

INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CÂMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**ANÁLISE DAS IMPUREZAS E DANOS MECÂNICOS NA COLHEITA
DE SOJA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE COLHEDORAS**

CÉSAR CARNEIRO GONTIJO

URUTAÍ – GO
2024

CÉSAR CARNEIRO GONTIJO

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador (a): Prof (a) Maria Rosa Alferes da Silva

URUTAÍ – GO

2024

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

G641 Gontijo, César Carneiro
ANÁLISE DAS IMPUREZAS E DANOS MECÂNICOS NA
COLHEITA DE SOJA: UM ESTUDO COMPARATIVO
ENTRE COLHEDORAS / César Carneiro Gontijo. Urutaí 2024.

24f. il.

Orientadora: Prof^a. Ma. Maria Rosa Alfêres da Silva.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0120064 - Bacharelado em Engenharia Agrícola - Urutaí
(Campus Urutaí).
1. Engenharia Agrícola. 2. Mecanização. 3. Velocidade de
operação. 4. Hipoclorito de Sódio. 5. Impureza. I. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

CÉSAR CARNEIRO GONTIJO

Matrícula:

2020101200640096

Título do trabalho:

ANÁLISE DAS IMPUREZAS E DANOS MECÂNICOS NA COLHEITA DE SOJA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE COLHEIDORAS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30 /05 / 2025

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☒ Sim ☐ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutáí
Documento assinado digitalmente
 CESAR CARNEIRO GONTIJO
Data: 27/05/2025 10:33:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

27 /05 / 2025

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 MARIA ROSA ALFERES DA SILVA
Data: 27/05/2025 10:18:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 963/2024 - DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

**ANÁLISE DAS IMPUREZAS E DANOS MECÂNICOS NA COLHEITA DE SOJA: UM ESTUDO COMPARATIVO
ENTRE COLHEDORAS.**

CÉSAR CARNEIRO GONTIJO

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí,
como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: 17 / 12 / 2024.

Prof.(a) Ma. Maria Rosa Alferes da Silva

Orientador (a)

Prof.(a) Dr^a. Raiane Ferreira de Miranda

Examinador (a)

Prof. Me. Beethoven Gabriel Xavier Alves

Examinador

Documento assinado eletronicamente por:

- **Maria Rosa Alferes da Silva**, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO , em 17/12/2024 10:42:43.
- **Raiane Ferreira de Miranda**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/12/2024 08:37:00.
- **Beethoven Gabriel Xavier Alves**, 025.427.925-26 - Usuário Externo, em 21/01/2025 15:35:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 662271

Código de Autenticação: 03593cf9d9



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e me guiar nessa minha trajetória.

Dedico este trabalho, em especial, àqueles que foram a luz nos meus caminhos mais escuros e as mãos que me sustentaram nos momentos mais difíceis. Aos meus pais, cuja incansável dedicação e apoio incondicional não conhecem limites. Vocês não mediram esforços para me apoiar em todos os momentos, e por isso, sou eternamente grato.

Agradeço-me por nunca desistir, mesmo diante das adversidades, e por sempre buscar ser a melhor versão de mim mesmo.

Aos meus familiares, amigos e colegas que me proporcionaram grandes alegrias e até aqui estiveram me apoiando.

A minha orientadora, que mesmo mediante a todas as dificuldades, aceitou e me incentivou nesse desafio.

A Instituição e a todos os professores que agregaram em todas as áreas de conhecimento e me capacitaram para chegar até aqui.

Em conclusão, agradeço a todos que estiveram presente nessa fase da minha vida de todas as formas.

