



## DETECÇÃO DE FALHAS DE PLANTIO EM LAVOURA DE SOJA (*Glycine max*) COM A UTILIZAÇÃO DE DRONES

---

Jamili da Silva Felder<sup>1</sup>, Adriel Pinheiro de Souza<sup>1</sup>, Wesley Vicente Claudino<sup>2</sup>, Silvan Gomes de Brito<sup>2</sup>, Edgley Pereira da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduandos em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta-MT

<sup>2</sup>Professor do curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário de Alta Floresta-MT.  
E-mail: jamilifelder26@gmail.com

Recebido em: 10/12/2025 – Aprovado em: 15/12/2025 – Publicado em: 30/12/2025  
DOI: 10.18677/Agrarian\_Academy\_2025B2

---

### RESUMO

A soja (*Glycine max* L) é a cultura agrícola mais cultivada no Brasil, superando sua área plantada a cada ano safra, fazendo desta oleaginosa a principal *commoditie* de exportação. Apesar do alto cultivo, constantemente surgem desafios que precisam ser superados durante seu cultivo para assegurar altas produtividades. Entre diversos, destacam-se as falhas de cultivos nas linhas de plantio, podendo serem ocasionadas por falhas na semeadura, sementes de baixa qualidade, solos altamente argilosos etc. As falhas de cultivo resultam em arranjos populacionais inadequados nos talhões, possibilitando surgimento de plantas daninhas, maior desenvolvimento vegetativo, acamamento, reduzindo a produtividade. Diante desta problemática, objetivou-se com o presente estudo, quantificar falhas de plantio em lavouras de soja por meio de imageamento com Drone. Para isso, o imageamento foi realizado com o Drone DJI Mavic 2s, em uma altura de voo de 60 metros, no estágio fenológico da V1 da lavoura. Foi avaliada uma área de 3,76 ha, e analisada a quantidade de metros lineares com falhas de plantio e com plantas. Também avaliadas as variáveis de produtividade (número de plantas por metro linear, número de vagens por plantas, número de grãos por vagens e peso de mil grãos) para estimar as perdas. Após as análises dos dados, foi quantificado um total de 16.159,2 m/l de falhas de plantio, essas falhas, representam cerca de 72,3 sacos de soja perdidos na área total, representando 19,1 sacos por hectare. Conclui-se que o imageamento com drone se mostra eficiente no monitoramento buscando estimar falhas de plantio, podendo ser usados como ferramenta auxiliadora na tomada de decisão como na necessidade de replantio. Com as perdas de 19,1 sacos por hectare pode-se sugerir replantio da área, pois considerando uma produtividade de 65 sacas, as perdas se aproximam de 30%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura; Aeronave Remotamente Pilotável; Arranjo Populacional; Produtividade.

## DETECTION OF PLANTING FAILURES IN SOYBEAN CROPS (*Glycine max*) USING DRONES

### ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* L) is the most cultivated agricultural crop in Brazil, surpassing its planted area each harvest year, making this oilseed the main export commodity. Despite high cultivation, challenges constantly arise that need to be overcome during cultivation to ensure high productivity. Among several, crop failures in the planting lines stand out, which can be caused by failures in the seeder, low quality seeds, highly clayey soil, etc. Cultivation failures result in inadequate population arrangements in plots, allowing the emergence of weeds, greater vegetative development, lodging, reducing productivity. Faced with this problem, the aim of this study was to quantify planting failures in soybean crops through drone imaging. For this, the imaging was carried out with the DJI Mavic 2s Drone, at a flight height of 60 meters, in the phenological stage of V1 of the crop. An area of 3.76 ha was evaluated, and the number of linear meters with planting defects and plants was analyzed. Productivity variables were also evaluated (number of plants per linear meter, number of pods per plant, number of grains per pod and weight of a thousand grains) to estimate losses. After analyzing the data, a total of 16,159.2 m/l of planting failures were quantified. These failures represent around 72.3 bags of soybeans lost in the total area, representing 19.1 bags per hectare. It is concluded that drone imaging proved to be efficient in monitoring, seeking to estimate planting failures, and can be used as an auxiliary tool in decision-making, such as the need for replanting. With losses of 19.1 bags per hectare, it is possible to suggest replanting the area, as considering a productivity of 65 bags, losses are close to 30%.

