

AVALIAÇÃO DE DANO MECÂNICO NA SOJA COLHIDA MECANICAMENTE EM DIFERENTES VELOCIDADES DE TRABALHO

Ana Paula Morinaga¹

Helen Bernardo Figueiredo¹

Maria Júlia Dos Santos Bernardo¹

Lara Marie Guanais Santos²

RESUMO A soja, uma planta herbácea de desenvolvimento rápido, que varia de 100 a 150 dias, desempenha um papel crucial na economia global. Sua colheita pode ser realizada várias maneiras, sendo a colheita mecanizada a principal, proporcionando maior eficiência, qualidade, segurança e redução de custos nesta etapa do ciclo de produção. Entretanto, esse tipo de sistema apresenta diversos desafios, onde a qualidade dos grãos colhidos é uma das maiores preocupações dos produtores desde o início até o final da produção, por resultar em perdas quantitativas e qualitativas. O dano mecânico está diretamente ligado a qualidade da semente e é o principal causador de perdas da qualidade em sementes da soja, especialmente nas fases de colheita e beneficiamento. Esses tipos de danos podem ser visíveis ou até mesmo invisíveis. A forma em que a colhedora estará regulada e a sua velocidade de operação influenciará diretamente na produção final e na qualidade dos grãos. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar danos mecânicos qualitativos visíveis e invisíveis na cultura da soja colhida mecanicamente, por uma colhedora Case 2388, em três diferentes velocidades de trabalho. As amostras analisadas foram coletadas no graneleiro em três velocidades de operação, sendo, 2 km.h⁻¹, 4 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹. Todas as demais regulagens foram as mesmas para as condições do estudo. Foi possível concluir que para esta máquina é possível o aumento da velocidade de colheita para 6 km.h⁻¹, aumentando o rendimento operacional e mantendo a qualidade do grão colhido.

Palavras-chave: Colheita mecanizada; Perda qualitativa; Colhedora axial.

INTRODUÇÃO

Uma das principais culturas produzidas do mundo é a soja, uma planta herbácea com ciclo de desenvolvimento que varia de 100 a 150 dias (SILVEIRA; CONTE, 2013). Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador de soja no mundo, segundo dados da USDA, 2023 (BOSCHIERO, 2023). A produção de soja no mundo

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”, Pompeia-SP, mazu.bernardo@gmail.com

² Docentes do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP, lara.santos8@fatec.sp.gov.br

ultrapassou os 369,029 milhões de toneladas, com cerca de 136,029 milhões de hectares de área plantada (SERASA EXPERIAN, 2023). Somente o Brasil foi responsável por produzir mais de 150 milhões de toneladas de soja na safra de 2022/23 e estima-se que na safra de 2023/24 a produção alcance aproximadamente 145 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Existem duas formas de realizar a colheita dessa cultura tão importante, sendo a colheita manual (que atualmente não é mais utilizada) e a mecanizada. A colheita mecanizada colaborou no processo de redução de custos, aumento da eficiência, ganho em qualidade do produto colhido, redução de perdas e exploração de grandes áreas. Além de proporcionar maior segurança e conforto para o operador. Sendo utilizada por grandes e médios produtores, a colheita mecanizada é um mecanismo que não necessita a utilização de trabalho braçal e manual. Tornando-se uma das diversas tecnologias que chegou no campo para trazer agilidade no processo produtivo (AIRES, 2024).

Com a ajuda das novas tecnologias, uma das maiores preocupações dos produtores desde o início até o final da produção é manter a qualidade dos grãos, por conta que todo o processo poderá resultar em perdas quantitativas e qualitativas (SOARES, 2019).

O dano mecânico está diretamente ligado a qualidade da semente e é o principal causador de perdas da qualidade em sementes da soja, especialmente nas fases de colheita e beneficiamento. Os danos aparentes nas sementes, como trincas e rachaduras, são facilmente detectados, diferentes dos danos internos, que exigem mais para ser detectado. É de suma importância identificar esses danos, mas não somente os grandes e visíveis, mas também aqueles que são menores ou mesmo invisíveis a olho nu, pois sem esse processo de identificação, o produtor poderá ter uma redução significativa na qualidade das sementes ou reduzindo o tempo de armazenamento deste grão (FLOR, et. al., 2004).

