UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

GUILHERME BUENO

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA:
INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE COLHEITA E DA ROTAÇÃO DE DESCARREGAMENTO

CERRO LARGO
2025

GUILHERME BUENO

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA:
INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE COLHEITA E DA ROTAÇÃO DE DESCARREGAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Zambillo Palma

Coorientadora: Jordana Caroline Nagel

CERRO LARGO

2025

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bueno, Guilherme
QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA: INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE COLHEITA E DA ROTAÇÃO DE DESCARREGAMENTO / Guilherme Bueno. -- 2025.
60 f.:il.

Orientador: Doutor Marcos Antonio Zambillo Palma
Co-orientadora: Doutora Jordana Caroline Nagel
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo,RS, 2025.

I. Palma, Marcos Antonio Zambillo, orient. II. Nagel, Jordana Caroline, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

GUILHERME BUENO

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA:
INFLUÊNCIA DO HORÁRIO DE COLHEITA E DA ROTAÇÃO DE DESCARREGAMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 04/12/2025

BANCA EXAMINADORA

gov.br
Documento assinado digitalmente
MARCOS ANTONIO ZAMBILLO PALMA
Data: 12/12/2025 08:30:25-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Prof. Dr. Marcos Antônio Zambillo Palma – UFFS
Orientador

gov.br
Documento assinado digitalmente
NERISON LUIS POERSCH
Data: 12/12/2025 12:46:05-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Prof. Dr. Nerison Luis Poersch
Avaliador

gov.br
Documento assinado digitalmente
JORDANA CAROLINE NAGEL
Data: 12/12/2025 10:42:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Profª. Drª. Jordana Caroline Nagel
Avaliadora

Dedico este trabalho a todos aqueles que estão ao meu redor, sempre na torcida pelas conquistas da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela presença constante em minha vida, pela sabedoria concedida e pela força necessária para enfrentar cada etapa desta jornada acadêmica. Aos meus pais, pelo apoio incondicional, amor e incentivo contínuo, fundamentais para a concretização deste trabalho e para todas as minhas conquistas até aqui. Ao professor Marcos Palma, orientador, e à professora Jordana Nagel, coorientadora, pela dedicação, paciência e valiosas contribuições que foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo. Aos amigos, que estiveram presentes ao longo da caminhada acadêmica, oferecendo apoio, companheirismo e incentivo, cada um sabendo a importância que teve nesta trajetória. Aos familiares, em especial à minha prima Kauani, pelo incentivo, compreensão e auxílio em todos os momentos, especialmente durante os períodos de maior esforço e dedicação. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos.

“A vida é uma jornada, ela não leva a um destino exatamente, mas a uma transformação” – Filme para salvar uma vida

RESUMO

A qualidade das sementes de soja está diretamente ligada à forma como a colheita é conduzida, já que práticas inadequadas nessa etapa podem comprometer características fisiológicas essenciais para o bom desempenho da cultura. Neste estudo, avaliou-se a influência do horário de colheita e da rotação de descarregamento da colhedora sobre a qualidade das sementes, em experimento realizado em Boa Vista do Cadeado, RS, utilizando colhedora axial modelo S660, nos horários de 10h, 14h e 18h, com baixa e alta rotação. Os resultados mostraram que, embora o dano mecânico imediato não tenha apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, houve clara influência das condições operacionais sobre as variáveis avaliadas, especialmente viabilidade, vigor, germinação, umidade e impurezas. As colheitas realizadas no período da tarde, principalmente às 14h e 18h, apresentaram melhor desempenho fisiológico, enquanto o horário das 10h mostrou resultados inferiores, associados também a maior teor de impurezas. Além disso, a baixa rotação de descarregamento proporcionou melhores respostas em comparação à alta rotação, evidenciando que operações mais suaves contribuem para reduzir impactos mecânicos e preservar a integridade das sementes. Dessa forma, conclui-se que a combinação entre colheita no período da tarde e uso de baixa rotação no descarregamento representa uma estratégia eficiente para manter a qualidade fisiológica das sementes e garantir maior segurança no estabelecimento da lavoura.

Palavras-chave: Viabilidade; Impacto; Dano mecânico; Colhedora;

ABSTRACT

The quality of soybean seeds is closely linked to the way harvesting is carried out, since inadequate practices at this stage can compromise essential physiological characteristics for proper crop performance. In this study, the influence of harvesting time and the unloading rotation speed of the harvester on seed quality was evaluated in an experiment conducted in Boa Vista do Cadeado, RS, using an axial harvester model S660 at 10:00 a.m., 2:00 p.m., and 6:00 p.m., under low and high rotation conditions. The results showed that, although immediate mechanical damage did not present significant differences among treatments, there was a clear influence of operational conditions on the evaluated variables, especially viability, vigor, germination, moisture content, and impururities. Harvests carried out in the afternoon, particularly at 2:00 p.m. and 6:00 p.m., showed better physiological performance, while the 10:00 a.m. harvest presented inferior results, also associated with higher impurity levels. Furthermore, low unloading rotation provided better responses compared to high rotation, demonstrating that gentler operations help reduce mechanical impacts and preserve seed integrity. Therefore, it is concluded that the combination of afternoon harvesting and low unloading rotation represents an efficient strategy to maintain the physiological quality of seeds and ensure greater reliability in crop establishment.

Keywords: Viability; Impact; Mechanical damage; Harvester;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Morfologia interna de uma semente de soja com microfissuras (indicadas pelas setas de cor laranja) no tegumento.....21

Figura 2: Semente de soja submetida à solução de tetrazólio com dano mecânico latente visível.....22

Figura 3: Variação do teor de umidade em sementes de soja durante ciclos de umedecimento e secagem.....24

Figura 4: Espécies de percevejos associadas à cultura da soja: *Euschistus heros*, *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii*.....25

Figura 5: Ilustração do sistema de trilha radial.....27

Figura 6: Ilustração sistema de trilha axial John Deere Série S.....28

Figura 7: Sementes submetidas à análise de dano mecânico imediato.....29

Figura 8: Imagem aérea do local do experimento.....31

Figura 9: Colhedora John Deere, modelo S660.....32

Figura 10: Rolo alimentador para plataforma draper.....32

Figura 11: Módulo de alimentação para o sistema de trilha axial.....33

Figura 12: Termo higrômetro digital utilizado nas coletas.....34

Figura 13: Medidor de umidade de grãos Motomco.....34

Figura 14: Selecionador de impurezas digital Mediza.....35

Figura 15: Sementes de soja embebidas na solução de tetrazólio em B.O.D.....37

Figura 16: Sementes de soja 4 dias após aplicação em papel germitest.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de variância do dano mecânico imediato de sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.....39

Tabela 2: Médias de dano mecânico imediato em função do horário de colheita.....40

Tabela 3: Médias da viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.....42

Tabela 4: Médias da viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....42

Tabela 5: Médias da classificação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.....44

Tabela 6: Médias de classificação das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....45

Tabela 7: Análise de variância do vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.....46

Tabela 8: Médias de vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.....47

Tabela 9: Médias de vigor das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....47

Tabela 10: Média de vigor das mentes de soja obtidas pela interação dos fatores.....48

Tabela 11: Análise de variância da germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.....49

Tabela 12: Médias de germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.....50

Tabela 13: Médias de germinação das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....50

Tabela 14: Análise de variância das impurezas das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.....51

Tabela 15: Médias de impurezas presentes nas sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....52
Tabela 16: Médias de impurezas presentes nas sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....52
Tabela 17: Análise de variância da umidade nas sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.....53
Tabela 18: Médias de umidade nas sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.....53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B.O.D. – Câmara de demanda bioquímica de oxigênio

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CV – Coeficiente de variação

DIC – Delineamento Inteiramente Casualizado

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

RAS – Regras para Análise de Sementes

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **16**
1 OBJETIVOS **18**
1.1 OBJETIVO GERAL 18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **19**
2.1 A SOJA 19
2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE SOJA 20
2.2.1 Dano mecânico imediato **20**
2.2.2 Dano mecânico latente **22**
2.2.3 Umidade **23**
2.2.4 Ataque de pragas **24**
2.2.5 Doenças **25**
2.3 COLHEITA MECANIZADA 26
2.3.1 Sistemas de trilha radial **26**
2.3.2 Sistemas de trilha axial **27**
2.4 TESTE DE QUALIDADE DAS SEMENTES 28
2.4.1 Teste de hipoclorito de sódio **28**
2.4.2 Teste de tetrazólio **29**
3 MATERIAL E MÉTODOS **31**
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO 31
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL 31
3.3 COLHEITA 31
3.4 AVALIAÇÕES 33
3.4.1 Umidade relativa do ar e temperatura **33**
3.4.2 Umidade das sementes **34**
3.4.3 Impureza das sementes **35**
3.4.4 Teste de hipoclorito de sódio **35**
3.4.5 Teste de viabilidade e dano latente **36**
3.4.6 Teste de germinação e vigor **37**
3.4.7 Análise estatística **38**
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO **39**

4.1 DANO MECÂNICO IMEDIATO 39
4.1.1 Dano mecânico imediato obtidas em diferentes horários de colheita ..... Erro! Indicador não definido.
4.1.2 Dano mecânico imediato em função da baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro..... Erro! Indicador não definido.
4.2 VIABILIDADE DAS SEMENTES DE SOJA.....40
4.2.1 Viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita 40
4.2.2 Viabilidade das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro.....41
4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS SEMENTES DE SOJA 42
4.3.1 Classificação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita 42
4.3.2 Classificação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro 43
4.4 VIGOR DAS SEMENTES DE SOJA 45
4.4.1 Vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita. 45
4.4.2 Vigor das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro.....46
4.4.3 Interação entre o horário de colheita e rotação de descarregamento do tanque graneleiro.....46
4.5 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE SOJA 48
4.5.1 Germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita 48
4.5.2 Germinação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro 49
4.6 IMPUREZAS.....50
4.6.1 Impureza das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita 50
4.6.2 Germinação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro 51
4.7 UMIDADE DOS GRÃOS.....51

4.7.1 Umidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita 52
4.7.2 Germinação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro . Erro! Indicador não definido.
5 CONCLUSÃO 54
REFERÊNCIAS 55

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma cultura importante na agricultura brasileira figurando entre os principais produtos de exportação do país (Costa *et al*., 2001; Gurgacz *et al*., 2019). A produção de sementes com alta qualidade é um pilar fundamental para manter a alta produtividade das culturas, demanda cuidados rigorosos durante todo o processo de produção. Nesse contexto, a fase de colheita é particularmente crítica, uma vez que erros operacionais podem comprometer significativamente a qualidade fisiológica das sementes (Costa *et al*., 2001; Gurgacz *et al*., 2019).

