composto chamado formazan, um pigmento colorido que indica a atividade metabólica. O teste envolve várias etapas, sendo que o primeiro passo consiste na embebição das sementes em água, permitindo que hidratem e iniciem o processo metabólico necessário para a reação com o tetrazólio (Krzyzanowski et al., 2016).

Nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), são citadas duas metodologias de pré-umedecimento em água para sementes de soja: 16h/25°C e 6h/41°C.

Após o pré-umedecimento, as sementes de soja são colocadas para colorir na solução de tetrazólio, normalmente na concentração de 0,075%. A imersão na solução ocorre por um período que varia entre 1 e 3 horas, na temperatura de 35 a 40°C. Após o tratamento, as sementes são examinadas visualmente para avaliar a intensidade da coloração. As sementes viáveis reduzem o tetrazólio, resultando sementes de coloração vermelho carmim, enquanto as sementes não viáveis a coloração fica entre vermelho carmim forte para tecido em deterioração e branco leitoso para tecido morto. (França Neto et al., 1998).

Um aspecto importante do teste de tetrazólio é sua capacidade de identificar não apenas a viabilidade, mas também a integridade fisiológica das sementes. Danos mecânicos e estresses ambientais podem comprometer a capacidade de redução do tetrazólio, levando a uma avaliação imprecisa da viabilidade. Estudos indicaram que sementes danificadas apresentam uma redução significativa na capacidade de reduzir o sal de tetrazólio, refletindo uma diminuição na viabilidade e, portanto, na qualidade (Jacob et al., 2017). Essa propriedade torna o teste uma ferramenta valiosa para produtores e técnicos, pois permite uma análise mais detalhada da saúde das sementes antes da semeadura.

A aplicação do teste de tetrazólio na cultura da soja é particularmente relevante, dado o impacto que a qualidade das sementes tem no estande inicial de plantas em campo. Em um cultivo de alto valor como a soja, a avaliação precisa da viabilidade das sementes é fundamental para garantir um bom rendimento. A rapidez do teste de tetrazólio para estimativa da viabilidade, em comparação com o teste de germinação, proporciona uma vantagem significativa aos produtores, que podem tomar decisões sobre a semeadura em tempo mais curto (Leite et al., 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Paraná.

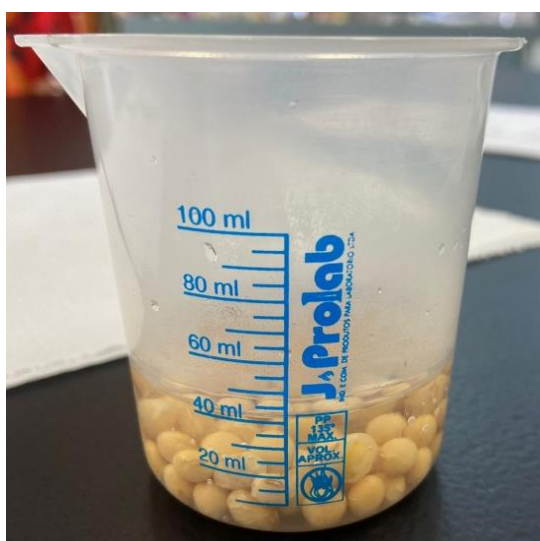
Foram utilizadas sementes de soja da cultivar BRS 543 RR, safra 2022/23, que é uma cultivar precoce da Embrapa, com crescimento indeterminado e tecnologia Block, que confere tolerância ao percevejo.

Foram testadas as metodologias de testes para avaliação rápida da qualidade de sementes de soja, descritas a seguir.

3.1 TESTE DO HIPOCLORITO DE SÓDIO

Para a realização do teste de hipoclorito foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes cada, excluindo aquelas com dano aparente e as visualmente identificadas como quebradas. As sementes foram totalmente imersas no hipoclorito de sódio (solução a 2,5%), em copos de Becker com volume total de 50 ml (FIGURA 1).