Esses danos podem ser causados na operação de colheita ou trilha, sendo a velocidade de trabalho um fator que influencia nos resultados da produção, causando mais ou menos danos. Essa velocidade de deslocamento é determinada através da característica da cultura da área. Sendo que a faixa ideal de deslocamento pode variar de 5 a 6,5 km.ha⁻¹, no entanto é preciso verificar se as perdas de grãos estão abaixo dos níveis toleráveis, ou seja, não poderá passar de 1 saco de 60 kg por hectare (SILVEIRA, et al., 2005; DE FARIAS, 2021).

Existem diversos métodos para análise de dano mecânicos, tanto visíveis quanto invisíveis. Os métodos mais conhecidos são o Teste do Hipoclorito de Sódio, para determinação da ruptura do tegumento (danos invisíveis) (KRZYANOWSKI, et al., 2004) e o kit medidor de sementes partidas de soja – que realiza a estimativa de percentual de grãos “bandinhas” (KRZYANOWSKI, et al., 2015).

Com isto este trabalho tem por objetivo avaliar danos mecânicos visíveis e invisíveis na cultura da soja colhida mecanicamente em função de três diferentes velocidades de colheita, 2 km.h⁻¹, 4 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foi utilizada uma área de com 97 hectares, com sistema de irrigação por pivô, situada no município de Mirante do Paranapanema / SP, mais precisamente na Fazenda Modelo pertencente ao Grupo Facholi (22° 5'56.93"S, 51°41'52.14"O).

A cultura foi semeada em 18 de outubro 2022, onde foi utilizada a cultivar de soja BRASMAX FIBRA IPRO. Por se tratar de uma área comercial, todos os demais tratos culturais foram recomendados pelo agrônomo responsável e aplicadas pelo produtor, seguindo as necessidades da cultura.

As amostras utilizadas neste trabalho foram coletadas durante a colheita que aconteceu no dia 04 de março 2023. Onde cada amostra foi retirada do graneleiro de uma colhedora da marca Case, modelo 2388, que possui sistema de trilha axial com uma plataforma de 23 pés, sem alteração na faixa de colheita. Durante a colheita, foi aferida a umidade da soja que apresentou um teor de umidade de 16%.

Foram estabelecidas três velocidades de colheita, 2 km.h⁻¹, 4 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹, sendo estas as velocidades mais utilizadas pelo operador. Para que fosse avaliado apenas o efeito da variação da velocidade de trabalho, todas as outras regulagens foram mantidas padrão, seguindo a recomendação do operador. Com isso, para o estudo as regulagens utilizadas no dia, foram: 620 rpm de rotor, abertura de côncavo entre 4,5 e 5 mm e rotação do ventilador de 1000 à 1100 rpm.

Para cada velocidade, coletou-se 7 amostras, totalizando 21 amostras (Figura 1). Nestas foram realizados testes para aferição de danos mecânicos visíveis e invisíveis.

Figura 1. Sojas separadas com base nas velocidades colhida.



Fonte: Autores, 2023

Os danos invisíveis foram determinados pelo teste de hipoclorito de sódio segundo a metodologia proposta por KRZYZANOWSKI, et al. (2004), onde 100 sementes são colocadas em solução de hipoclorito de sódio com concentração de 5,25% em um recipiente plástico. Neste recipiente, junto das sementes, foi colocada a solução até o total cobrimento das sementes, mantendo-as submersas por 10 minutos (Figura 2).

Figura 2. Separação das 100 sementes e sua exposição a solução de Hipoclorito de Sódio.



Fonte: Autores, 2023.