Cabe ressaltar que a produção de sementes de soja exige um sistema altamente especializado, que se diferencia da produção de grãos por exigir maiores cuidados em todas as etapas (França-Neto; Krzyzanowski, 2018). O principal objetivo é fornecer sementes com alta capacidade germinativa, vitalidade e sanidade, garantindo assim estabelecimento adequado da cultura na safra seguinte (França-Neto; Krzyzanowski, 2018).

Durante o processo de colheita, as sementes são expostas a danos mecânicos devido à pressão, choques e atritos no sistema de trilha, no transporte interno e nas correias transportadoras internas ou helicoides das colhedoras. Esses estresses, agravados por regulagens inadequadas ou operação em condições ambientais adversas, levam a danos mecânicos imediatos, como rachaduras no tegumento e danos estruturais nas células embrionárias (Krzyzanowski, França-Neto e Costa, 2004; Oliveira *et al*., 2017). Os danos latentes são mais sutis e não são visíveis a olho nu imediatamente após a colheita, mas comprometem a integridade fisiológica da semente durante o armazenamento e a germinação, prejudicando a emergência e o vigor das plantas (França-Neto e Krzyzanowski, 2018).

Para a identificação desses danos, Krzyzanowski e França-Neto (2017) recomendam exames laboratoriais específicos. O teste de hipoclorito de sódio, por exemplo, é um método rápido e eficaz para detectar microfissuras no tegumento, as quais podem facilitar a entrada de patógenos, acelerar a deterioração e reduzir o poder germinativo. Na metodologia proposta, as sementes são imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,13% por 10 a 15 minutos; o dano torna-se visível quando o tegumento se desprende totalmente da semente (Krzyzanowski e França-Neto, 2017). Já o teste de tetrazólio é considerado um dos mais completos para o diagnóstico da

qualidade fisiológica, permitindo avaliar a viabilidade e o vigor das sementes com base na atividade de enzimas respiratórias que reduzem o sal de tetrazólio, formazano, de coloração vermelha. Este método também possibilita identificar a natureza e a localização de danos nos tecidos do embrião (França-Neto e Krzyzanowski, 2018).

Além dos fatores intrínsecos à colhedora, variáveis ambientais relacionadas ao horário de colheita também influenciam a incidência de danos. Ao longo do dia, flutuações de temperatura e umidade relativa alteram o teor de umidade da semente (Nespolo *et al*., 2019; Oliveira *et al*., 2017). Durante os períodos de maior umidade relativa, as sementes tendem a apresentar maior teor de umidade e, portanto, são menos suscetíveis a rachaduras, à tarde, quando a umidade é menor e as temperaturas mais altas, as sementes são mais sensíveis a choques (Nespolo *et al*., 2019; Oliveira *et al*., 2017).

Portanto, pressupõe-se que os diferentes horários de colheita e as distintas rotações de descarregamento do tanque graneleiro resultarão em diferenças significativas na qualidade fisiológica das sementes, as quais serão detectadas pelas análises estatísticas. Compreender o comportamento fisiológico das sementes sob diferentes condições de colheita e operacionais é essencial para minimizar danos, otimizar a utilização do material colhido como semente e reduzir perdas econômicas.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade fisiológica de sementes de soja obtidas em diferentes horários de operação de colheita com descarregamento do tanque graneleiro em alta (descarregamento concomitante com a colheita) e baixa rotação.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Determinar os danos mecânicos imediatos e latentes causados às sementes de soja em diferentes horários de colheita e rotação de descarregamento.

b) Estimar vigor e viabilidade das sementes obtidas em diferentes horários de colheita e rotação de descarregamento.

c) Comparar se o descarregamento em alta rotação ao em baixa rotação diminui a qualidade fisiológica das sementes de soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A SOJA

Segundo a Embrapa (2020), a soja (*Glycine max*) está entre as culturas agrícolas mais importantes do mundo e é cultivada para uma variedade de fins, incluindo a produção de óleo, proteína e insumos industriais, é uma planta pertencente à família Fabaceae e apresenta alto teor de proteína e óleo, o que a torna um alimento estratégico para o consumo humano e animal. Além disso, o seu ciclo curto e a capacidade de fixação biológica de nitrogênio favorecem a sua integração em sistemas de produção sustentáveis.

Os avanços tecnológicos, aliados aos investimentos em pesquisa agropecuária, conduzidos principalmente por instituições como a Embrapa, contribuíram significativamente para a adaptação da soja em diferentes regiões, especialmente no Cerrado brasileiro. Segundo Nogueira *et al*. (2021), a soja transformou o cenário agrícola do país e impulsionou o desenvolvimento econômico de regiões antes pouco exploradas, como o Centro-Oeste, que hoje lidera a produção nacional. A safra 2022/2023, por exemplo, registrou uma produção superior a 150 milhões de toneladas, com destaque para os estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (CONAB, 2023).

A produtividade das culturas depende diretamente de diversos fatores, como clima, solo, manejo agronômico e resistência a pragas e doenças. Seixas *et al*. (2017) consideram práticas como rotação de culturas, uso de variedades adaptadas e manejo integrado de pragas essenciais para garantir alta produtividade e a sustentabilidade do sistema.

De acordo com a Embrapa (2020), as condições climáticas ideais para o desenvolvimento da soja incluem temperaturas médias entre 20°C e 30°C e, idealmente, com precipitação pluvial entre 450 e 800 mm, bem distribuída ao longo de seu ciclo. Dessa forma, a escolha da época de semeadura correta e da variedade mais adequada para a região é crucial para o sucesso da colheita.

O solo ideal para o cultivo da soja deve ser bem drenado, profundo e fértil. Corrigir a acidez e adubar de acordo com a análise do solo são medidas essenciais, a planta responde bem à fertilização fosfatada e à inoculação com rizóbios eficientes, que garantem a fixação biológica do nitrogênio (Novais *et al*., 2007).

Por fim, o desenvolvimento genético constitui um dos pilares mais importantes para o crescimento da produtividade da soja, variedades transgênicas com resistência a herbicidas e insetos têm contribuído para um manejo mais eficiente (CONAB, 2023).

2.2 FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE SOJA

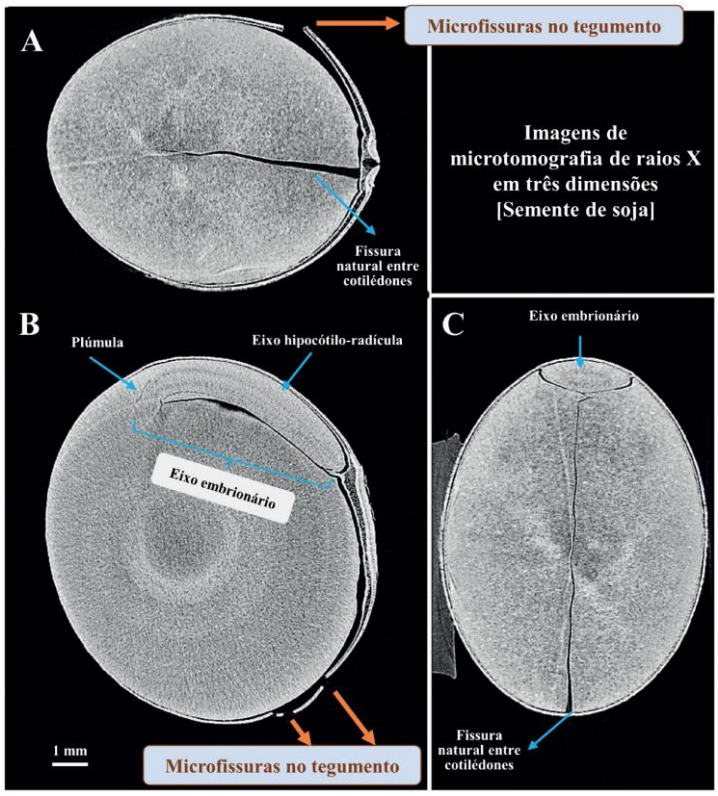
A qualidade fisiológica das sementes de soja pode ser comprometida por diversos fatores, desde o campo até o armazenamento, que afetam diretamente o potencial germinativo e vigor. Dentre os fatores mais relevantes, destacam-se os danos mecânicos durante a colheita, as oscilações de umidade, a infestação por pragas e a incidência de doenças (Marcos-Filho, 2015). Segundo França-Neto *et al*. (2016), práticas inadequadas de colheita, como operar colhedoras em altas velocidades ou sob umidade distinta, aumentam a incidência de danos físicos e aceleram a deterioração das sementes. Além disso, os autores afirmam que problemas relacionados à umidade e a ataques de insetos ainda no desenvolvimento das vagens podem prejudicar diretamente o tecido embrionário, reduzindo, consequentemente, o potencial de germinação e o desempenho em campo.