RESUMO

Advindo de um processo de industrialização rural e a transformação da zona rural em polos produtivos, fica implícito a necessidade do uso da mecanização afim de aumentar a produtividade, com o intuito melhorar a qualidade e durabilidade dos grãos. Entretanto, desafios como a deterioração e a qualidade dos grãos são afetados em função do armazenamento, onde, os danos mecânicos provocados e as impurezas retidas durante o processo de colheita favorecem essa condição. Por esse motivo, este trabalho tem como objetivo analisar duas colhedoras, quanto a velocidade de deslocamento e de trilha, e como esses fatores influenciam nas impurezas e nos danos mecânicos durante a colheita. Os dados foram obtidos através do acompanhamento na colheita da soja, no município de Urutaí, entre março e abril de 2024, e tendo como critério avaliativo o percentual de danos mecânicos através do teste de hipoclorito de sódio e o percentual de impurezas em operação das colhedoras com velocidades de deslocamento de 3 km h⁻¹, 5 km h⁻¹ e 7 km h⁻¹ e velocidade do triturador de 500 rpm, 600 rpm e 700 rpm em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em parcelas subdivididas com três repetições.

Palavras-chave: Mecanização, Velocidade de operação, Hipoclorito de Sódio, Impureza.

ABSTRACT

The process of rural industrialization and the transformation of rural areas into productive hubs imply the need for mechanization to increase productivity, with the goal of improving the quality and durability of grains. However, challenges such as deterioration and grain quality are affected by storage conditions, where mechanical damage and impurities retained during the harvest process contribute to this issue. Therefore, this study aims to analyze two harvesters in terms of travel speed and threshing speed, and how these factors influence impurities and mechanical damage during harvest. Data were collected during soybean harvests in Urutaí, Goiás, between March and April 2024. The evaluation criteria included the percentage of mechanical damage, measured through a sodium hypochlorite test, and the percentage of impurities in operation of harvesters at travel speeds of 3 km h⁻¹, 5 km h⁻¹, and 7 km h⁻¹, and threshing speeds of 500 rpm, 600 rpm, and 700 rpm, using a completely randomized design (CRD) with subdivided plots with three replications.

Keywords: Mechanization, Operating Speed, Sodium Hypochlorite, Impurities.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Talhão onde foi realizada a coleta de amostras.....	13
Figura 2 – Máquina 1 - Case 7230 IH <i>Axial-Flow</i>	14
Figura 3 – Máquina 2 - Case 8230 IH <i>Axial-Flow</i>	14
Figura 4 – Plataforma - Case IH <i>Draper TerraFlex</i> 3162/40 pés.....	15
Figura 5 - Amostras após a separação de impurezas	Erro! Indicador não definido.
Figura 6 - Teste com hipoclorito de sódio	16
Figura 7 - Semente com dano mecânico aparente.....	17

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de normalidade pelo teste de <i>Shapiro-Wilk</i> com significância a 5%	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 2 – Análise de homogeneidade pelo teste de <i>Bartlett</i> com significância a 5%. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 3 – Análise de variância em parcelas subdivididas para impurezas	18
Tabela 4 – Análise de variância em parcelas subdivididas para danos mecânicos	19
Tabela 5 - Teste de Regressão comparando o desempenho das colhedoras em relação ao percentual de impurezas	19
Tabela 6 – Teste de Regressão comparando o desempenho das colhedoras em relação ao percentual de impurezas	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 - Cultura da soja	11
2.2 - Colheita mecanizada	11
2.3 - Qualidade dos grãos.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 - Local	13
3.2 - Deliniamiento experimental.....	13
3.3 - Descrição dos tratamentos	14
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	18
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja cultivada no Brasil desempenha um papel fundamental na economia brasileira. Com a modernização da agricultura, o cultivo e a colheita se tornaram processos de alta complexidade, tendo em vista a intensidade de produção, gera grandes desafios que por conseguinte exigem práticas e tecnologias adequadas para garantir a melhor qualidade desse grão. Uma vez que, a colheita de soja é realizada majoritariamente por máquinas, é necessário a adoção de técnicas precisas durante o processo, para evitar quaisquer tipos de perdas e garantir uma qualidade satisfatória no produto final (BERTOLIN & SILVA, 2012).