Após esse período, a solução foi drenada através de uma peneira de nylon, e então as sementes foram distribuídas sobre uma superfície com papel toalha (Figuras 3 e 4), onde foi realizado o processo de separação e contagem das sementes que absorveram a solução, ou seja, apresentavam dano.

Figura 3. Drenagem da solução.



Fonte: Autores 2023.

Figura 4. Separação das sementes com dano invisível.



Fonte: Autores, 2023.

Os danos visíveis foram determinados usando kit para avaliação de dano mecânico, desenvolvido pela Embrapa Soja, para estimar o índice percentual de dano nas sementes. O kit é composto por um conjunto de peneiras com as seguintes dimensões: (4,4mm X 22mm), (4,0mm X 22mm), e um fundo para recolhimento do material partido. Além disso, inclui um copo medidor com escala graduada, que nos fornece o índice de dano mecânico com base nas sementes partidas (Figura 5).

Figura 5. Kit para avaliação de dano mecânico por sementes quebradas.



Fonte: Embrapa Soja, 2015.

Para quantificação da porcentagem de grãos partidos e pesagem da amostra analisada, foi utilizada uma balança.

Foi coletado de cada uma das amostras 50 gramas de grãos de soja (Figura 6), estas foram depositadas no conjunto de peneiras e realizada uma agitação

cuidadosa de um lado para o outro até que os grãos partidos se acumulassem no fundo para recolhimento (Figura 7).

Figura 6. Pesagem das 50 gramas de grãos de soja.



Fonte: Autores, 2023.

Figura 7. 50 gramas de grãos de soja depositados na peneira, para o processo de separação.



Fonte: Autores, 2023

Fonte: Autores, 2023.

O material acumulado ao final desse processo foi, então, pesado novamente, nos permitindo realizar a análise do índice de dano mecânico (Figura 8).

Figura 8. Pesagem das sementes que apresentaram danos visíveis.



Fonte: Autores, 2023.

Todos os dados foram anotados e transpostos em uma planilha excel. Com estes dados foi realizado o Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, executado no software RStudio, em delineamento inteiramente casualizado (DIC).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas figuras 9 e 10 estão apresentados os resultados obtidos, onde a figura 9 corresponde aos danos visíveis e a figura 10 ao dano invisível em cada uma das velocidades de colheita.

Figura 9. Dados referentes ao teste de avaliação de sementes quebradas para danos visíveis na semente da soja, em diferentes velocidades de colheita.