2.2.1 Dano mecânico imediato

Danos mecânicos imediatos são um dos principais fatores que afetam a qualidade fisiológica da soja. Essas injúrias são geradas principalmente durante a operação de colheita e o processamento, visto que esses danos são causados por impactos, atritos e quedas que danificam o tegumento e atingem o embrião (Marcos-Filho, 2015). Segundo Vendramin (2015), esses danos são agravados pela colheita de sementes fora da faixa ideal de umidade, o que prejudica, significativamente, a germinação e o vigor das sementes.

Os danos mecânicos imediatos caracterizam-se por serem visíveis logo após a colheita, manifestando-se principalmente por trincas, rachaduras ou quebras no tegumento (Figura 1), além de lesões diretas no embrião. Essas injúrias comprometem instantaneamente a integridade física da semente, resultando em redução da germinação e do vigor, uma vez que afetam estruturas essenciais ao desenvolvimento inicial da plântula.

Figura 1: Morfologia interna de uma semente de soja com microfissuras (indicadas pelas setas de cor laranja) no tegumento.



Fonte: Krzyzanowski, F. C*. et al*. (2023).

De acordo com Marcos-Filho (2015), sementes de soja submetidas a impactos intensos durante trilha e transporte apresentam maior incidência de plântulas anormais e menor desempenho em testes de emergência.

A intensidade do dano mecânico imediato está fortemente relacionada tanto às regulagens das colhedoras quanto às condições fisiológicas das sementes no momento da colheita. Sementes mais secas tornam-se frágeis e suscetíveis à quebra, enquanto sementes com umidade elevada sofrem maior deformação dos tecidos internos quando submetidas a impactos. Esse desequilíbrio favorece perdas expressivas na qualidade do lote, especialmente quando aliados a sistemas de colheita mal regulados ou fluxos excessivos de material nas esteiras e elevadores (Carvalho e Nakagawa, 2012; Vendramin, 2015). Além disso, esses danos também facilitam a entrada de patógenos, intensificando processos de deterioração e reduzindo o potencial de armazenamento das sementes (Peske *et al.,* 2019).

2.2.2 Dano mecânico latente

Os danos mecânicos latentes caracterizam-se por não serem imediatamente visíveis após a colheita, manifestando-se posteriormente após a colheita, durante o armazenamento. Segundo França-Neto *et al*. (2016), sementes colhidas com umidade insuficiente são mais suscetíveis a microfissuras internas, que evoluem para lesões mais graves com o tempo e também servem como porta de entrada para fungos e bactérias. Quando uma semente é colhida com teor de umidade abaixo do normal, ela se torna mais vulnerável a microfissuras internas que não se manifestam de imediato. Essas fissuras surgem porque a semente, endurecida ou seca demais, não possui flexibilidade para absorver impactos durante colheita, beneficiamento ou transporte, e essa energia gera rupturas internas nos tecidos sem, necessariamente, romper o tegumento visivelmente. Com o tempo, durante o armazenamento, essas microfissuras progridem lentamente, comprometendo o vigor da semente e abrindo caminho para a ação de fungos, bactérias ou outros agentes de deterioração (Konopatzki *et al*., 2019; Nadimi *et al*., 2023).

O fato de que o dano não aparece logo após a colheita torna esse tipo de injúria especialmente traiçoeira: o lote pode parecer perfeito, mas internamente já estar “machucado”. Durante o armazenamento, essas fissuras pouco visíveis servem como porta de entrada para microrganismos ou alteram o equilíbrio fisiológico da semente, acelerando a perda de germinação e vigor (Scariot et al., 2020; Silva Cavalcanti et al., 2024). Conforme podemos ver na figura 2, a semente apresenta microfissura na parte externa do cotilédone, representando um dano mecânico latente.

Figura 2: Semente de soja submetida à solução de tetrazólio com dano mecânico latente visível.



Fonte: França-Neto e Krzyzanowski (2022).

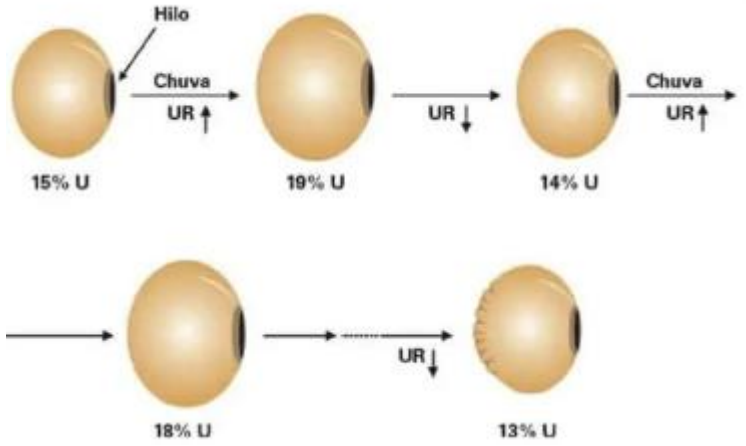
2.2.3 Umidade

A umidade da semente no momento da colheita e durante o armazenamento exerce papel determinante na qualidade fisiológica das sementes de soja. Quando as sementes permanecem com teor de água elevado ou sofrem variações bruscas de umidade, verifica-se maior propensão à deterioração metabólica e à redução de vigor, pois a alta umidade favorece a intensificação da respiração, a degradação das membranas celulares e o avanço do processo de envelhecimento fisiológico (Dias et al., 2018). Além disso, condições de umidade inadequadas no campo e no pós-colheita estão associadas à maior atividade de microrganismos e ao comprometimento da viabilidade das sementes (Wijewardana et al., 2019).

Por outro lado, teores de umidade excessivamente baixos também podem afetar negativamente a qualidade fisiológica, principalmente quando as sementes passam por tratamentos químicos ou aplicação de caldas líquidas. Dias et al. (2018) observaram que lotes com 7,2% de umidade apresentaram redução no vigor após tratamento, enquanto sementes com 13,0% mantiveram melhor desempenho fisiológico. De forma complementar, Wijewardana et al. (2019) destacam que o equilíbrio hídrico da semente é fundamental para preservar sua integridade estrutural e funcional, sendo a manutenção da umidade em níveis adequados essencial para garantir germinação uniforme e maior capacidade de armazenamento.

Conforme apontam França-Neto, Costa e Mesquita (2016), a ocorrência de precipitação pluvial no final do ciclo da soja contribui para um processo de hidratação e desidratação sucessivas que provoca danos estruturais na semente (Figura 3). Além disso, Pinheiro (2019), demostrou que essa deterioração induzida pela umidade pode levar a uma diminuição significativa na taxa de germinação e, portanto, afetar a viabilidade do lote de sementes.

Figura 3: Variação do teor de umidade em sementes de soja durante ciclos de umedecimento e secagem.



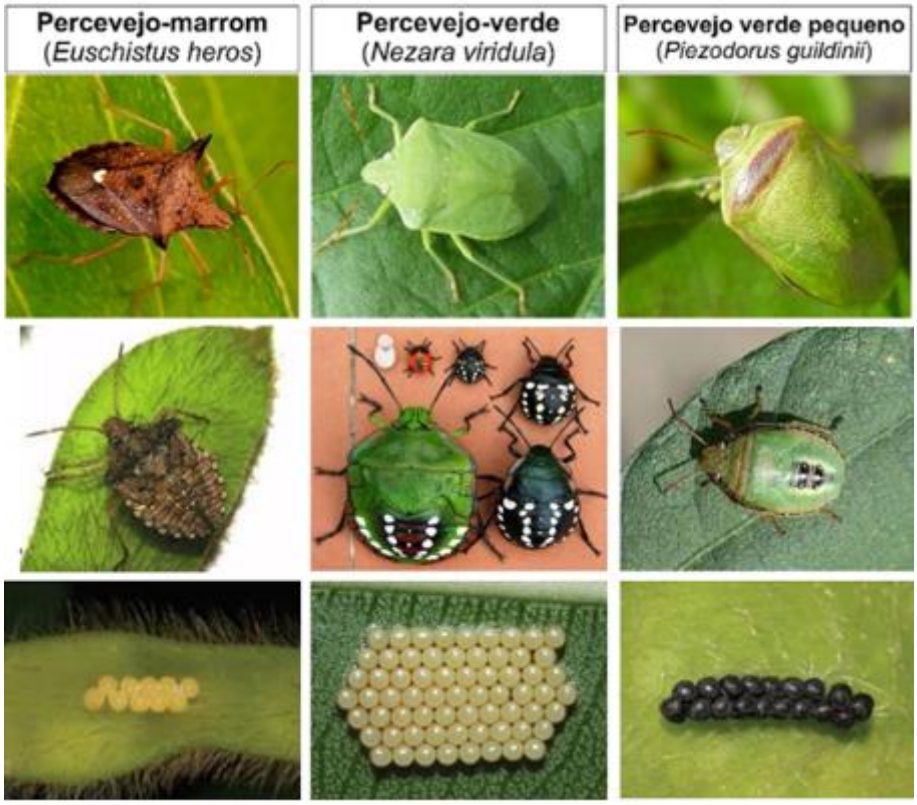
Fonte: Adaptado com base em Embrapa (2007).