A análise de danos mecânicos e impurezas durante a colheita tem sido uma área crescente, visto sua efetividade na análise de qualidade do grão, onde esses fatores influenciam diretamente na comercialização nacional e principalmente internacional da soja. Dessa forma, todo e qualquer tipo de impureza, como detritos oriundos da própria cultura e até mesmo outros grãos ou outros materiais impróprios, são pontos de análise na eficiência da colheita e que influenciam diretamente no momento da venda desse produto afetando seu valor final (VIEIRA & SILVA, 2016). Por outro lado, os danos mecânicos, que são provocados principalmente por falhas na condição de operação e na regulagem das máquinas e seus implementos, diminuem abruptamente a qualidade do grão, dificultando o armazenamento, tornando o mesmo mais susceptível a doenças e diminuindo seu potencial de germinação (LOPES & BARBOSA, 2018).

Nesse contexto, com as transformações tecnológicas na agricultura trouxeram uma melhor precisão e otimização nos processos, principalmente quando se trata de mecanização. Todavia, com sistemas intensos de produção em grande escala alguns desafios como danos mecânicos e impurezas também aumentaram. Nesse contexto, é necessário buscar soluções para minimizar esses impactos negativos na qualidade da soja com práticas de manejo, condições de operação e máquinas ideais para mitigar esses problemas (FARIAS & SILVA, 2017).

Por esse motivo, este trabalho tem como objetivo analisar duas colhedoras, quanto a velocidade de deslocamento e de trilha, e como esses fatores influenciam nas impurezas e nos danos mecânicos durante a colheita.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - CULTURA DA SOJA

A cultura de soja (*Glycine max* (L.)) teve sua introdução no Brasil na década de 1960, tendo um enfoque de diversificar a produção agrícola e impulsionar a agricultura. Entretanto, o cultivo de soja teve um crescimento exorbitante nas regiões Centro-Oeste e Sul, sendo os principais polos produtores. Nos dias atuais soja é uma das principais culturas plantadas no Brasil, onde se tornou um dos principais produtos de exportação que por sua vez desempenha um papel fundamental na economia, sendo um dos maiores produtores mundiais (CERRI et al., 2017).

Destacando-se principalmente pela sua capacidade de adaptação em diferentes condições e o seu alto valor comercial também explica o grande desenvolvimento da soja no Brasil, ficando atrás apenas dos Estados Unidos em produtividade. Marcada pela alta produtividade e avanços tecnológicos representativos no manejo e uso de defensivos sua produção continua a todo vapor e em crescimento (FARIAS et al., 2019).

Cabe também ressaltar os desafios ambientais (NOGUEIRA et al., 2021), com a intensificação na produção algumas questões como o uso de agrotóxicos, gestão de recursos hídricos, devastação de biomas e impactos sociais.

Dessa maneira, a soja detém um papel fundamental na economia e aspectos sociais, toda via apresenta problemas ambientais graves que exigem um foco especial para a implementação de práticas agrícolas sustentáveis.

2.2 - COLHEITA MECANIZADA

Com sua intensificação na década de 1970, as máquinas de colheita de grãos tiveram grande notoriedade nas regiões Centro-Oeste e Sul do país na colheita de soja e milho (BARBOSA et al., 2009), onde foi um fator de suma importância para o crescimento da produção agrícola, permitindo o aumento da competitividade e a expansão das áreas de cultivo, além de permitir maior precisão e menores perdas nos processos de plantio e colheita.

Porém, a adoção dessas tecnologias é limitada em áreas com terrenos irregulares e exige soluções específicas na otimização dos processos, tendo um alto custo inicial na aquisição de equipamentos, manutenção e conhecimento para a operação são pontos a serem observados pelos produtores (CUNHA et al., 2015).

Cabe também ressaltar os impactos ambientais gerados pelas máquinas, como emissão de gases do efeito estufa e a compactação são os maiores desafios como trata SILVA et al., 2017, exigindo práticas sustentáveis para minimizar os efeitos negativos.

Por fim, a colheita mecanizada representa um grande salto na agricultura, aumento da produção nacional e a competitividade no mercado, além de melhorar e adaptar as tecnologias já presentes aqui. Entretanto, os desafios ambientais e econômicos também causam uma necessidade de inovação nas técnicas e práticas utilizadas.