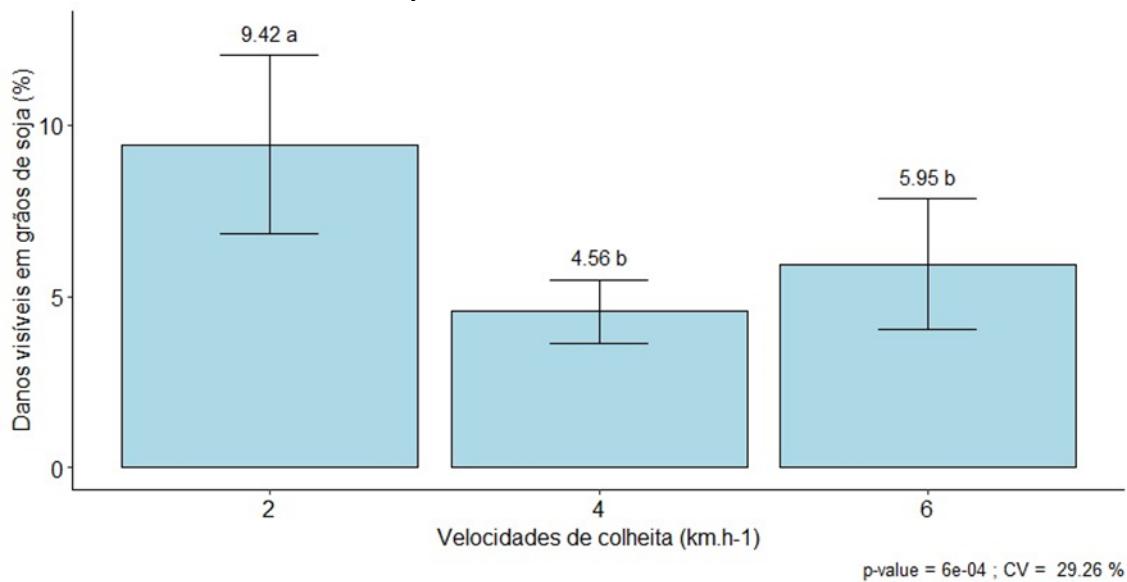
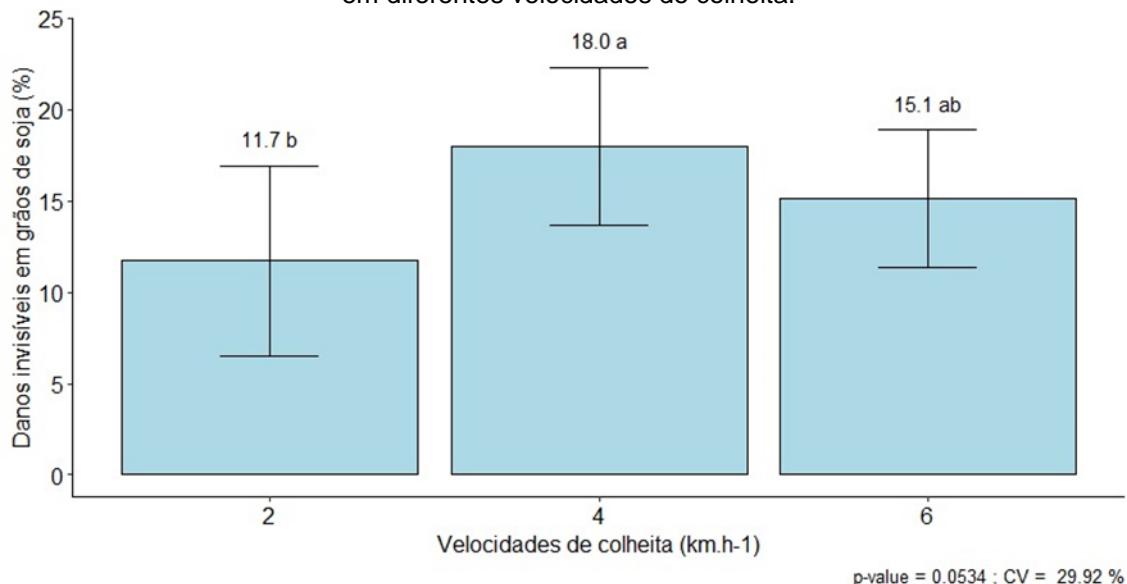


Figura 10. Dados referentes o teste de hipoclorito de sódio para danos invisíveis na semente da soja, em diferentes velocidades de colheita.



Com estes resultados, nota-se que a velocidade que em 2 km.h⁻¹, há um maior dano visível e um menor dano invisível, apontando que nesta velocidade os grãos sofrem um contato excessivo com os componentes de trilha (côncavo e rotor) ao ponto de quebrar o grão, não apenas danificar o tegumento do grão.

Já a 4 km.h⁻¹, nota-se o comportamento contrário, ao colher não se notaria um possível dano ao grão, visto que dentre as velocidades esta apresentou a menor porcentagem de dano visível. O que não significa que o processo de trilha esteja adequado, pois a porcentagem de dados invisíveis é numericamente maior nesta velocidade.

Segundo um estudo realizado por França Neto e Henning (1984), a soja é muito sensível ao dano mecânico, isso por conta que a radícula, hipocótilo e pluma, partes vitais do eixo embrionário, estão localizados sobre um tegumento não muito espesso, que quase não oferece proteção. Por menor que seja o dano mecânico, ele é cumulativo e isso faz parte de um dano total da semente, podendo causar uma redução do poder germinativo, dos rendimentos na produção total e seu vigor inicial.