2.2.4 Ataque de pragas

O ataque de percevejos é um dos fatores que mais compromete a qualidade das sementes de soja no campo, principalmente durante as fases de enchimento de grãos e maturação. Espécies como *Euschistus heros*, *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii* alimentam-se diretamente das sementes ainda em formação, perfurando o tegumento e injetando enzimas digestivas que provocam lesões internas. Esse processo resulta em sementes deformadas, enrugadas e com danos no embrião, o que reflete diretamente na redução da germinação e do vigor das plântulas (Panizzi, 2013; Corrêa-Ferreira e Azevedo, 2019).

Mesmo quando o dano não é facilmente percebido na aparência externa da semente, seus efeitos tornam-se evidentes com o tempo, especialmente durante o armazenamento e a semeadura. Sementes atingidas por percevejos tendem a apresentar menor capacidade de emergência e maior ocorrência de plântulas anormais, além de se tornarem mais suscetíveis à ação de patógenos. Segundo Bueno *et al*. (2020), infestações intensas nesse período crítico da cultura comprometem não apenas a produtividade, mas também a qualidade fisiológica do lote, reforçando a importância do monitoramento constante e do manejo adequado dessas pragas no campo.

Figura 4: Espécies de percevejos associadas à cultura da soja: Euschistus heros, Nezara viridula e Piezodorus guildinii.



Fonte: Adaptado de Embrapa Soja

2.2.5 Doenças

As doenças que atingem a cultura da soja exercem papel importante na redução da qualidade das sementes, especialmente quando a infecção ocorre nas fases finais do ciclo, durante o enchimento de grãos e a maturação. Patógenos como *Phomopsis* spp., *Cercospora kikuchii* e *Colletotrichum truncatum* comprometem a integridade do tegumento e das estruturas internas da semente, provocando manchas, descoloração, enrugamento e redução do peso. Esses danos refletem diretamente na capacidade de germinação e no vigor das sementes, uma vez que afetam tecidos essenciais ao desenvolvimento inicial da plântula, mesmo quando os sintomas externos não são tão evidentes (Marcos-Filho, 2015; Henning et al., 2016).

Além do impacto fisiológico imediato, a presença de patógenos nas sementes favorece a deterioração durante o armazenamento, principalmente quando associada a condições inadequadas de temperatura e umidade. Sementes infectadas tendem a apresentar maior incidência de plântulas fracas ou anormais, menor emergência em campo e maior suscetibilidade a outros agentes deterioradores. Segundo Henning et

al. (2016), a transmissão de doenças via semente constitui uma das principais vias de disseminação de patógenos na cultura da soja, tornando indispensável a adoção de práticas preventivas como o uso de sementes certificadas, tratamento de sementes e manejo fitossanitário adequado ao longo do ciclo da cultura.

2.3 COLHEITA MECANIZADA

A colheita pode ser reconhecida como a fase crítica no processo de produção de sementes de soja de alta qualidade, tendo o dano mecânico como um dos fatores limitantes. Durante a operação, os mecanismos de trilha das colhedoras apresentam a principal causa de danos às sementes. Na etapa de beneficiamento dessa semente, pode ocorrer perdas por esse mesmo problema, justamente quando se utiliza máquinas inadequadas ou mal ajustadas (Krzyzanowskin *et al*., 2004).

O ponto ideal de colheita é alcançado quando a cultura atinge o estádio R8, iniciando assim a operação, com a finalidade de evitar perdas na qualidade do produto, como grãos verdes presentes ou umidade superior a 18%, fatores que podem resultar em perdas significativas se tratando de uma importante etapa (Gurgacz *et al*., 2019). Recomenda-se que a colheita das sementes de soja seja realizada quando o teor de umidade estiver entre 12,0% e 14,0%, faixa considerada ideal para minimizar danos mecânicos e preservar tanto a viabilidade quanto o vigor das sementes (Daltro *et al*., 2010; França-Neto *et al*., 2007).

Oliveira *et al*. (2017), apontam a perda da qualidade fisiológica das sementes tem como principais causas a colhedora mal regulada, a falta de treinamento dos operadores e a realização da colheita no momento inadequado. Tais fatores, influenciam diretamente sobre o seu valor e comportamento no pós-colheita, bem como no momento da semeadura e estabelecimento do estande.

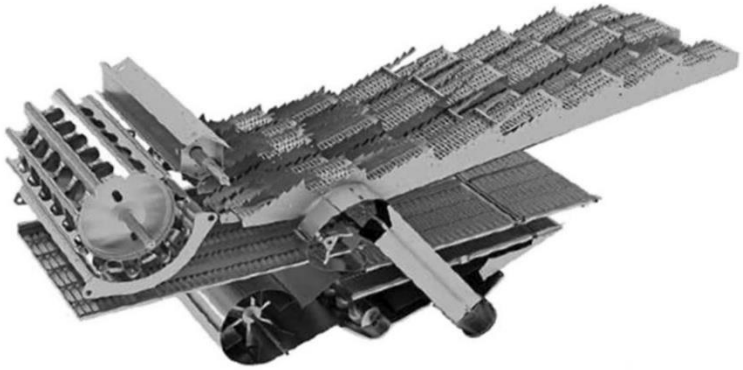
Desta forma, na operação de colheita os danos mecânicos na semente estarão presentes, sendo causados pela ação do sistema de trilha que gera compressão, atrito e impactos (Nespolo *et al*., 2019).

2.3.1 Sistemas de trilha radial

O sistema de trilha radial conforme a figura 5, é disposto por cilindro e côncavo dispostos de forma transversal à colhedora (Marcondes *et al*., 2005 apud Cunha, 2009). Segundo Mantoni (2020), o sistema de trilha radial, por si só, não realiza a separação do material colhido, essa função geralmente é realizada por um mecanismo

secundário, independente do sistema principal da colhedora. Durante a operação, o material colhido flui perpendicularmente ao eixo do cilindro e é submetido ao processo de trilha devido ao atrito e ao impacto causados pela ação simultânea do cilindro de barras e dos dentes. Para que a trilha ocorra de forma eficiente e minimize perdas ou danos às sementes, é necessário realizar ajustes na velocidade de rotação do cilindro e na distância entre o cilindro e o côncavo.

Figura 5: Ilustração do sistema de trilha radial.



Fonte: Harvesto, 2017.

2.3.2 Sistemas de trilha axial

Em um sistema de debulha axial (Figura 6), o material se move longitudinalmente em direção ao rotor, e o tempo de contato entre a colheita e o sistema de debulha é maior. Esse deslocamento paralelo ao eixo do rotor permite uma separação de grãos mais eficiente, com menos danos mecânicos e perdas, além de melhor desempenho em condições de alta umidade ou grande quantidade de palha. A estrutura helicoidal do rotor facilita o transporte contínuo do material, resultando em uma debulha mais suave e gradual em comparação aos sistemas tangenciais (Cunha *et al*., 2009).

Figura 6: Ilustração sistema de trilha axial John Deere Série S.



Fonte: Revista cultivar, 2015.

2.4 TESTE DE QUALIDADE DAS SEMENTES

2.4.1 Teste de hipoclorito de sódio

O teste de hipoclorito de sódio é utilizado para detectar de forma rápida e eficiente danos mecânicos não visíveis em sementes de soja, que se manifestam principalmente como microfissuras no tegumento. Esse método baseia-se na hidratação controlada das sementes em solução salina, o que confere maior precisão e reprodutibilidade dos resultados em comparação com o uso de água pura, uma vez que o teor de proteínas, o qual influencia a absorção de água, pode variar conforme a cultivar, a região de produção e o manejo nutricional (. O teste permite a identificação de danos que comprometem as funções naturais do tegumento conforme nos mostra a figura 7, estrutura essencial para a regulação da embebição, troca gasosa e proteção contra agentes patogênicos, com impacto direto na viabilidade e no vigor das sementes (Krzyzanowski e França-Neto, 2017).

Após realizar a avaliação das sementes embebidas na solução, um percentual de danos superior a 10% nas sementes avaliadas após a imersão na solução indica a necessidade de ajustes na colhedora, nos sistemas de transporte e na unidade de beneficiamento, visando à redução dos índices de injúrias mecânicas (Krzyzanowski *et al*., 2004).

Figura 7: Sementes submetidas à análise de dano mecânico imediato.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

2.4.2 Teste de tetrazólio

Segundo França-Neto e Krzyzanowski (2018), o teste de tetrazólio destaca-se entre os métodos de controle de qualidade implantado pela indústria de sementes no Brasil, especialmente na soja, por sua agilidade, precisão e amplitude de informações que fornece. Além de avaliar vigor e a viabilidade das sementes, este teste indica possíveis causas de redução da qualidade como danos mecânicos, injúrias por umidade e ataques de percevejos, adversidades que frequentemente comprometem a qualidade fisiológica da semente (França-Neto e Krzyzanowski, 2018).

Segundo Borges (2018), o teste de tetrazólio pode ser aplicado em vários estágios do sistema de produção de sementes, desde pré-colheita até o armazenamento, para fins de controle de qualidade. Essa metodologia tem sido empregada com sucesso mesmo antes da colheita, quando as plantas são coletadas de campos de produção, cerca de um ou dois dias antes da colheita, por meio da trilha manual das sementes. Por meio dessa avaliação, é possível determinar os níveis de vitalidade, viabilidade e deterioração causada por umidade ou por danos de percevejos, sendo os resultados determinantes para definir se a área apresenta

qualidade suficiente para ser destinada à produção de sementes ou de grãos. (Borges, 2018).