**KEYWORDS:** Agriculture, Remotely Piloted Aircraft, Population Arrangement, Production.

### INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) destaca-se como uma das culturas de maior expansão no Brasil, aumentando sua área cultivada a cada safra e desempenhando papel central na economia agrícola (CUNHA, 2015). Na safra 2024/25, o País consolidou-se como o maior produtor mundial, cultivando aproximadamente 47,6 milhões de hectares e alcançando produção estimada de 169,5 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2025).

Com esta realidade cada vez mais estabilizada de altas produções de soja, o agronegócio brasileiro destaca-se como um dos mais importantes pilares da economia do País, quando suas exportações no ano de 2023, representaram cerca de 23,8% do produto interno bruto (PIB) (CEPEA, 2024). Para o primeiro trimestre de 2024, as exportações do agronegócio brasileiro bateram recorde para o respectivo período do ano anterior, atingindo US\$ 37,44 bilhões, representando 47,8% do total das vendas do Brasil no período (BRASIL, 2024).

No Brasil, um importante produtor de soja é o Estado de Mato Grosso, localizado na região Centro Oeste, sua produção representa cerca de 32,2% do total da produção nacional. Somente no ano de 2023, este Estado produziu cerca de 45.600,5 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2023). Toda essa expressiva produção é sustentada pelos contínuos avanços tecnológicos aplicados ao sistema de produção da soja. Ao longo dos últimos anos, a cultura absorveu inovações constantes em todas as fases, do plantio à colheita, tornando-se mais eficiente, sustentável e produtiva. Essas inovações englobam melhoramento genético (como

cultivares adaptadas ao Cerrado e biotecnologia), práticas de manejo como o Plantio Direto, correção de solo e inoculação com rizóbios, além de integração lavoura-pecuária-floresta e agricultura de precisão (BRASIL, 2025).

Os avanços tecnológicos beneficiaram não apenas a agricultura em geral, mas também melhoraram significativamente a tomada de decisões no campo (RIBEIRO *et al.*, 2018). Na atualidade, a cultura da soja enfrenta desafios como adversidades climáticas, principalmente déficit hídrico decorrente da irregularidade das chuvas nas diversas regiões brasileiras, afetando especialmente a germinação das sementes e reduzindo o estande inicial de plantas por hectare. Na safra 2024/25, esses fatores impactaram cerca de 45% da área cultivada com soja no Mato Grosso do Sul (APROSOJA-MS, 2025), resultando em redução considerável da produtividade (final). Além disso, condições de estresse hídrico e térmico promoveram aumento na proporção de sementes duras e inertes, prejudicando a capacidade germinativa (ZORATO, 2025)

Tais condições, se não monitoradas para correção em tempo hábil, podem resultar em reduções significativas de produtividade, em um cenário em que o custo de produção da soja já é elevado, impulsionado principalmente pela necessidade do uso frequente de produtos fitossanitários e fertilizantes, representando aproximadamente 25% do custo total da lavoura (APROSOJA-MS, 2024).

Esse conjunto de fatores pode gerar prejuízos monetários consideráveis aos produtores. Nesse contexto, estratégias de monitoramento contínuo das lavouras durante todo o ciclo de produção tornam-se indispensáveis para assegurar altas produtividades e a rentabilidade dos agricultores. A agricultura de precisão, por meio da utilização de drones, destaca-se como uma ferramenta eficiente nesse cenário. Os drones, também conhecidos como Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), têm sido utilizados para monitoramento das lavouras, equipados com sensores multiespectrais, câmeras fotográficas, câmeras de infravermelho e filmadores que permitem observar o comportamento fisiológico das plantas (SILVA *et al.*, 2024).