FIGURA 1 - AMOSTRA DE SEMENTES DE SOJA NO BECKER, DURANTE PERÍODO DE EMBEBIÇÃO



FONTE: O autor (2024).

Para realizar as avaliações, após 10 minutos de imersão (Krzyzanowski et al., 2004), as sementes foram retiradas, peneiradas e dispostas sobre folhas de papel toalha, e posteriormente avaliadas. A avaliação consistiu na análise do número de sementes que embeberam, em cada uma das repetições (FIGURA 2). Os resultados foram expressos em porcentagem.

FIGURA 2 – AMOSTRA DE SEMENTES DE SOJA APÓS A IMERSÃO NO HIPOCLORITO DE SÓDIO.



FONTE: O autor (2024).

3.2 EMBEBIÇÃO DAS SEMENTES EM ÁGUA QUENTE

Para avaliação da embebição das sementes em água quente, foram utilizadas quatro repetições de 100 sementes cada, excluindo aquelas com dano aparente e as visualmente quebradas. As sementes foram imersas totalmente em água potável aquecida a 70°C, sendo testados diferentes períodos de embebição: um minuto, dois minutos, três minutos, cinco minutos e 10 minutos. A avaliação foi realizada por meio da contagem do número de sementes que embeberam, em cada uma das repetições. Os resultados foram expressos em porcentagem.

3.3 TESTE DE TETRAZÓLIO

Inicialmente, foi instalado o teste de germinação com quatro repetições de 50 sementes cada, em rolo de papel toalha previamente umedecido com água na

proporção de 2,5 vezes a massa do substrato seco. O material foi levado ao germinador do tipo Mangelsdorf e permaneceu a 25°C por 7 dias. Após o período, foi computada a porcentagem de plântulas normais e os resultados expressos em porcentagem.

Para o estudo do teste de tetrazólio, foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes, as quais foram embaladas em papel toalha de germinação umedecido com 2,5 vezes a massa do substrato seco e mantidas por dois períodos de pré-umedecimento: 16h a 25°C; e 6h a 41°C (Brasil, 2009). Após este pré-condicionamento, as sementes foram colocadas em copos de plástico, de 150 ml, sendo totalmente submersas na solução de tetrazólio (0,075%). A coloração das sementes no sal de tetrazólio ocorreu por 3 horas, a 40°C, em incubadora do tipo B.O.D. Alcançada a coloração ideal (FIGURA 3), as sementes foram retiradas desse ambiente, lavadas com água comum e mantidas submersas em água até o momento a avaliação.

FIGURA 3 – AMOSTRAS DE SEMENTES DE SOJA APÓS COLORAÇÃO COM SAL DE TETRAZÓLIO.



FONTE: O autor (2024)

Para avaliação do teste, as sementes foram seccionadas, as suas metades foram abertas, com posterior remoção do tegumento visando a exposição da superfície externa dos cotilédones. Para a avaliação, foram contabilizadas as sementes que apresentaram danos nas áreas consideradas críticas para soja

(França-Neto & Krzyzanowski, 2020). A diferenciação de cores dos tecidos baseou-se em:

- vermelho carmim: tecido vivo e vigoroso
- vermelho carmim forte: tecido em deterioração
- branco-leitoso: tecido morto.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E PROCEDIMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento experimental utilizado para todos os testes foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para a análise estatística foi utilizado o *software* R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados do teste de hipoclorito de sódio, em comparação com adaptações dele, empregando-se embebição em água quente por diferentes períodos.

TABELA 1 – DADOS MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE DANOS MECÂNICOS EM SEMENTES DE SOJA, APÓS EMBEBIÇÃO DAS SEMENTES EM DIFERENTES TRATAMENTOS.