2.3 - QUALIDADE DOS GRÃOS

A qualidade dos grãos pode ser definida por atributos biológicos, físicos e químicos de um grão. Quando tratamos sobre a parte física e química leva-se em consideração aspectos como a cor, tamanho, integridade, composição e valor nutricional, por outro lado a qualidade biológica está ligada ao controle de fungos, bactérias e pesticidas (SILVA et al., 2017).

Quando falamos em qualidade dos grãos a pós-colheita é um fator crucial, uma vez que um armazenamento correto, secagem e classificação implicam diretamente na balança comercial desse grão, colocando em risco a integridade desses grãos devido a fatores como a contaminação e deterioração dos mesmos (LIMA et al., 2018).

Tratando-se da área comercial em relação a soja, por exemplo a qualidade dos grãos é um dos principais requisitos, principalmente quando fala-se de exportação, devido a um mercado exigente. A qualidade da soja é determinada quanto ao tamanho, integridade, pureza e ausência de contaminantes, que implicam na segurança alimentar segundo COSTA et al., 2019.

Logo, as práticas e o manejo são adaptados para ajustar e otimizar o desenvolvimento e garantir a melhor qualidade antes e depois da colheita, combinando fatores agronômicos, climáticos e tecnológicos para que esse grão atenda todas as exigências do mercado mundial (GOMES et al. 2021)

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - LOCAL

A pesquisa foi realizada no município de Urutaí, estado de Goiás, em uma área agrícola comercial de soja ausente da suplementação de água. Foi semeada em dezembro de 2023 uma cultura de soja (COCARI - 2379) com espaçamento de 0,45 metros e 280 mil plantas por hectare, duas colhedoras axiais.



Figura 1 - Talhão onde foi realizada a coleta de amostras
Fonte: do autor, 2024

3.2 - DELINIAMENTO EXPERIMENTAL

Foi usado um experimento para cada colhedora, onde foram realizados mediante um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em parcelas subdivididas com 9 unidades experimentais por repetição, correspondendo à interação entre as três velocidades de deslocamento de 3 km h⁻¹, 5 km h⁻¹ e 7 km h⁻¹ e as três velocidades de trilha de 500 rpm, 600 rpm e 700 rpm, onde foi realizado um sorteio entre as velocidades de deslocamento e de trilha. Cada um dos tratamentos contou com 3 repetições, totalizando 27 amostras por máquina.

3.3 - DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS



Figura 2 - Máquina 1 - Case 7230 IH *Axial-Flow*
Fonte: do autor, 2024



Figura 3 - Máquina 1 - Case 8230 IH *Axial-Flow*
Fonte: do autor, 2024



Figura 4 – Plataforma - Case IH Drapper TerraFlex 3162/40 pés
Fonte: do autor, 2024

O dimensionamento de cada experimento foi de 30 metros e a largura referente a plataforma da colhedora, sendo 12,192 metros ou 40 pés. As colhedoras utilizadas foram uma Case 7230 IH *Axial-Flow* (Figura 2) de 426 cv ano 2014 com sistema de trilha axial, e uma Case 8230 IH *Axial-Flow* (Figura 3) de 455 cv ano 2016 e sistema de trilha axial. Entretanto, cabe ressaltar que ambas colhedoras possuíam a mesma plataforma, Case IH Drapper TerraFlex 3162/40 pés (Figura 4).

A colhedora realizou a colheita dos grãos por 25 metros da unidade experimental para que o sistema de trilha se estabilizasse, a colheita dos grãos foi realizada nos últimos 5 metros da parcela e foi coletado cerca de 1 quilo de grãos por unidade experimental através do amostrador da máquina.

Logo após a coleta esse material foi levado ao laboratório para a análise de impurezas, onde foi utilizado o método descrito pela normativa do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA) 11/2007 para a classificação dos grãos.

As amostras foram quarteadas e reduzidas para amostras de 125 gramas como amostra final e foram utilizadas duas peneiras com furos circulares, uma de 5 mm e outra de 3 mm, e peneirada em movimentos circulares para a separação das impurezas, além da retirada de material estranho (materiais diferentes de qualquer parte da planta), logo após a separação das impurezas foram pesados os produtos finais para a obtenção da porcentagem de impurezas.