O dano mecânico tem como consequência primeiro a ruptura e logo após danos imediatos e latentes, por ser uma ação agressiva sobre o tegumento e também sobre o embrião. O dano imediato no embrião tem como resultado a separação dos cotilédones em duas porções, conhecidas como “bandinha” (KRZYANOWSKI, et al., 2015). Portanto esse tipo de dano é aquele visível ao olho nu, conhecido como dano visível. Já ação causada sobre o tegumento, são aqueles danos invisíveis, ambos ocasionados durante a operação de colheita ou trilha (KRZYANOWSKI, et al., 2004).

Na tabela 1 temos descrito as somatórias dos danos invisíveis e visíveis para cada velocidade.

Tabela 1. Somatório dos danos visíveis em diferentes velocidades

Velocidade de trabalho (km. h ⁻¹)	Danos visíveis (%)	Danos Invisíveis (%)	Somatória dos danos mecânicos (%)
2	9.42	11.70	21.12
4	4.56	18.00	22.56
6	5.95	15.10	21.05

Na velocidade de 6 km.h⁻¹, obtivemos uma somatória das porcentagens de dano de 21,05%, inferior a somatória da velocidade de 2 km.h⁻¹ (21,12%) e a de 4 km.h⁻¹ (22,56%), como apresentado na Tabela 1. Sendo então a velocidade mais adequada para esta máquina nesta condição de colheita. Adequada devido ao maior

rendimento operacional obtido pelo ganho de 4 km.h⁻¹. Tendo em vista a janela de colheita da cultura.

A colheita da soja costuma acontecer em épocas chuvosas e em sequência é a feita a semeadura do milho, muitas vezes ocorrendo simultaneamente a colheita. Estes fatores restringem ainda mais a janela, o que torna essencial um maior rendimento operacional do equipamento.

Em todas as velocidades há uma porcentagem superior a 10%, limite estabelecido pela metodologia de avaliação para classificar o material muito danificado. Apontando assim a necessidade de regulagem no sistema de trilha da máquina. Em estudo realizado por Lopes, et al. (2011) e Fernandes et al. (2020), foi apresentado que os danos qualitativos nas sementes estão relacionados com a velocidade do cilindro de trilha e a abertura do côncavo da colhedora durante a operação de colheita.

Uma possível medida a ser tomada durante a operação seria uma nova combinação da velocidade do rotor e abertura do côncavo. Em estudo realizado por Rosa Neto, et al. (2023), foi constatado que uma menor rotação e uma maior distância do côncavo poderiam reduzir esta porcentagem de danos. Neste estudo foi proposto uma combinação de 526 rpm do rotor x 14 mm de abertura de côncavo em uma colhedora axial como a melhor opção para redução de danos mecânicos (ROSA NETO, et al., 2023).

Estas análises de dados devem ser feitas durante a execução da operação, apresentando os resultados o quanto antes para uma rápida tomada de decisão do operador na mudança de regulagens. Qualquer dano ao grão, seja ele visível ou invisível, reduz o tempo de armazenamento do produto (França-Neto; Henning, 1984), o que pode acelerar o processo de comercialização do produto, quando nem sempre o preço a ser pago está interessante para o produtor.

CONCLUSÃO

Com esse presente estudo é possível concluir que, para este estudo, dentre as opções testadas de velocidade de colheita de 6 km.h⁻¹ apresenta melhor rendimento operacional e menor porcentagem de danos ao grão de soja.

A porcentagem de dano nos grãos está acima do ideal, sendo necessárias regulagens no processo de trilha para redução dos danos.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos que contribuíram para o sucesso deste trabalho. Primeiramente, agradecemos a Deus pela oportunidade de aprender e crescer durante essa jornada acadêmica.

Ao grupo Grupo Facholi por permitir o uso da área para avaliação.

Ao Sr. Antônio Felix Júnior, por ceder a máquina para o estudo.