Tratamentos de embebição	Danos mecânicos (%)
Hipoclorito de sódio (10 min.)	10,5 a
Água a 70°C por 1 min.	10,0 a
Água a 70°C por 2 min.	11,3 a
Água a 70°C por 3 min.	11,8 a
Água a 70°C por 5 min.	12,8 a
Água a 70°C por 10 min.	13,8 a
C.V.(%)	24,9

FONTE: O autor (2024).

Pode-se observar que não houve diferença estatística entre os tratamentos de embebição testados para detecção de danos mecânicos em sementes de soja (Tabela 1). Assim, a embebição em água quente mostrou-se promissora, obtendo resultado semelhante ao teste de hipoclorito de sódio e ainda em menor período de tempo, não havendo diferença entre 1 minuto a até 10 minutos de embebição. Assim, pode ser considerada uma alternativa prática, rápida e isenta de produtos químicos.

Verificou-se, também, que o percentual de danos mecânicos variou de 10 a 13,8%, valores considerados altos (Krzyzanowski et al., 2004), o que sugere que as sementes empregadas no estudo estão muito danificadas. Provavelmente, houve problemas durante as etapas de colheita, processamento e/ou armazenamento, acarretando impactos negativos na qualidade de sementes de soja (Lopes et al., 2011).

Detectar danos mecânicos em sementes é essencial para assegurar sua qualidade e vigor na produção agrícola. Esses danos, que podem ocorrer em qualquer fase do processo produtivo, muitas vezes afetam a capacidade de germinação e o desenvolvimento das plântulas, resultando em perda de

produtividade. França et al. (2020) explicam que esses danos causam quebras ou microfissuras no tegumento das sementes, comprometendo sua integridade e tornando-as mais vulneráveis a doenças, além de dificultar a absorção uniforme de água, o que pode prejudicar a germinação.

Ao identificar e quantificar os danos, produtores e empresas podem ajustar suas práticas de manejo e colheita para reduzir o índice de sementes comprometidas. O teste de hipoclorito de sódio, por exemplo, é amplamente utilizado para detectar rapidamente microfissuras, revelando áreas danificadas pela ruptura do tegumento (Krzyzanowski et al., 2016). Assim, a detecção de danos mecânicos é uma prática que contribui diretamente para manter a qualidade da produção e a eficiência do processo, garantindo que apenas sementes com alto potencial de germinação sejam utilizadas no campo.

Freitas et al. (2020), em seu estudo, também compararam o teste de hipoclorito com a utilização de água a 70 °C, nos períodos de um e dois minutos, e concluíram que o tempo de embebição de dois minutos e o teste de hipoclorito não diferem estatisticamente. Isso indicou que o teste de embebição em água tem a mesma eficácia que o teste com hipoclorito de sódio (padrão 10 minutos).

No estudo de Metring et al. (2023) foram comparados os percentuais de danos mecânicos com três testes: utilização de água sanitária, hipoclorito de sódio e água, em seis tempos de exposição: 3, 5, 8, 10, 12 e 15 minutos. Os autores concluíram que os testes com hipoclorito e com água não apresentam diferenças estatísticas, e que o período de embebição de cinco minutos é suficiente para atingir a mesma eficácia do teste padrão.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados do estudo de metodologias para condução do teste de tetrazólio com sementes de soja.

TABELA 2 – DADOS MÉDIOS DO TESTE DE GERMINAÇÃO E DO TESTE DE TETRAZÓLIO (CONDUZIDO COM DUAS METODOLOGIAS), NA AVALIAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA.

Tratamentos	Viabilidade da semente (%)
Teste de germinação	88 a
Teste de tetrazólio (16h/25°C; coloração 3h/40°C)	86 a
Teste de tetrazólio (6h/41°C; coloração 3h/40°C)	79 b
C.V.(%)	3,2

FONTE: O autor (2024).

Pode-se verificar que houve diferença entre as duas metodologias indicadas nas Regras para Análise de Sementes, ou seja, o tratamento de pré-embebição em água por 16 horas (25°C) foi semelhante estatisticamente ao teste de germinação, considerado o padrão para análise da viabilidade de sementes, sendo então mais eficiente do que a metodologia com pré-embebição das sementes em água por 6h/41°C.