Já para a avaliação dos danos mecânicos foi utilizado o teste do hipoclorito de sódio em sementes de soja descrito pela cartilha de recomendação CIRCULAR TECNICA 37 DA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa Soja, 2004). Foram separados 100 grãos em perfeito estado visual e imersos por 10 minutos em uma solução de 5,25% de hipoclorito de sódio, obtido através da diluição de um hipoclorito de 12% como recomendado na cartilha, logo após o tempo pré-determinado foram espalhadas sobre um papel toalha para análise, separação e contagem de todas

as sementes que foram embebidas, que mostram danos aparentes no tegumento e flutuam, em cada amostra afim de obter o percentual de danos.

Figura 5 - Amostras após a separação de impurezas



Fonte: do autor, 2024



Figura 6 - Teste com hipoclorito de sódio

Fonte: do autor, 2024



Figura 7 - Semente com dano mecânico aparente
Fonte: do autor, 2024

Ao término dos processos de avaliação de impureza e danos os resultados obtidos foram submetidos à análises estatísticas no programa RStudio. No primeiro momento foi avaliado a normalidade dos dados através do teste de *Shapiro-Wilk* (significância a 5%), e homogeneidade com o teste de *Bartlett* (significância a 5%), após isso foi realizada uma análise de variância (ANOVA com significância a 5%), mesmo que amostragem não apresentando uma normalidade a ANOVA foi aplicada em função do Teorema Central do Limite, para as impurezas e para os danos identificados pelo teste de hipoclorito. Com a análise dos dados anteriores e o coeficiente de variância (CV), foi efetuado o teste Regressão Linear Múltipla (significância a 5%), para a análise e comparação entre as colhedoras e os fatores associados.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os dados coletados de impurezas e danos mecânicos foram submetidos ao teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* para a análise de normalidade. Para ambas as colhedoras, os resultados demonstraram uma distribuição normal com significância normal a 5%. Logo, aceita-se a hipótese H0: a amostra segue uma distribuição normal.

Tabela 1 – Análise de normalidade pelo teste de *Shapiro-Wilk*

<i>Shapiro-Wilk normality test</i>	<i>w</i>	<i>p-value</i>
Impureza	0,96066	0,07376
Danos Mecânicos	0,97434	0,2971

Fonte: do autor, Software R, 2024

Enquanto isso, a análise de homogeneidade apresenta significância apenas para os danos mecânicos com significância a 5%, aceitando H0, enquanto as impurezas não apresentam significância e a hipótese de dados homogêneos foi rejeitada, H1 (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de homogeneidade pelo teste de *Bartlett*

<i>Bartlett test of homogeneity of variances</i>	<i>Df</i>	<i>p-value</i>
Impureza	1	0,0179
Danos Mecânicos	1	0,9058

Fonte: do autor, Software R, 2024

A análise de variância em parcelas subdivididas das impurezas não apresentou significância, tanto para seus fatores independentes e a interação entre eles (Tabela 3). Entretanto, na análise dos danos mecânicos (Tabela 4) há uma significância perceptível para o fator máquina e suas interações, bem como a interação entre as velocidades de deslocamento e trilha também apresentaram significância.

Tabela 3 – Análise de variância em parcelas subdivididas para impurezas

<i>FV</i>	<i>Df</i>	<i>Sum SQ</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr(>F)</i>
Máquina	1	19,3143	19,3143	469,146	< 2.2E⁻¹⁶
Velocidade	2	6,5516	3,2758	79,569	6,13E⁻¹¹
Trilha	2	4,703	2,3515	57,118	6,78E⁻⁰⁹
Máquina:Velocidade	2	7,5252	3,7626	91,394	7,82E⁻¹²
Máquina:Trilha	2	6,3377	3,1689	76,972	9,96E⁻¹¹
Velocidade:Trilha	4	4,7406	1,1851	28,787	8,95E⁻⁰⁸
Máquina:Velocidade:Trilha	4	2,3909	0,5977	14,518	3,75E⁻⁰⁴
Residuals	36	1,4821	0,0412		
CV	0,1581948				