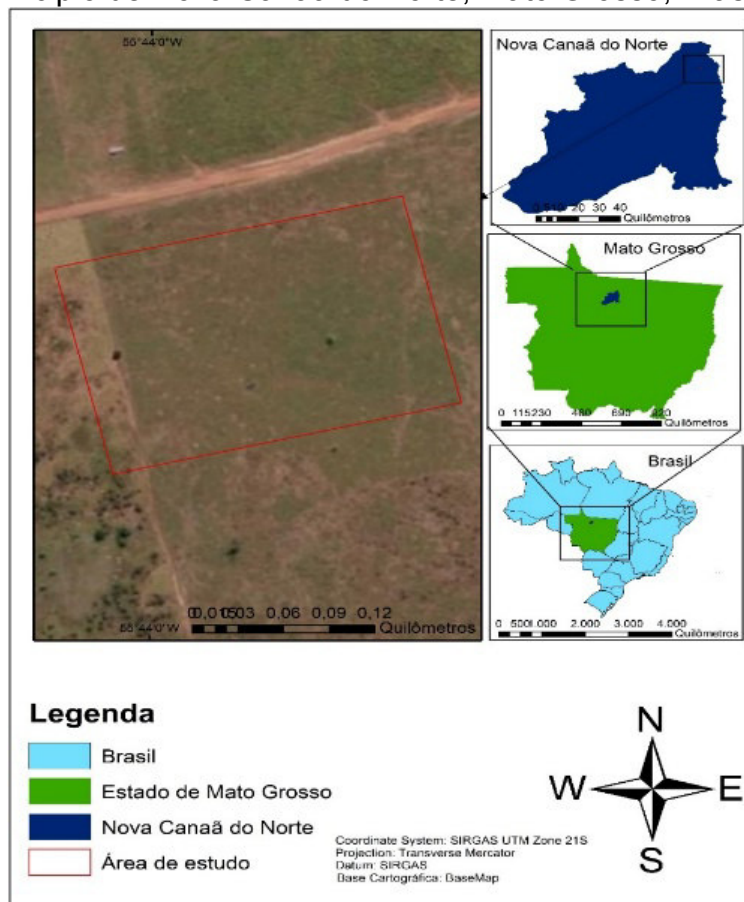
Entre os principais benefícios do uso de drones na agricultura, destacam-se a captura de imagens que podem ser analisadas por meio de índices de vegetação, permitindo estudos detalhados sobre folhas, identificação de manchas e estresses, contagem de plantas individuais, avaliação de falhas de plantio e análise de talhões inteiros. Além disso, o avanço das tecnologias de drones tem possibilitado aplicações mais precisas, como a pulverização direcionada de defensivos agrícolas, contribuindo para maior eficiência, redução de custos e menor impacto ambiental (MACHADO, 2024).

Diante dessas potencialidades, o presente estudo teve como objetivo quantificar falhas de plantio em lavouras de soja por meio de imagens capturadas com drones, a fim de identificar áreas com necessidade de replantio e estimar perdas de produtividade.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

A área experimental de realização deste estudo foi um talhão cultivado com soja no ano safra 2023/24 no município de Nova Canaã do Norte– MT (Figura 01). O município em questão é pertencente a região norte do Estado de Mato Grosso, localizado entre as coordenadas geográficas de latitude Sul 10°22'10" e de longitude Oeste 55°43'55". É composto por uma área de 5.953,099 Quilômetros quadrados (km<sup>2</sup>), onde abriga cerca de 11.707 habitantes.

**FIGURA 1:** Mapa de área de estudo destacando o talhão de soja na fazenda Eldorado no Município de Nova Canaã do Norte, Mato Grosso, Brasil.



**Fonte:** Autores (2025)

O município onde o estudo foi realizado possui uma área total de 5.953,099 km<sup>2</sup>, dos quais aproximadamente 314.239 hectares (ha) são utilizados com pastagens para pecuária bovina, enquanto 71.928 ha são destinados à agricultura, com destaque para o cultivo de soja, algodão e milho safrinha em sistema de rotação (MAP-BIOMAS, 2024). A área experimental corresponde a um talhão de 30,4 ha, localizado em área de arrendamento da Fazenda Eldorado, sendo que 12,4% da área total (3,79 ha) foram utilizadas para a execução do experimento.