Uma das vantagens do teste de tetrazólio é a rapidez com que ele entrega resultados. Enquanto o teste padrão de germinação pode levar até 7 dias para ser concluído, o teste de tetrazólio permite que a estimativa da viabilidade esteja disponível em menos de 24 horas. Isso faz uma grande diferença, especialmente em operações de recepção e destino de lotes de sementes, onde decisões rápidas são essenciais (França-Neto et al., 2020).

Além de ser rápido, o teste de tetrazólio fornece uma análise mais completa sobre a qualidade da semente. Ao contrário do teste de germinação, que verifica apenas a capacidade de emergência, o tetrazólio permite avaliar o vigor, o potencial de armazenamento e a resistência a danos, como os causados por impacto, insetos e umidade. Esse teste também ajuda a identificar exatamente onde e até que ponto a semente foi danificada, oferecendo uma visão mais detalhada sobre sua qualidade (Marcos Filho, 2005).

Outra vantagem importante é que ele consegue detectar tipos específicos de danos na semente de soja que podem comprometer o desempenho da semente no campo. Assim, identifica danos mecânicos e problemas causados por umidade, que muitas vezes não aparecem em outros testes. Esse detalhe é particularmente útil na soja, onde o processo de colheita e secagem pode gerar esses tipos de danos. Assim, o teste permite uma identificação rápida, evitando o uso de sementes com

baixo potencial fisiológico (Krzyzanowski et al., 2016). Por fim, há uma forte correlação entre os resultados do teste de tetrazólio e o desempenho real das sementes no campo. Estudos mostram que as informações obtidas com o teste refletem com precisão a capacidade de emergência das plantas em condições reais, servindo como um indicativo confiável da viabilidade das sementes para cultivo.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos conclui-se que:

- A embebição das sementes em água a 70°C, por 1 minuto é promissora para detecção do dano mecânico em soja, com eficiência semelhante ao teste de hipoclorito de sódio;
- A metodologia do teste de tetrazólio com pré-embebição das sementes em água por 16h a 25°C, e coloração por 3h a 40°C, foi a mais eficiente.

REFERÊNCIAS

AGNOL, AD.; ROESSING, A.C; LAZZAROTO, J.J.; HIRAKURI, M.H., OLIVEIRA, A.B **O Complexo agroindustrial da soja brasileira**. Londrina. PR: Embrapa Soja, 2007. 10 p. (Embrapa Soja, Circular Técnico 43).

BARROS, A. S. do R.; MARCOS FILHO, J. Testes para avaliação rápida da viabilidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 25, n. 10, p. 1447-1459, 1990.

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. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8.

CALAÇA, Mariana Macedo. **Verificação da qualidade ao longo do processo de beneficiamento de sementes de soja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/18385>. Acesso em: 01 out 2024

CARVALHO, R. F.; SOUZA, M. F.; LIMA, A. C. Tecnologias agrícolas e desenvolvimento no cultivo da soja no Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 2, p. 25-40, 2020.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. **Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach**. Critical Reviews in Plant Sciences, Boca Raton, v. 27, n.5, p. 295-341, 2008

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos – Décimo Segundo Levantamento – Safra 2023/2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 29 set. 2024.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; BORDINGNON, J. R.; KRZYZANOWSK, I F. C.; HENNING, A. A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 23, n. 1, p.140-145, 2001.

D'UTRA, G. Soja. **Jornal do Agricultor**, v. 4, n. 168, p. 185-186, 1882.

FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Danos mecânicos em sementes de soja e seus reflexos na qualidade fisiológica e sanitária. **Informativo Abrates**, v. 14, n. 1, p. 47-54, 1984.