Aos nossos pais, que nos apoiaram incondicionalmente e nos incentivaram a seguir nossos sonhos, nosso sincero agradecimento. Suas palavras de encorajamento foram fundamentais para chegarmos até aqui.

À nossa professora orientadora, Lara Marie Guanais Santos, que nos guiou com sabedoria e paciência, nosso reconhecimento. Suas orientações e feedbacks foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

E, por fim, a todos os amigos e colegas que nos ajudaram ao longo do caminho, nosso muito obrigado.

REFERÊNCIAS

AIRES, R. **Colheita mecanizada: como funciona e quais são as vantagens?**, 2024 Disponível em: <<https://www.agriq.com.br/colheita-mecanizada/>>.

BOCK, R. **Perdas quantitativas e tamanho de amostra na colheita mecanizada de soja, em função em função da velocidade de deslocamento e índice de molinete.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/bitstream/riu/3733/1/R%c3%b4mulo%20Bock%20-%202018.pdf>>.

BOSCHIERO, B.N. **6 maiores produtores de soja do mundo: quando e quanto produzem.** Agro Advance, 2023. Disponível em: <<https://agroadvance.com.br/blog-6-maiores-produtores-de-soja-do-mundo/#:~:text=O%20Brasil%20lidera%20o%20ranking%20dos%20maiores%20produtores%20mundiais%20de,dever%C3%A3o%20ser%20exportados%20em%202023.>>.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). BOLETIM DA SAFRA DE GRÃOS. **Tabela de dados – Produção e balanço de oferta e demanda de grãos.** 7º Levantamento – Safra 2023/24. Companhia Nacional de Abastecimento, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>>.

CARBONELL, S. A. M.; KRZYANOWSKI, F. C.; DE OLIVEIRA, M. C. N.; JUNIOR, N. da S. **Teor de umidade das sementes de soja e métodos de avaliação do dano mecânico provocado no teste do pêndulo.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.28, n. 11, p.1277-1285, nov. 1993.

DA SILVA, R. P.; E SILVA, B. M. S.; BARROZO, L. M.; DOSSI, J. S.; ROSA, M. S.; GOMES, D. P. **Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.34, n. 2, p. 477-484, mar./abr. 2013.

DE FARIAS, M. S. **Colhedora: principais regulagens para evitar perdas de grãos.** 2021.

FERNANDES, C. H. S., TEJO, D. P. & BURATTO, J. S. **Percas na colheita da soja.** Agronomia: Jornadas Científicas, 2(1), p.136-143. 2020.

FLOR, E. P. O.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J de B.; KRZYANOWSKI, F. C. **Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio de análise de imagens.** Revista Brasileira de sementes, vol. 26, nº1. P.68-76, 2004.

FRANÇA NETO, J de B; HENNING, A. A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1984.

KRZYANOWSKI, F. C; FRANÇA NETO, J. de B; COSTA, N. P. **Teste do Hipoclorito de Sódio para semente de soja.** Embrapa Soja, Circular Técnica, 37, Londrina, PR, 2004.

LOPES, M. M. et al. Efeitos dos danos mecânicos e fisiológicos na colheita e beneficiamento de sementes de soja. **Bioscience Journal**, p. 230-238, 2011.

ROSA NETO, N. D. et al. **Qualidade de grãos na colheita mecanizada de soja sob regulagens internas de máquina.** 2023.

SERASA EXPERIAN. **Produção de soja no Brasil: entenda o mercado em números!** Serasa Experian, 2023. Disponível em: <<https://www.serasaexperian.com.br/conteudos/agronegocio/producao-de-soja-no-brasil-entenda-o-mercado-em-numeros/>>.

SILVEIRA, J. M., MESQUITA, C. M., PORTUGAL, F. A. F. **Colheita de girassol.** 2005.

SILVEIRA, J.M; CONTE, O. **Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa.** Londrina: Embrapa, 2013.

SOARES, G.H.B. **Metodologias de avaliação do dano mecânico em semente de soja.** Brasília, D.F.: Faculdade de agronomia e medicina veterinária, 2019.