O município apresenta clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por estação seca no inverno e chuvosa no verão (ALVARES *et al.*, 2013). Os solos predominantes são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) (IBGE, 2020). A região tem origem em programas de assentamento rural incentivados pelo governo federal para fins de ocupação e desenvolvimento da Amazônia Sul-mato-grossense (SCHNEIDER; PERES, 2015).

O levantamento aéreo foi realizado durante os estádios fenológicos de Vn a R1 da soja, aproximadamente entre 25 e 30 dias após a emergência (DAE). Esse período é considerado ideal para observação de falhas no estande e recomendação de replantio. A cultivar semeada foi a TMG 2379 IPRO, escolhida pela ampla utilização e bom desempenho agrônomo na região. A área do talhão foi selecionada estrategicamente por apresentar visualmente maior incidência de falhas de plantio, o que garantiu a viabilidade da análise.

O imageamento foi realizado com uma Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), modelo DJI Mavic Air 2s, equipada com câmera de 20 megapixels, sensor de uma polegada, gimbal de 3 eixos, obturador mecânico, foco automático e sistema GPS/GLONASS (DJI, 2020). O planejamento do voo foi feito por meio do software Drone Deploy, programando altura de 60 metros, com 90% de sobreposição frontal e 85% de sobreposição lateral, velocidade média de voo de 10 m/s e geração de imagens com resolução de aproximadamente 2 cm/pixel. Embora a altura de 30 metros proporcione maior nível de detalhamento, optou-se por 60 metros, que oferece bom equilíbrio entre qualidade e abrangência (PEREIRA, 2024).

As imagens captadas pertencem à faixa espectral do visível (RGB), composta pelas bandas azul (B), verde (G) e vermelha (R), com comprimentos de onda entre 400 e 700 nanômetros. Essas imagens foram processadas no software DJI Smart farm, em versão de avaliação gratuita, seguindo as seguintes etapas:

1. Alinhamento das imagens;
2. Geração da nuvem de pontos densa;
3. Construção do modelo digital do terreno;
4. Geração do ortomosaico final no formato .tiff.

Para manipulação, armazenamento e análise das imagens georreferenciadas, utilizou-se o software QGIS 3.16, operando em um notebook com processador Intel® Core™ i7-8700k (3,70 GHz), 16 GB de RAM, HD de 500 GB e SSD de 120 GB, com sistema operacional Windows 10.

Após a criação do ortomosaico, foi aplicado o Índice GLI (Green Leaf Index), que tem como principal objetivo diferenciar a vegetação do solo, por meio da intensidade da reflectância da cor verde. O índice foi calculado segundo a equação proposta por Louhaichi *et al.*, (2001):

$$GLI=(2 \cdot G-R-B)/(2 \cdot G+R+B)$$

Onde:

G = banda verde da imagem raster (Green);

R = banda vermelha (Red);