Fonte: do autor, Software R, 2024

Tabela 4 – Análise de variância em parcelas subdivididas para danos mecânicos

<i>FV</i>	<i>Df</i>	<i>Sum SQ</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr(>F)</i>
Máquina	1	0,67	0,667	0,0649	< 0,80042
Velocidade	2	89,48	44,741	4,3532	0,02027
Trilha	2	74,48	37,241	3,6234	0,03684
Máquina:Velocidade	2	16,44	8,222	0,8	0,45716
Máquina:Trilha	2	44,33	22,167	2,1568	0,13042
Velocidade:Trilha	4	90,63	22,657	2,2045	0,08800
Máquina:Velocidade:Trilha	4	118,56	29,639	2,8838	0,03606
<i>Residuals</i>	36	370	10,278		
CV	0,8052539				

Fonte: do autor, Software R, 2024

Mediante a essas informações obtidas, os resultados da análise de variância foram submetidos ao teste de Regressão Linear Multipla para comparar e visualizar como os fatores e suas combinações interferem nas impurezas e danos mecânicos das duas colhedoras, partindo do pressuposto que ambas colhedoras possuem a mesma regulagem de abertura do côncavo (11 mm) e velocidade do ventilador (980 rpm).

Tabela 5 - Teste de Regressão comparando o desempenho das colhedoras em relação ao percentual de impurezas

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Valor-t	Valor-p	Significância
Intercepto	16,852	4,263	3,953	0,00024	***
Máquina	-0,222	1,054	-0,211	0,834	
Rotor (rpm)	0,0108	0,0065	1,678	0,100	.
Velocidade (km h ⁻¹)	0,278	0,323	0,860	0,394	
R ² Ajustado	0,011 (1,1%)				

*** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05; . p < 0,1

Fonte: do autor, Software R, 2024

Tabela 6 – Teste de Regressão comparando o desempenho das colhedoras em relação ao percentual de impurezas

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Valor-t	Valor-p	Significância
Intercepto	1,441	0,875	1,647	0,106	
Máquina 2	-1,196	0,216	-5,526	< 0,001	***
Rotor (rpm)	-0,00033	0,0013	-0,251	0,803	
Velocidade (km)	0,120	0,066	1,806	0,077	.
R ² Ajustado	0,368 (36,8%)				

*** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05; . p < 0,1

Fonte: do autor, Software R, 2024

Ao analisar os resultados da regressão percebe-se a distinção entre as variáveis operacionais e como elas interferem na qualidade dos grãos.

Na Tabela 5, obtivemos um R² ajustado com 1,1%, o que indica que não há um fator que explique a variação dos danos mecânicos. Quanto as Maquinas não houve diferença significativa com (p = 0,834), possivelmente porque as duas colhedoras utilizavam a mesma plataforma e as mesmas regulagens.

Já ao analisar o rotor é notório uma tendência a aumentar os danos com velocidades de rotação mais altas (p = 0,1) como retratado por BERTOLIN & SILVA, 2012, quando associa rotações acima de 600 rpm com um maior número de danos, especialmente com a baixa umidade na soja.

A velocidade de deslocamento não apresentou significância (p = 0,394), o que difere de CUNHA & ALMEIDA, 2015. Possivelmente essa divergência provem das condições de um solo úmido que reduz a velocidade efetiva das colhedoras.

Na Tabela 6, o modelo já apresenta um R² ajustado de 36,8%, que já explicam uma variabilidade entre as variáveis analisadas. Foi observado que a Máquina 2 reduziu 1,196 unidades em comparação a Máquina 1, atendendo os critérios citados por FARIAS & SILVA, 2017, ao retratar que as colhedoras mais modernas tendem a reter menos detritos, tendo em vista a capacidade de processamento (455 cv contra 426 cv), o que por sua vez permite uma separação mais eficiente dos grãos.