De uma forma indireta, o teste define a atividade respiratória nas células que integram os tecidos, baseado na atividade das enzimas desidrogenases que durante a glicólise e o ciclo de Krebs, impulsionam as reações respiratórias nas mitocôndrias. Sendo assim, quando a semente é embebida na solução, o cloreto de tetrazólio (2,3,5-trifeniltetrazólio) irá penetrar nas células da semente e apresentando uma coloração rosada escura nos mostra que está tendo uma atividade respiratória e metabólica normal, facilitando a penetração da solução na semente (França-Neto e Krzyzanowski, 2018). A metodologia envolve etapas detalhadas como o pré-condicionamento das sementes para ativação do metabolismo respiratório, a coloração controlada com solução de tetrazólio em ambiente escuro, e a avaliação cuidadosa das sementes selecionadas. Para obter resultados confiáveis, é essencial que o analista possua conhecimento anatômico da semente, além de experiência na identificação de diferentes tipos de danos (França-Neto e Krzyzanowski, 2018).

Portanto, o teste de tetrazólio, quando corretamente conduzido, é uma ferramenta imprescindível para o controle de qualidade de sementes de soja, possibilitando ações corretivas na produção e garantindo a entrega de sementes de alto desempenho ao produtor rural.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no município de Boa Vista do Cadeado, RS, em abril de 2025, em uma área de 106,4 hectares cultivada com a cultivar de soja NEO600 I2x, destinada à produção de sementes. A área experimental localiza-se nas coordenadas 28º36’39,30” S e 53º44’14,07” W.

A área está inserida no Planalto Médio do Rio Grande do Sul, com relevo suavemente ondulado e solo classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, de textura argilosa. O sistema de manejo adotado é o de semeadura direta, consolidado ao longo dos anos, com a soja cultivada em sucessão ao trigo.

Trata-se de uma área pertencente a produtor de sementes certificadas, conduzida conforme as normas específicas para esse tipo de produção. Dessa forma, o manejo fitossanitário foi realizado de maneira criteriosa, com monitoramento constante e intervenções apenas quando necessárias, visando manter a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

No momento da colheita foram aplicados 3 horários de colheita - T1 – 10 horas, T2 – 14 horas e T3 – 18 horas e 2 rotações de descarregamento - descarga em alta rotação e descarga em baixa rotação (esquema fatorial 3x2), feito 4 repetições para cada tratamento e fator, contabilizando 24 unidades experimentais. Para cada tratamento e fator foi feita a operação até o enchimento total do tanque de grãos e no momento do descarregamento as amostras foram coletadas no início, meio e final da descarga.

3.3 COLHEITA

Para a operação de colheita, foi utilizado uma colhedora axial John Deere, modelo S660 (Figura 9), equipada com plataforma de corte de 35 pés (modelo 735FD), e sistema de otimização de colheita Harverst Smart®. A colhedora também recebeu a modificação do módulo alimentador (Figura 11) e rolo alimentador para plataforma draper (Figura 10), projeto desenvolvido para aumentar a qualidade e a eficiência da operação.

Figura 8: Colhedora John Deere, modelo S660.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Figura 9: Rolo alimentador para plataforma draper.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A adoção do módulo alimentador Versatile nas colhedoras de grãos tem proporcionado benefícios significativos no desempenho das operações agrícolas, tendo uma alimentação uniforme e contínua da massa colhida, que evita trancos, vibrações e o risco de entupimento, mesmo em condições adversas de solo. Além disso, o sistema contribui para a diminuição da quebra de grãos, direciona eficientemente materiais estranhos para a caixa de pedras e reduz os custos de

manutenção ao eliminar o acúmulo de impurezas e minimizar o desgaste dos componentes internos (Coxilha Agrícola, 2024).

Figura 10: Módulo de alimentação para o sistema de trilha axial.



Fonte: Coxilha agrícola, 2024.

A colhedora é equipada com motor de potência nominal de 325cv, tanque de grãos com capacidade de 10.570 litros e vazão de descarga de 116L/s.

3.4 AVALIAÇÕES

3.4.1 Umidade relativa do ar e temperatura

A umidade relativa do ar e a temperatura foram avaliadas durante a amostragem, nos momentos de descarga da colhedora, com o auxílio de um termo-higrômetro digital ITLOG90 nos momentos de coleta das amostras ao decorrer do dia, conforme a Figura 12.

Figura 12: Termo higrômetro digital utilizado nas coletas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.4.2 Umidade das sementes

Para a determinação do teor de água das sementes, utilizou-se um medidor de umidade de grãos Motomco, modelo 999 ESI (Figura 13) para a avaliação de cada amostra coletada.

Figura 13: Medidor de umidade de grãos Motomco.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.4.3 Impureza das sementes

A quantificação de impurezas foi realizada com base na metodologia das Regras para Análise de Sementes (RAS). Para isso, uma quantidade de 500 g de sementes de cada amostra foi processada em um selecionador de impurezas digital Mediza, modelo MDA 2000 mostrado na figura 14, equipado com peneiras de orifícios arredondados de 5 mm. Após o ciclo completo de separação, as impurezas foram coletadas e pesadas para cálculo do percentual de impurezas.

Figura 14: Selecionador de impurezas digital Mediza.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.4.4 Teste de hipoclorito de sódio

As avaliações de dano mecânico imediato foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo – RS, seguindo a metodologia proposta por Krzyzanowski et al. (2023). As sementes utilizadas no ensaio foram retiradas de amostras de 1,8kg, sendo separadas 200 sementes para cada tratamento e fator avaliado, as quais foram divididas em quatro repetições de 50 sementes cada. Para a condução do teste, as sementes foram acondicionadas em béqueres, onde foram submetidas à embebição em solução de hipoclorito de sódio a 0,13% de concentração (obtida a partir da diluição de 25ml da solução estoque a 5,25% em 975ml de água destilada). Após um período de 10

minutos, a solução foi escoada e as sementes foram dispostas sobre papel-toalha para a avaliação.

A análise consistiu na separação e contagem das sementes intumescidas, indicando a presença de microfissuras no tegumento. Considera-se que lotes com percentual superior a 10% de sementes com microfissuras apresentam alto índice de dano mecânico, o que aponta a necessidade de ajustes no sistema de trilha da colhedora.

3.4.5 Teste de viabilidade e dano latente

As avaliações de qualidade fisiológica foram realizadas no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo – RS, seguindo a metodologia recomendada por Krzyzanowski e França-Neto (2018).

As sementes utilizadas foram retiradas de amostras de 1,8kg, sendo selecionadas apenas aquelas isentas de danos visuais. Para cada tratamento e fator avaliado, utilizaram-se 200 sementes, divididas em quatro repetições de 50 sementes cada. Inicialmente, as sementes foram embebidas em folhas de papel germitest, previamente umedecidas com água destilada, na proporção de 2,5 vezes o peso do substrato. Em seguida, os rolos de papel contendo as sementes foram colocados em câmara tipo B.O.D. (Demanda Bioquímica de Oxigênio), mantida a 25°C por um período de 18 horas.

Após a embebição, as sementes foram transferidas para béqueres revestidos com papel-alumínio, a fim de evitar a incidência de luz, e submersas em solução de tetrazólio a 0,075% de concentração (Figura 15). O processo de coloração foi conduzido por 3 horas, em temperatura controlada de 40°C. Ao término do período, as sementes foram lavadas em água corrente para interromper a reação e mantidas submersas em água até o momento da avaliação. A análise consistiu na identificação da coloração desenvolvida nas sementes, sendo que aquelas que apresentaram coloração vermelha foram posteriormente seccionadas para avaliação interna. Durante a avaliação, foram quantificados os percentuais de sementes viáveis, os níveis de vigor e os danos mecânicos latentes.

A classificação das sementes seguiu os critérios estabelecidos por França-Neto (2018), que define como viáveis as sementes enquadradas nas categorias de 1 a 5, enquanto as não viáveis são classificadas nas categorias de 6 a 8.

Classe 1: viável; mais alto vigor, coloração uniforme e superficial, todos os tecidos com aspetos normal e firme. **Classe 2:** viável; alto vigor, possui pequenas estrias localizadas na superfície externa dos cotilédones na região oposta ao eixo embrionário, as quais são originadas por pressão do tegumento sobre os cotilédones. As estrias não devem ter profundidade superior a 0,5 mm. **Classe 3:** viável; vigor médio, Estrias de coloração vermelho carmim forte localizadas nos cotilédones, na região oposta ao eixo embrionário. **Classe 4:** viável; vigor baixo, Área de coloração vermelho carmim forte em ambos os cotilédones, cobrindo menos do que a metade dos mesmos. **Classe 5**: viável; vigor muito baixo, Sementes com ambos os cotilédones mostrando um aspecto de mosaico, com áreas de um colorido vermelho carmim forte entremeadas de áreas mais claras, tecidos afetados atingem uma profundidade superior a 1mm, mas inferior à metade da espessura dos cotilédones. **Classe 6**: não viável, possuem lesões semelhantes às da Classe 5, porém, com maior extensão das áreas afetadas, o que as torna inviáveis. **Classe 7:** não viável, sementes com ambos os cotilédones mostrando um aspecto de mosaico com áreas de um colorido vermelho carmim forte entremeadas de outras mais claras e mortas. Os tecidos afetados atingem a metade (ou mais) da espessura dos cotilédones. **Classe 8:** semente morta, semente totalmente morta, usualmente branca e às vezes com tonalidade rósea. Os tecidos das sementes são friáveis e flácidos (França Neto, 2018).