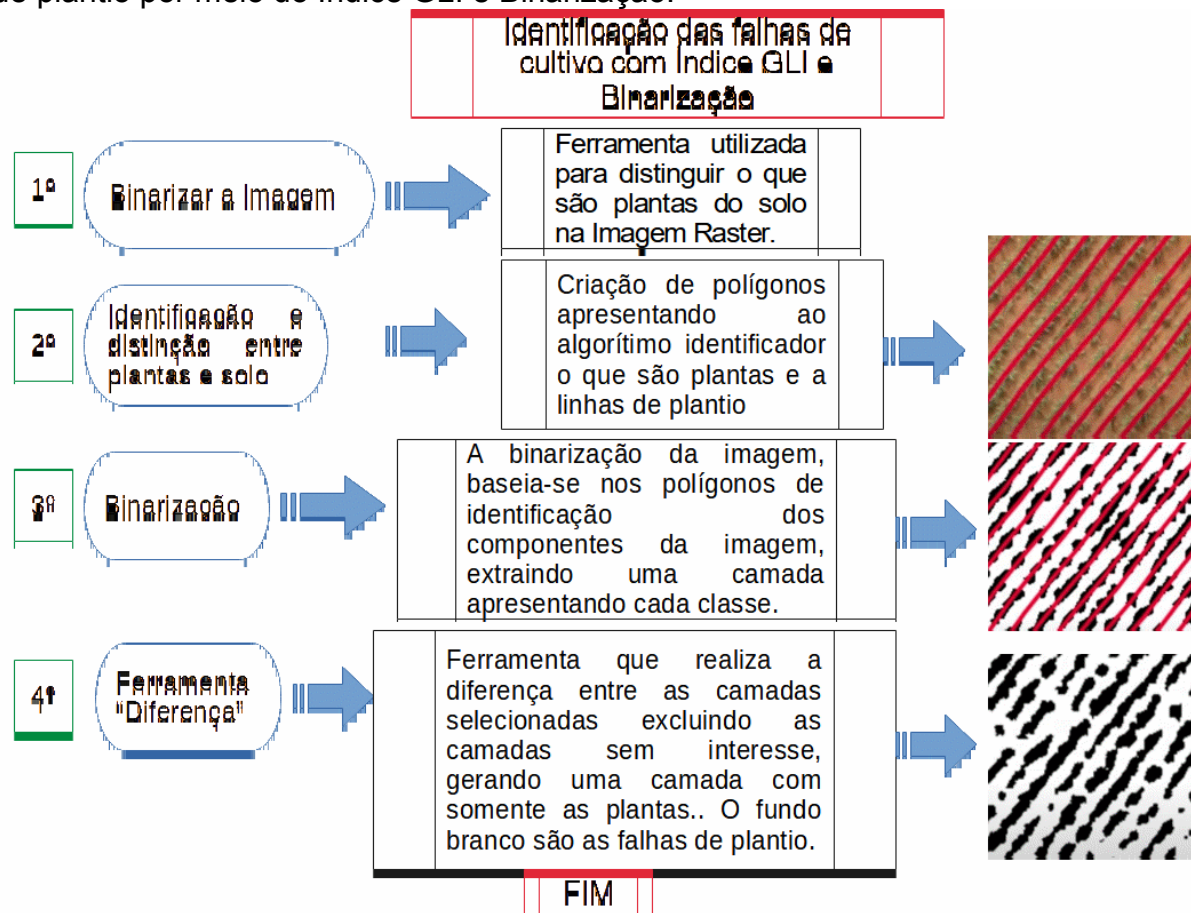
B = banda azul (Blue);

2 = fator de correção.

Os valores resultantes do GLI variam de -1,0 a 1,0, sendo que os valores positivos indicam maior reflectância verde (vegetação), enquanto os negativos apontam maior exposição do solo. A partir dos resultados do índice, foi realizada a binarização da imagem para separação entre plantas e áreas descobertas (falhas).

Com o uso de ferramentas de geoprocessamento no QGIS, foram geradas linhas vetoriais sobre os polígonos de vegetação (linhas de plantio). A partir dessas linhas, criou-se uma camada vetorial separando os polígonos de solo exposto, por meio da operação “diferença geométrica”, permitindo identificar com precisão as áreas com falhas de cultivo (Figura 02).

**FIGURA 2:** Fluxograma apresentando as principais etapas da identificação de falhas de plantio por meio do Índice GLI e Binarização.



**Fonte:** Autores (2025).

O estande inicial de plantas esperada por hectare no talhão estudado foi determinado pela equação 02:

$$\text{Equação 02: População de plantas por hectare} = \frac{10000}{0,50} * n^{\circ} \text{ de plantas/metro/linear}$$

Onde:

10000 = Valor de m<sup>2</sup> correspondente a 1 hectare;

0,50 = Valor de exemplo do espaçamento entre linha;

n<sup>o</sup> de plantas/metro linear = Número de plantas por metro linear.

Com a binarização, foi estimada a quantia de metros lineares de cultura no hectare estudado. Também com a binarização, foi estimada a quantia em metros lineares de falhas de plantio no hectare. Esses valores foram multiplicados pela quantia de plantas por metro linear (16 plantas por metro), estimada a população atual e número de plantas ausentes devido as falhas de plantio.