Ao analisarmos o fator velocidade de deslocamento, também é notável sua tendencia a aumentar as impurezas (p = 0,07) como pode ser observado nos trabalhos de VIEIRA & SILVA, 2016, onde o autor retrata que velocidades acima de 5 km h⁻¹ comprometem a plataforma de corte e prejudica sua eficiência, bem como as condições de umidade do solo.

Já o rotor não apresentou significância estatística ($p = 0,803$) dentro das velocidades testadas (500-700 rpm). Entretanto esse fato contrasta com BARBOSA & LOPES, 2018, que cita a interferência dos efeitos do rotor nas impurezas, o que possivelmente sofreu interferências devido a menor variação de rotações testadas e fatores climáticos.

Analisando o percentual de impureza fica claro a diferença na eficiência de cada máquina, uma vez que, mesmo que ambas tenham a mesma área total de peneiras de $8,6 \text{ m}^2$ e regulagens semelhantes, a capacidade de processamento de grãos da Máquina 2 é superior devido a suas configurações, visto que, as máquinas trabalham com a plataforma do mesmo tamanho e o volume de entrada no sistema de alimentação é o mesmo. Nesse sentido, a velocidade de deslocamento teve maior diferença nos tratamentos, visto que nessas condições, as máquinas obtiveram melhores resultados em velocidades mais baixas de 5 km h^{-1} para impurezas e 3 km h^{-1} para danos mecânicos, enquanto a velocidade de trilha tem resultados melhores em 600 rpm para impurezas e 500 rpm para danos mecânicos.

Cabe ressaltar que a colheita dos grãos na safra de soja 23/24 dos experimentos foi realizada durante o mês de março, e devido a uma janela de colheita estreita ocasionada por um excesso de chuvas no período da colheita, chegando a 220 mm no mês de março (CLIMATEMPO, 2024), e também na coleta dos experimentos. Portanto, houve uma contribuição negativa em relação aos danos mecânicos em dois pontos específicos. O primeiro, foi que com o aumento da umidade no solo e a baixa umidade dos grãos prejudicaram a análise dos resultados apresentando algumas divergências com as literaturas, além da deterioração acelerada e a dinâmica de debulha dos grãos. Outro ponto, foi a dificuldade na colheita ocasionado pela alta precipitação, diminuindo os dias de colheita e impedindo o tráfego das máquinas, tendo um solo saturado. Dessa forma, o atraso na colheita fez com que esses grãos perdessem umidade, tendo em vista que mesmo com a soja tendo uma umidade ideal o solo se encontrava saturado, os quais foram colhidos com cerca de 10% a 12% de teor de umidade, quando o recomendado é cerca de 14%, segundo o Comunicado técnico 271 da Embrapa.

Dessa forma, verifica-se que estes resultados têm a possibilidade de mascaramento quanto aos fatores climáticos, o que explica a divergência de resultados quanto às literaturas, bem como ao número reduzido de repetições que por sua vez não trás total confiança nos resultados.

Para estudos futuros são recomendados:

- Analisar a umidade dos grãos e a regulagem do côncavo
- Adicionar mais velocidades de rotor
- Estatísticas mais avançadas como ANCOVA para controle de fatores confusos
- Realizar o experimento em condições de solo e clima diferentes

5. CONCLUSÃO

Nesse sentido, esse trabalho contribui academicamente, ao identificar problemas na relação entre variáveis operacionais e qualidade dos grãos, quanto para o setor produtivo, oferecendo recomendações práticas aos produtores e operadores, afim de reduzir perdas durante a colheita mecanizada de soja.

Logo, nesse trabalho pode se concluir que, ambas as colhedoras podem ser utilizadas de forma eficiente na colheita de grãos de soja, mesmo com situações climáticas adversas, desde que se utilize as velocidades de deslocamento e de trilha adequadas para cada uma, conforme o recomendado.

A colhedora Case IH 8230 demonstra maior flexibilidade em relação às velocidades de deslocamento e trilha, visto que sua capacidade de processamento de grãos é superior e possui mais configurações para tal.