Figura 15: Sementes de soja embebidas na solução de tetrazólio em B.O.D.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

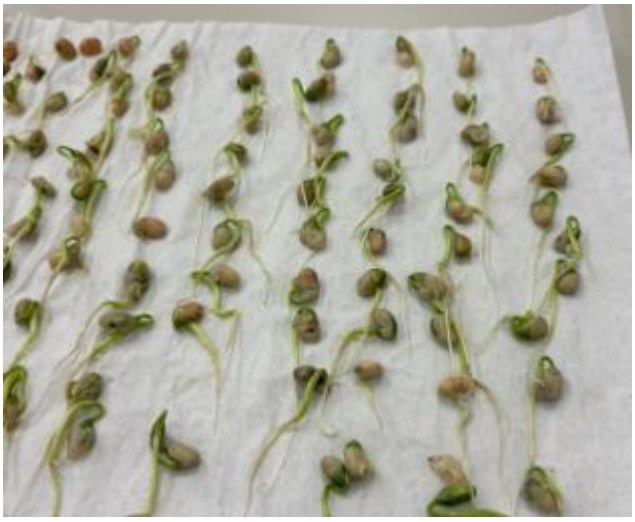
3.4.6 Teste de germinação e vigor

O teste de germinação e vigor foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo – RS, conforme as recomendações estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes

(Brasil, 2009). Foram utilizadas 400 sementes para cada tratamento e fator, divididas em quatro repetições de 100 sementes cada.

As sementes foram expostas sob folha de papel germitest, previamente umedecidas com água destilada em proporção 2,5x o peso do mesmo, e posteriormente acondicionadas em câmara do tipo B.O.D., mantida a uma temperatura constante de 25ºC. A primeira contagem foi realizada no quarto dia após a semeadura conforme a figura 16, com o objetivo de quantificar as sementes germinadas, enquanto a contagem final ocorreu no oitavo dia, incluindo a avaliação das plântulas normais, anormais e sementes mortas.

Figura 16: Sementes de soja 4 dias após aplicação em papel germitest.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

3.4.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística considerando um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com as repetições especificadas para cada tratamento. As análises foram realizadas por meio do software Assistat (Silva; Azevedo, 2016). Inicialmente, foi conduzida a análise de variância (ANOVA) para avaliar a existência de diferenças estatísticas entre os tratamentos. Quando o teste F foi significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DANO MECÂNICO IMEDIATO

Com base nos resultados da análise de variância apresentados na tabela 1, observa-se que não ocorreu efeito significativo entre os fatores horário de colheita e rotação de descarregamento do tanque graneleiro e sua interação, o que indica que o dano mecânico imediato foi semelhante entre os tratamentos.

Os resultados mostram que o dano mecânico imediato não variou em função do horário de colheita, da rotação de descarregamento do tanque graneleiro ou da interação entre esses fatores, indicando que, nas condições avaliadas, as sementes responderam de forma semelhante em todos os tratamentos. Esse comportamento sugere que a colheita foi realizada de maneira adequada, sem provocar danos visíveis logo após a operação, o que reflete um bom ajuste da colhedora e do sistema de descarregamento. No entanto, esse resultado não significa ausência total de efeitos da colheita sobre a qualidade das sementes, uma vez que parte dos danos pode não ser perceptível de imediato e se manifestar apenas posteriormente, influenciando características como vigor e germinação, o que justifica a avaliação conjunta das demais variáveis ao longo do estudo.

Tabela 1: Análise de variância do dano mecânico imediato de sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	16.750	8.37500	1.3370 ns	0.2875
Rotação de descarregamento	1	9.375	9.37500	1.4967 ns	0.2368
Interação de fatores	2	1.750	0.87500	0.1397 ns	0.8705
Tratamentos	5	27.875	5.57500	0.8900 ns	0.5082
Resíduo	18	112.750	6.26389		
Total	23	140.625			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2 VIABILIDADE DAS SEMENTES DE SOJA

Com base nos resultados da análise de variância (ANOVA) apresentados na Tabela 2, observa-se que houve diferenças entre a viabilidade das sementes operando em horários diferentes e também realizando o descarregamento em diferentes rotações.

Tabela 2: Análise de variância da viabilidade de sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	156.08333	78.04167	12.5705 **	0.0003
Rotação de descarregamento	1	40.04167	40.04167	6.4497 *	0.0205
Interação de fatores	2	11.08333	5.54167	0.8926 ns	0.427
Tratamentos	5	207.20833	41.44167	6.6752**	0.001
Resíduo	18	111.75000	6.20833		
Total	23	318.95833			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

A análise de variância revelou efeito significativo para os fatores isolados, porém a interação entre os fatores (Horário de colheita x Rotação de descarregamento) não foi significativa, indicando que o comportamento de um fator foi independente do outro. Assim, o teste de comparação de médias foi aplicado apenas para os tratamentos.

4.2.1 Viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita

Na tabela 3, são apresentadas as médias da viabilidade das sementes de soja em função do horário de colheita, onde a colheita realizada as 14 horas e as 18 horas apresentaram maior percentual e não diferiram entre si, enquanto a colheita das 10 horas obteve menor viabilidade e diferiu dos outros dois tratamentos.

Tabela 3: Médias da viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Médias do horário de colheita	
10 horas	37.875 b
14 horas	44.000 a
18 horas	42.000 a

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.2.2 Viabilidade das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro

Na tabela 4 são apresentadas as médias da variável para as diferentes rotações de descarregamento, verificando-se que a baixa rotação apresentou média superior à alta rotação, com diferença estatística significativa dentre elas.

Tabela 4: Médias da viabilidade das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Médias rotação de descarregamento	
Baixa rotação	42.58333 a
Alta rotação	40.00000 b

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 41,29 sementes CV: 6,03%

Sementes colhidas nas primeiras horas do dia tendem a apresentar maior teor de umidade, o que aumenta o atrito e a compressão no sistema de trilha, resultando em microfissuras e redução da viabilidade (Krzyzanowski *et al*., 2004). Por outro lado, as colheitas realizadas nas horas mais quentes do dia, coincidiram com menores teores de umidade e maior eficiência de debulha, refletindo em melhor integridade fisiológica das sementes. Resultados semelhantes foram relatados por França-Neto *et al*. (2016), que observaram aumento da viabilidade em colheitas realizadas sob

condições intermediárias de temperatura e umidade. Segundo Cunha et al. (2009), velocidades mais elevadas de rotação durante o descarregamento podem intensificar impactos e choques entre as sementes, reduzindo sua viabilidade fisiológica.

4.3 CLASSIFICAÇÃO DAS SEMENTES DE SOJA

De acordo com a análise de variância, observa-se que as classes e a rotação de descarregamento do tanque graneleiro, apresentaram efeitos altamente significativos ($p < 0,01$), indicando que tanto as diferentes classes avaliadas quanto as rotações aplicadas influenciaram diretamente e de forma consistente o comportamento da variável estudada.

Por outro lado, os horários de colheita não apresentaram significância estatística isoladamente, sugerindo que variações no horário de avaliação não são determinantes para a resposta observada. Entretanto, apesar da ausência de efeito principal, o fator participa de interações significativas, o que indica que seu impacto depende da combinação com outros fatores.

4.3.1 Classificação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita

A Tabela 5, nos mostra que o comportamento das classes de sementes de soja muda conforme o horário da colheita, mostrando uma relação dinâmica entre os fatores. A Classe 1 se destaca claramente, mantendo os maiores valores em todos os horários e apresentando um crescimento ao longo do dia. A Classe 2 também apresenta desempenho elevado. As Classes 3, 4 e 5 exibem uma tendência de queda mais marcada, mostrando são sementes mais vulneráveis. Por outro lado, as Classes 6, 7 e 8 praticamente não respondem, com valores muito baixos ou nulos, independentemente do horário, evidenciando baixo potencial fisiológico.

Tabela 5: Médias da classificação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Classes de sementes de soja X Horários de colheita			
Classes	Horários de colheita		
	10 horas	14 horas	18 horas
1	14.250 aC	19.625 aB	23.125 aA
2	14.875 aA	14.625 bA	12.625 bB
3	08.750 bA	09.750 cA	06.250 cB
4	06.500 cA	05.250 dA	05.250 cA
5	04.625 dA	00.625 eB	02.000 dB
6	01.000 eA	00.125 eA	00.750 eA
7	00.000 eA	00.000 eA	00.000 eA
8	00.000 eA	00.000 eA	00.000 eA

Colunas - letras minúsculas Linhas - letras maiúsculas

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.3.2 Classificação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro

A Tabela 6 nos mostra de forma clara como a rotação de descarregamento do tanque graneleiro interfere na qualidade das sementes de soja. Em baixa rotação, a maior presença de sementes na Classe 1, indica uma melhor a integridade das sementes, enquanto a alta rotação reduz discretamente essa proporção. Nas classes intermediárias, a diferença é pequena, mostrando que suporta bem as duas condições. No entanto, quando observamos as classes 5 e 6, fica evidente que a alta rotação intensifica os danos, praticamente dobrando a quantidade de sementes comprometidas. Mesmo assim, as classes 7 e 8 permaneceram zeradas, reforçando que, embora a operação mais rápida aumente o risco de danos, ela não chegou a gerar perdas severas.