Para estimar as perdas de produtividade, considerou-se plantas com 35 vagens, três grãos por vagem, e Peso de Mil Grãos (PMS) de 160 gramas (g). Com esses dados, e estimando o número de plantas perdidas com base em metros lineares de falha, e considerando 16 plantas por metro, estimou-se em quilogramas a perda no hectare (cálculo 1).

Cálculo 1:

$16.159,2 \text{ m/l} * 16 = 258.547,2$  Plantas Perdidas

$258.547,2 * 35 = 9.049.152$  Vagens Perdidas

$9.049.152 * 3 = 27.147.456$  Grãos Perdidos

$27.147.456 / 1000 = 27.147,2$  Milhares de Grãos

$27.147,2 * 160 \text{ (PMS)} = 4.343.584$  Perda em Gramas

$4.343.584 / 100$

$0 = 4.343,5$  Perda em Kg

$4.343,5 / 60 = 72,2$  Perdas em Sacas (60 kg)

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta e o processamento de dados, foram identificadas e representadas, nas figuras subsequentes, as falhas de plantio presentes no talhão de soja em avaliação. O levantamento foi conduzido no estágio fenológico R1, correspondente ao intervalo de 25 a 30 dias após o plantio (DAP). Nesse estágio, as falhas de emergência foram constatadas visualmente pela presença de faixas de solo exposto ao longo das linhas de cultivo (figura 3), caracterizando a ausência de plantas e possibilitando a delimitação espacial dessas discontinuidades no estande.

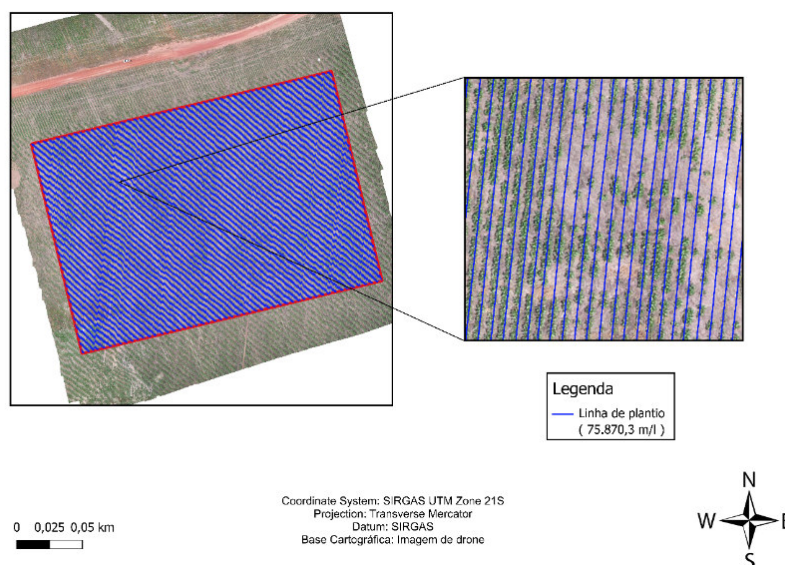
**FIGURA 3:** Manchas com falhas de plantio identificadas e avaliados no talhão de soja estudado.



**Fonte:** Autores (2025).

A área avaliada corresponde a 3,79 ha, representando 12,4% da área total da lavoura. Adotando-se o espaçamento entre linhas de 0,50 m, estimaram-se 75.870,3 m lineares de sulcos de cultivo de soja na área analisada (Figura 4). Esse parâmetro foi utilizado como referência para a determinação da densidade populacional e para a quantificação das falhas de estande no talhão.