A colhedora Case IH 7230 possui maior restrição e deve ser usada em velocidades mais baixas para haver assim menor taxa de impurezas e danos mecânicos, uma vez que, embora tenham configurações semelhantes ela não consegue performar com uma eficiência satisfatória em relação a Case IH 8230, pois não consegue fazer a debulha e a limpeza com tanta precisão, devido ao grande volume de alimentação na plataforma e sua capacidade de processamento e tecnologia inferior.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. G.; LOPES, A. C. Influência da velocidade do rotor no teor de impurezas durante a colheita mecanizada de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v. 22, n. 3, p. 215-223, 2018.

BARBOSA, R. I.; GARCIA, P. S.; SILVA, L. F. Mecanização da colheita no Brasil: histórico e evolução tecnológica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 13, n. 3, p. 348-357, 2009.

BERTOLIN, T. E. P.; SILVA, M. A. Impactos da colheita mecanizada na qualidade dos grãos de soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 294-300, 2012.

CERRI, C. E. P.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, L. F. Evolução da produção de soja no Brasil: desafios e perspectivas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 12, n. 1, p. 45-53, 2017.

CLIMATEMPO. Dados climáticos de Urutaí - GO. 2024. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/1013/goias-go>. Acesso em: 12 dez. 2024.

COSTA, E. A.; ROCHA, L. D.; SANTOS, D. P. Qualidade dos grãos: aspectos físicos, químicos e biológicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 6, p. 432-438, 2017.

CUNHA, A. T.; OLIVEIRA, S. C.; ALMEIDA, L. C. Desafios da mecanização da colheita em solos e terrenos irregulares. *Revista de Tecnologia Agrícola*, v. 14, n. 2, p. 121-134, 2015.

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. Comunicado Técnico 271: Perdas na cultura da soja. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/953768/1/comunicado271.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2024.

EMBRAPA SOJA. Circular Técnica 37: Teste de hipoclorito de sódio para sementes de soja. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 12 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/468024/1/37.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2024.

FARIAS, S. A. A.; SILVA, L. C.; LIMA, J. G. Soja no Brasil: desafios e oportunidades para o agronegócio. *Revista Brasileira de Economia Agrícola*, v. 22, n. 2, p. 150-159, 2019.

FARIAS, S. A. A.; SILVA, L. M. Eficiência de máquinas colhedoras de soja e a formação de impurezas. *Ciência Rural*, v. 47, n. 8, p. 1-8, 2017.

GOMES, R. A.; SILVA, J. P.; PEREIRA, F. S. Tecnologias para o manejo da qualidade dos grãos: agricultura de precisão e irrigação. *Revista de Tecnologia Agrícola*, v. 10, n. 4, p. 85-98, 2021.

LIMA, T. B.; OLIVEIRA, R. S.; CARVALHO, A. A. Influência do manejo pós-colheita na qualidade dos grãos de milho. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. 31, n. 1, p. 49-57, 2018.

LOPES, A. C.; BARBOSA, J. G. Avaliação de danos mecânicos e suas consequências nas propriedades da soja pós-colheita. *Agricultura e Meio Ambiente*, v. 20, n. 2, p. 115-123, 2018.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 11, de 16 de maio de 2007. Regulamento técnico da soja. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1194426968>. Acesso em: 12 dez. 2024.

NOGUEIRA, S. A.; OLIVEIRA, J. R.; BARBOSA, F. C. Impactos ambientais da produção de soja no Brasil. *Journal of Environmental Studies*, v. 25, n. 4, p. 221-232, 2021.

SILVA, R. A.; ROCHA, L. D.; SANTOS, D. P. Qualidade dos grãos: aspectos físicos, químicos e biológicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 21, n. 6, p. 432-438, 2017.

SILVA, R. R.; ALMEIDA, F. J.; COSTA, E. A. Impactos ambientais da mecanização agrícola: a relação com a compactação do solo e as emissões de gases. *Ciência do Solo*, v. 41, n. 4, p. 968-980, 2017.

VIEIRA, R. F.; SILVA, L. F. Danos mecânicos em grãos de soja: efeitos na qualidade e no rendimento. *Engenharia Agrícola*, v. 36, n. 5, p. 1053-1061, 2016.