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina : EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 116).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. Qualidade fisiológica da semente de soja e sua relação com o vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 38, n. 1, p. 68-76, 2016.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de tetrazólio em sementes de soja. In: Francisco Carlos Krzyzanowski; Roberval Daiton Vieira; José de Barros França-Neto; Julio Marcos-Filho. (Org.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2ed. Londrina: ABRATES, p.517-578, 2020.

FREITAS, M. S.; FREITAS, S. S.; BORTOLOTTI, R.P. **Água a 70º como método alternativo para avaliação de dano mecânico em sementes de soja**. XXV Seminário interinstitucional. Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, 2020.

GAZZONI, D. L; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 02 de outubro de 2024.

GRACIETTI, Eduardo Fermiano. **Semente de soja certificada e salva: impacto na qualidade fisiológica e produtividade da cultura**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2023.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, v. 24, p. 408-421, 1970.

JACOB, J. L.; PEREIRA, M. G.; CARVALHO, M. L. Efeito do armazenamento e da qualidade das sementes de soja na redução do tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 39, n. 1, p. 29-36, 2017.

KRZYZANOWSKI, A. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, n. 37, 2004.

KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; KASCHUK, G. **Testes de qualidade de sementes**. In: Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção. Editora UFV, p. 123-150, 2016.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; LORINI, I.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A.; OLIVEIRA, M. A. de; MANDARINO, J. M. G.; HIRAKURI, M. H.; BENASSI, V. T. **Determinação da qualidade física dos grãos de soja colhidos na safra 2014/15**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA, 35. Londrina, 2016. Resumos expandidos. Londrina: Embrapa Soja, p. 246-248, 2016.

LEITE, C. A. P.; OLIVEIRA, E. R.; RODRIGUES, D. Uso do teste de tetrazólio na avaliação da viabilidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 42, n. 1, p. 45-52, 2020.

LOPES, M. M.; PRADO, M. O. D.; SADER, R.; BARBOSA, R. M. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e Beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 230-238, 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 659 p

METRING, Luís Marcelo Perusso; FADINI, Natália Eduarda Brito; BARROS, João Pedro Nunes de; MACIEL, Keren Jemima Almeida. **Adequação do teste de hipoclorito de sódio para análise de dano mecânico em sementes de soja**.

Revista da Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva - FAIT, 2023. Disponível em: https://fait.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/ybnLvU38FlnODpv_2023-9-24-11-26-18.pdf. Acesso em: 01/10/2024.

MINSEN, G. A soja. **Revista Agrícola do Rio Grande do Sul**, v. 5, n. 1, p. 2-4, 1901.

OLIVEIRA, M. R.; SANTOS, A. L.; SILVA, T. J. Sensibilidade da semente de soja ao dano mecânico: Uma análise estrutural. **Revista de Ciência Agrônômica**, v. 25, n. 3, p. 55-63, 1999.

OLIVEIRA, P. R.; SANTOS, L. M.; ROCHA, D. M. Impactos econômicos e sociais da expansão da soja no Brasil. **Estudos de Economia Aplicada**, v. 27, n. 3, p. 123-134, 2019.

QUINTAM, C. P. R; ASSUNÇÃO, G. M. Perspectivas e desafios do agronegócio brasileiro frente ao mercado internacional. RECIMA21 - **Revista Científica Multidisciplinar**, v.4, n.7, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i7.3641>. Acesso em: 05 de outubro de 2024.

SILVA, A. L.; FERREIRA, J. P.; GOMES, T. R. Geração de emprego e renda no agronegócio da soja. **Agronegócio em Foco**, v. 33, n. 1, p. 45-58, 2020.

SILVA, J. C. C. **Aplicação do hipoclorito de sódio na nutrição da soja e do feijão**. 2007. 52 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - UNESP, Botucatu.

VERNETTI, F. de J. História e importância da soja no Brasil. **A Lavoura**, v. 81, p. 21-24, 1977.

ZANON, M. A.; FERREIRA, R. J.; RODRIGUES, L. E. A soja como alavanca para o desenvolvimento rural e a segurança alimentar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, n. 1, p. 75-90, 2022.