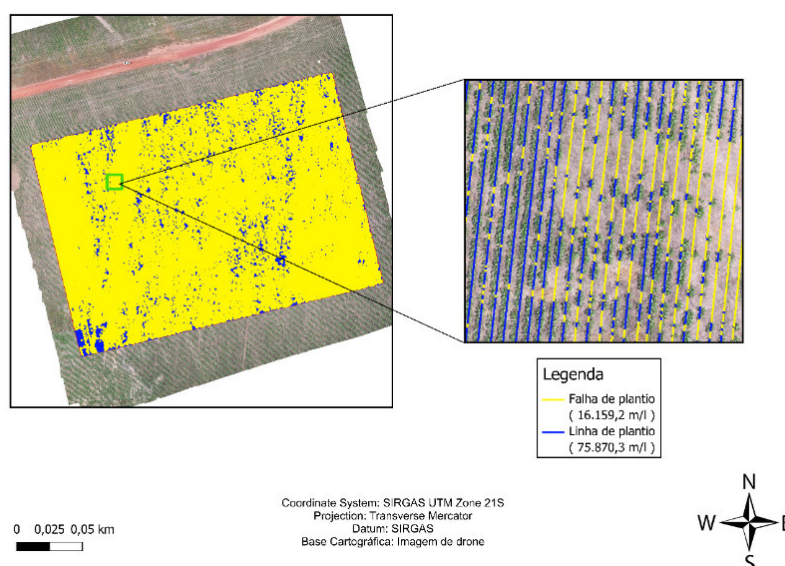
**FIGURA 4:** Linhas de plantio identificadas na área avaliada, totalizando 75.870,3 metros linear de linhas de plantio na área.



**Fonte:** Autores (2025).

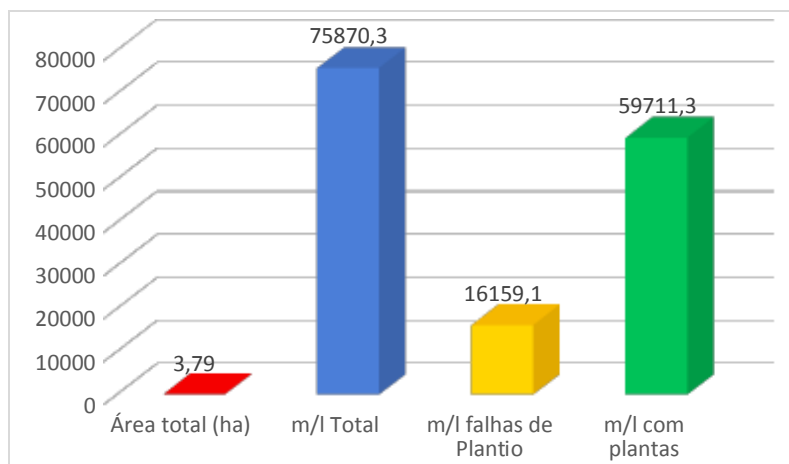
Após a vetorização das linhas de plantio, procedeu-se à identificação das falhas de estande, quantificando-se os segmentos em metros lineares (m/l) sem plantas e aqueles com presença de soja. Na área avaliada, foram registradas 16.159,2 m/l de falhas (Figura 05). Considerando o total estimado de 75.870,3 m/l de linhas de plantio, no espaçamento de 0,50 m e área de 3,79 ha, obteve-se 59.711,1 m/l com plantas estabelecidas, correspondendo a uma redução de 21,3% no estande do talhão (Figura 06).

**FIGURA 5:** Mapa apresentando as linhas de plantios (azul), e as falhas de plantio (amarelas) identificadas.



**Fonte:** Autores (2025).

**FIGURA 6:** Gráfico apresentando a área total avaliada em hectares (vermelho), e as áreas totais em metros lineares de linhas de plantios, falhas de plantios e linhas com plantas.



**Fonte:** Autores (2025).

Com base na análise dos dados, considerando 16 plantas por metro linear, 35 vagens por planta, três grãos por vagem e peso de mil grãos (PMG) de 160 g estimou-se que as falhas de plantio, totalizando 16.159,1 m lineares (Cálculo 1), resultaram na perda de aproximadamente 72,3 sacas de soja, equivalentes a 19,1 sacas por ha. Tomando como referência a produtividade média de 3.897 kg há<sup>-1</sup> (64,95 sc ha) para o estado de Mato Grosso na safra de 2024/25 (CONAB,2025), verificou-se que as falhas correspondem a uma redução de cerca de 30% no rendimento potencial, caracterizando perdas expressivas. Adicionalmente, ao considerar o preço médio de R\$ 129,06 por saca no dia 24 de abril de 2025(CEPEA, 2025), a perda financeira estimada no talhão foi de R\$ 9.331,03.