Tabela 6: Médias de classificação das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Classes de sementes de soja X Rotação de descarregamento		
Classes	Rotação de descarregamento	
	Baixa rotação	Alta rotação
1	19.8333 aA	18.1667 aB
2	14.4167 bA	13.6667 bA
3	08.3333 cA	08.1667 cA
4	05.6667 dA	05.6667 dA
5	01.5000 eA	03.3333 eA
6	00.2500 fA	01.0000 fA
7	00.0000 fA	00.0000 fA
8	00.0000 fA	00.0000 fA

Colunas - letras minúsculas Linhas - letras maiúsculas

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 6,25 CV: 22,92%

Os resultados mostram que tanto o horário da colheita quanto a forma como as sementes são movimentadas influenciam diretamente sua qualidade, comportamento já descrito por Marcos Filho (2015) e França-Neto *et al.* (2016). Nos horários mais quentes, as sementes tendem a estar mais secas e resistentes, o que favorece a manutenção das classes de melhor qualidade e reduz a ocorrência de danos intermediários, sem gerar danos severos. Esse padrão confirma o que a literatura destaca: a variação da umidade ao longo do dia altera a sensibilidade das sementes aos impactos e pode melhorar sua integridade quando a colheita está bem ajustada.

Quanto à rotação de descarregamento, observou-se que velocidades mais altas aumentam discretamente a ocorrência de danos moderados, reduzindo a proporção de sementes totalmente intactas, efeito também apontado por

Krzyzanowski *et al.* (2020) e Carvalho & Nakagawa (2012). Ainda assim, a ausência de danos severos indica que o sistema operou dentro de limites seguros. De forma geral, os resultados reforçam que ajustes simples, como escolher horários mais adequados e adotar rotações mais suaves, contribuem de forma importante para preservar a qualidade fisiológica das sementes, conforme defendido por autores clássicos na área.

4.4 VIGOR DAS SEMENTES DE SOJA

Segundo a análise de variância para a variável vigor, conforme a Tabela 7, mostrou que se teve efeito significativo ($p < 0,01$) tanto para o horário de colheita quanto para a rotação de descarregamento, também houve interação significativa entre os fatores ($p < 0,05$), indicando forte influência dos dois fatores no vigor das sementes.

Tabela 7: Análise de variância do vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	166.58333	83.29167	43.4565 **	<0.0001
Rotação de descarregamento	1	24.00000	24.00000	12.5217 **	0.0023
Interação de fatores	2	14.25000	7.12500	3.7174 *	0.0445
Tratamentos	5	204.83333	40.96667	21.3739 **	<0.0001
Resíduo	18	34.50000	1.91667		
Total	23	239.33333			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4.1 Vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Na Tabela 8, encontramos as médias da variável para os diferentes horários de colheita, obtendo maiores valores às 14 horas e às 18 horas, não diferindo estatisticamente entre eles, enquanto o menor valor foi observado às 10 horas, diferindo estatisticamente dos demais.

Tabela 8: Médias de vigor das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Médias do horário de colheita	
10 horas	90.125 b
14 horas	96.000 a
18 horas	95.375 a

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4.2 Vigor das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro

Com base na Tabela 9, pode-se dizer que as médias em função da variável rotação de descarregamento, evidenciou que a baixa rotação acabou diferindo estatisticamente da alta rotação.

Tabela 9: Médias de vigor das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Médias rotação de descarregamento	
Baixa rotação	94.83333 a
Alta rotação	92.83333 b

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.4.3 Interação entre o horário de colheita e rotação de descarregamento do tanque graneleiro

Na interação entre o horário de colheita e a rotação de descarregamento sob o vigor das sementes de soja (Tabela 10), observa-se que em baixa rotação os valores das 14 horas e 18 horas diferiram significativamente do horário das 10 horas. Na alta rotação, todos os horários (10h, 14h e 18h) diferiram entre si.

Tabela 10: Média de vigor das mentes de soja obtidas pela interação dos fatores.

Horário de colheita X Rotação de descarregamento		
Horário de colheta	Rotação de descarregamento	
	Baixa rotação	Alta Rotação
10 horas	91.25 bA	89.00 cB
14 horas	96.00 aA	96.00 aA
18 horas	97.25 aA	93.50 bB

Colunas - letras minúsculas Linhas - letras maiúsculas

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 93,83% CV: 1,48%

Segundo França-Neto e Krzyzanowski (2018), o vigor está diretamente associado à integridade dos tecidos embrionários, sendo sensível a danos mecânicos e variações bruscas de umidade durante a colheita. Assim, a colheita realizada no período correto, representa um equilíbrio ideal entre umidade e temperatura, favorecendo tanto a conservação da estrutura celular quanto o desempenho fisiológico das sementes.

Os resultados obtidos indicam que o horário de colheita influenciou no vigor das sementes, com melhores médias registradas às 14 h e 18 h, enquanto a colheita às 10 h apresentou desempenho inferior. Esse comportamento é compatível com a literatura, que aponta que o momento da colheita está diretamente relacionado à qualidade final do produto, especialmente em função das variações de umidade e do estágio de maturidade, podendo interferir no desempenho fisiológico e na conservação (Marcos-Filho, 1994).

Observou-se ainda que a baixa rotação de descarregamento proporcionou valores superiores em relação à alta rotação, evidenciando o impacto do manuseio mecânico sobre a qualidade. Segundo Albaneze et al. (2018) e Chen, Wassgren e Ambrose (2020), rotações elevadas e operações mais agressivas aumentam a ocorrência de danos mecânicos, comprometendo o desempenho do produto. Assim,

os achados deste estudo confirmam que práticas de colheita em horários adequados associadas a menor rotação de descarregamento favorecem melhores resultados.

4.5 GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE SOJA

Conforme resultados da Tabela 11, apresentou efeito significativo ($p < 0,01$) entre os horários de colheita e efeito significativo ($p < 0,05$) para a rotação de descarregamento.

Tabela 11: Análise de variância da germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	148.58333	74.29167	87.6885 **	<0.0001
Rotação de descarregamento	1	5.04167	5.04167	5.9508 *	0.0253
Interação de fatores	2	5.08333	2.54167	3.0000 ns	0.075
Tratamentos	5	158.70833	31.74167	37.4656 **	<0.0001
Resíduo	18	15.25000	0.84722		
Total	23	173.95833			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.5.1 Germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita

A médias exibida na Tabela 12 indica que a maior porcentagem de germinação ocorreu às 18 horas e a menor porcentagem de germinação ocorreu às 10 horas, diferindo os três horários de colheita em estudo.

Tabela 12: Médias de germinação das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Médias do horário de colheita	
10 horas	92.750 c
14 horas	97.375 b
18 horas	98.500 a

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.5.2 Germinação das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro

Conforme a média exibida na Tabela 13, indica que a maior porcentagem de germinação ocorreu com descarregamento do tanque graneleiro em baixa rotação, diferindo significativamente do descarregamento em alta rotação.

Tabela 13: Médias de germinação das sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Médias rotação de descarregamento	
Baixa rotação	96.66667 a
Alta rotação	92.75000 b

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 96,21% CV: 0,96%

Esses dados obtidos ressaltam que colheitas realizadas com menor agressividade no sistema de trilha da colhedora irão preservar o potencial germinativo da semente como citado por Daltro et al. (2010) e França-Neto et al. (2007). Da mesma forma, sementes com umidade elevada se tornam mais suscetíveis a danos mecânicos por meio do sistema de trilha (Krzyzanowski, França-Neto & Costa, 2004).

4.6 IMPUREZAS

Na tabela 14, ocorreu efeito significativo (p < 0,01) para os dois fatores avaliados na pesquisa, indicando que ambos influenciaram diretamente os teores de impurezas nas amostras. Não teve interação entre os fatores avaliados.

Tabela 14: Análise de variância das impurezas das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	0.51583	0.25792	21.8471 **	<0.0001
Rotação de descarregamento	1	0.12042	0.12042	10.2000 **	0.004
Interação de fatores	2	0.05083	0.02542	2.1529 ns	0.1451
Tratamentos	5	0.68708	0.13742	11.6400 **	<0.0001
Resíduo	18	0.21250	0.01181		
Total	23	0.89958			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.6.1 Impureza das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita

Na tabela 15, mostra que teve maior percentual de impurezas às 10 horas e foi decrescendo nos outros horários, assim, diferindo significativamente dos demais horários.

Tabela 15: Médias de impurezas presentes nas sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita.

Médias do horário de colheita	
10 horas	1.2500 a
14 horas	0.9125 b
18 horas	0.9750 b

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo

teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.6.2 Impureza das sementes de soja obtidas com baixa e alta rotação no descarregamento do tanque graneleiro

Na Tabela 16, mostra que teve maior percentual de impurezas quando o descarregamento do tanque graneleiro em alta rotação, assim, diferindo significativamente do descarregamento em baixa rotação.

Tabela 16: Médias de impurezas presentes nas sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Médias rotação de descarregamento	
Baixa rotação	0.97500 b
Alta rotação	1.11667 a

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 1,05% CV: 10,39%

Podemos associar esse comportamento pelo fato de que, no início da manhã a umidade presente nas sementes é mais elevada e também pelo fato de que se tem maior aderência de partículas de solo e fragmentos vegetais (Oliveira et. al., 2017). Além disso, Krzyzanowski, França-Neto e Costa (2004) descrevem que o sistema de trilha em elevada rotação fragmenta vagens e tegumentos da cultura, que acaba elevando os valores de impurezas.

4.7 UMIDADE DOS GRÃOS

A análise de variância (Tabela 17) indicou grande efeito significativo ($p < 0,01$) no fator horário de colheita, e não apresentou efeitos significativos na rotação de descarregamento e na interação entre os fatores.

Tabela 17: Análise de variância da umidade nas sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita e duas rotações de descarregamento distintas.

FV	GL	SQ	QM	F	p-valor
Horário de colheita	2	39.39583	19.69792	685.1449 **	<0.0001
Rotação de descarregamento	1	0.00042	0.00042	0.0145 ns	0.9053
Interação de fatores	2	0.03583	0.01792	0.6232 ns	0.5474
Tratamentos	5	39.43208	7.88642	274.3101 **	<0.0001
Resíduo	18	0.51750	0.02875		
Total	23	39.94958			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

4.7.1 Umidade das sementes de soja obtidas em diferentes horários de colheita

Na tabela 18, as médias mostram diminuição da umidade das sementes ao longo do dia, diferindo significativamente os três horários de colheita.

Tabela 18: Médias de umidade nas sementes de soja obtidas em diferentes rotações de descarregamento.

Médias de umidade no horário de colheita	
10 horas	14.7500 a
14 horas	12.9375 b
18 horas	11.6250 c

*médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Média geral: 13,10% CV: 1,29%

França-Neto et al. (2007) e Daltro et. al. (2010) descrevem que a faixa de 12% a 14% de umidade é o ideal para realizar a colheita de sementes de soja, diminuindo o risco de dano mecânico à semente e conservando a qualidade fisiológica das

mesmas. Nespolo et. al. (2019) diz que quando realizada colheita com umidade inferior a 11%, a semente se torna mais frágil ao impacto e realizar a colheita com valores acima de 14% de umidade tende a dificultar a trilha, aumentando o risco de afetar a qualidade fisiológica das mesmas. Dessa forma, o intervalo das 14 horas e 18 horas se encaixa como mais adequado para a colheita, apresentando menor umidade da semente e menores riscos fisiológicos.

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho demonstram que o horário de colheita influenciou de forma clara a qualidade fisiológica das sementes de soja. De maneira geral, as colheitas realizadas às 14 h e 18 h apresentaram melhores índices de viabilidade, vigor e germinação, além de menores teores de impurezas, quando comparadas ao horário das 10 h. Esse comportamento está relacionado principalmente à redução gradual da umidade ao longo do dia, condição que favorece uma debulha mais eficiente e com menor agressividade às sementes, contribuindo para a preservação de sua integridade fisiológica

Em relação à rotação de descarregamento, verificou-se que a baixa rotação proporcionou melhor desempenho das sementes em praticamente todas as variáveis avaliadas, enquanto a alta rotação esteve associada a menores valores de vigor e germinação, além de maior percentual de impurezas. Esse resultado evidencia que operações mais suaves durante o descarregamento reduzem os impactos mecânicos e o estresse sofrido pelas sementes, reforçando a importância de um manejo cuidadoso durante a colheita, especialmente em áreas destinadas à produção de sementes

Dessa forma, conclui-se que a combinação entre colheita em horários mais adequados, principalmente a partir do período da tarde, e o uso de baixa rotação no descarregamento do tanque graneleiro constitui uma estratégia eficiente para a obtenção de sementes de soja com melhor qualidade fisiológica. Esses achados reforçam a necessidade de planejamento e ajuste fino das operações de colheita, visando não apenas a produtividade, mas também a produção de sementes com maior potencial de desempenho no estabelecimento da cultura

REFERÊNCIAS

ALBANEZE, R. et al. **Mechanical damage caused by the use of grain carts for transport during soybean seed harvest.** Journal of Seed Science, Londrina, v. 40, n. 3, p. 299-306, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p. ISBN 978-85-99851-70-8.

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Manejo integrado de percevejos na cultura da soja e seus impactos na qualidade das sementes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 55, n. 3, p. 1-12, 2020.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012.

CHEN, Z.; WASSGREN, C.; AMBROSE, K. **A review of grain kernel damage: mechanisms, modeling, and testing procedures.** Transactions of the ASABE, St. Joseph, v. 63, n. 2, p. 439-451, 2020.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. **Avaliação dos danos de percevejos pentatomídeos na qualidade fisiológica de sementes de soja.** Revista Brasileira de Sementes, v. 41, n. 2, p. 1-9, 2019.

COSTA, N. P. da; MESQUISTA, C. de M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; PEREIRA, J. E.; BORDINGNON, J. R.; KRZYZANOWSKI, 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.

COXILHA AGRÍCOLA. **Módulo de alimentação.** Coxilha Agrícola, 2023. Disponível em: https://coxilhaagricola.com.br/produtos/modulo-de-alimentacao/.

CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. **Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1420–1425, 2009.

CUNHA, J. P. A. R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. **Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 25, n. 4, p. 37–42, 2009.

DALTRO, E. M. F.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; FRANÇA-NETO, J. B.; GUIMARÃES, S. C.; GAZZIERO, D. L. P.; HENNING, A. A. **Aplicação de dessecantes em pré-colheita: efeito na qualidade fisiológica de sementes de soja.** Revista Brasileira de Sementes, Brasília, v. 32, n. 1, p. 111–122, 2010.

DIAS, M. A. N.; URANO, A. K. M.; SILVA, D. B.; CICERO, S. M. **Influence of soybean seed moisture content in the response to seed treatment in soybean.** Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia, v. 5, n. 2, p. 91-96, 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Ferrugem-asiática da soja: manejo e prevenção.** Brasília, 2024.

FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M. **Germinação de sucesso: fatores que impactam a qualidade fisiológica das sementes de soja.** Sementec, 2016.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2018.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Teste de hipoclorito de sódio: avaliação rápida de dano mecânico em sementes de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2017. (Comunicado Técnico, 267).

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; PÁDUA, G. P.; COSTA, N. P.; HENNING, A. A. **Tecnologia da produção de sementes de soja de alta qualidade.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Circular Técnica, 40).

GURGACZ, F.; RENOSTO, L. D.; BETTIO, C. S.; FEY, E. **Avaliação de perdas e quebra de grãos em função da velocidade de colheita mecânica da cultura da soja.** Revista Técnico-Científica do CREA-PR, Curitiba, Edição Especial, p. 1–12, 2019.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GIANLUCA, G. R.; OLIVEIRA, M. C. N. **Doenças da soja transmitidas por sementes.** Londrina: Embrapa Soja, 2016.

KONOPATZKI, E. A. et al. **Immediate and latent effects of drying soybeans with different air temperatures.** Scientia Agricola, v. 76, n. 2, p. 159-167, 2019.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. da. **Teste de hipoclorito de sódio para identificação de sementes de soja danificadas mecanicamente.** Informativo ABRATES, Londrina, v. 24, n. 1, p. 34–38, 2004.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** 1. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MARCOS-FILHO, J. **Efeito da época de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de soja.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 298-304, 1994.

MANTONI, L. **Apostila sobre colhedoras de grãos autopropelidas com hiperlinks de vídeos demonstrativos.** 2020. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

NADIMI, M.; DIVYANTH, L. G.; CHAUDHRY, M. M. A.; SINGH, T.; LOEWEN, G.; PALIWAL, J. **Assessment of mechanical damage and germinability in flaxseeds using hyperspectral imaging.** Foods, v. 13, n. 1, p. 120, 2023.

NESPOLO, G. P.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; FAVARÃO, S. C. M.; WILLWOCK, L.; DA SILVA, L. H. G. **Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da colheita mecânica com sistema de trilha radial e axial.** Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias, v. 14, n. 1, p. 35–39, 2019.

NOGUEIRA, J. R.; SILVA, M. A.; LIMA, T. D. **Dinâmica da produção de soja no Brasil: expansão e impactos regionais.** Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 59, n. 3, p. 456–472, 2021.

OLIVEIRA, L. A. R.; ZANATTA, F. R.; HEBERLE, E.; RAMBO, A. P. P.; CHAVES, D. V. **Qualidade fisiológica e danos mecânicos de sementes de soja em função da regulagem da colhedora.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 46., 2017.

PANIZZI, A. R. **History and contemporary perspectives of the integrated management of soybean stink bugs in Brazil.** Neotropical Entomology, v. 42, n. 4, p. 361-373, 2013.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos.** 3. ed. Pelotas: UFPel, 2019.

PINHEIRO, D. T. **Deterioração por umidade na pré-colheita de sementes de soja: alterações físicas, fisiológicas e bioquímicas.** 2019. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.

REVISTA CULTIVAR. **Colhedora John Deere S660.** Publicado em: 30 jan. 2015.

SCARIOT, M. A. et al. **Immediate and latent damages of drying temperature in the physical and physiological quality of black oat seeds.** Revista Científica Espaço & Ciências, v. 12, n. 2, p. 123-135, 2020.
SILVA CAVALCANTI, M. da et al. **Interference of mechanical damage on the physiological performance of corn seeds.** Journal of Seed Science, v. 46, e20230412, 2024.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 71–78, 2012.

VENDRAMIN, J. D. **Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas a danos mecânicos na colheita.** Revista Brasileira de Sementes, v. 37, n. 3, p. 245-252, 2015.

VENDRAMIN, T. **Incidência de danos mecânicos e qualidade fisiológica de sementes de soja.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

WIJEWARDANA, C.; HOSSAIN, M. M.; WRIGHT, D. L. **Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress.** Food Chemistry, v. 279, p. 725-733, 2019.