Com o avanço tecnológico, os drones vêm sendo amplamente aplicados na agricultura. O estudo realizado por Alavikunhu Panthakkan *et al.* (2025) demonstrou que, na cultura de palma na região de Dubai, índices de vegetação derivados de imagens RGB (como VARI e MGRVI) apresentaram desempenho comparável aos índices multiespectrais tradicionais (NDVI, SAVI), oferecendo uma alternativa mais econômica e acessível para monitoramento da saúde vegetal.

Além disso, em cultivo de cactos (cashew), Rajagopal e Murugan (2023) desenvolveram drones com inteligência artificial capazes de detectar doenças foliares precocemente, com precisão de até 99 % para folhas saudáveis e 95 % para aquelas afetadas por antracnose, possibilitando uma aplicação mais precisa e eficiente de agroquímicos. Esses conjuntos de serviços ofertados, permitem que na agricultura de precisão, a aplicação com esses avanços tecnológicos, combinados aos drones, representam uma abordagem altamente eficiente para a aplicação localizada de produtos fitossanitários, sendo o principal método para reduzir os custos de produção e impactos ambientais para o produtor.

Com a realização do presente trabalho, apresenta-se mais uma utilidade dos Drones na agricultura, sendo sua capacidade de monitoramento do estande de plantas nas lavouras de soja, que é um dos elementos primordiais para as altas produtividades. No estado de São Paulo, o estudo de Marchiori e Trevisan (2017) empregou a mesma metodologia para avaliar as falhas no plantio de cana-de-açúcar. Segundo estes autores, avaliar a porcentagem de falhas de plantio tem

grande importância para o produtor avaliar a necessidade de uma intervenção para replantio e assim não permitir que o canavial siga para a colheita com baixa produtividade.

Santana e Silva (2021), também usaram as potencialidades dos Drones para o monitoramento de falhas de plantio em lavouras de cana-de-açúcar, os autores mostram que para cana-de-açúcar, o imageamento deve ser feito quando as plantas tiverem entre 0,4 a 0,9 m de altura, alturas superiores das plantas, não expressam a realidade de falhas de plantio do canavial, devido ao fechamento do dossel com o porte maior da lavoura. Segundo estes autores, o fechamento do canavial pelo crescimento da própria lavoura e consequente ocultamento das falhas de plantio pela imagem de Drone é chamado popularmente de efeito “guarda-chuva”.

Esse efeito guarda-chuva também pode ocorrer em lavouras de soja. Tendo conhecimento desta possibilidade, no estudo de Pereira (2024), por exemplo, identificou-se que para o imageamento de lavouras de soja com finalidade de avaliação de plantas individuais (falhas de plantio), uma altura do voo do drone de 30 m, em estágio fenológico inicial sendo de VC para V1, são os momentos ideais para o monitoramento.

## CONCLUSÕES

Com a realização do presente estudo, conclui-se que o imageamento com Drones é eficiente nas monitorações de lavouras, podendo quantificar falhas de plantio, para orientar na tomada de decisão como na necessidade de replantio do talhão. Com as perdas estimadas de 72,3 sacos de soja na área avaliada (3,79 ha), que representa cerca de 19,1 sacos por hectare, pode-se sugerir replantio da área, pois considerando uma produtividade de 65 sacas, as perdas se aproximam de 30%.

## REFERÊNCIAS

ALAVIKUNHU PANTHAKKAN, J.; ANZAR, S.M.; SHERIN, K.; MANSOORI, S.A.; AHMAD, H.A.; **Evaluating vegetation indices from RGB and multispectral UAV images for monitoring oil palm health in Dubai.** *arXiv preprint*, 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2505.07840>. Acesso em: 3 set. 2025.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

APROSOJA-MS.- Associação dos produtores de soja de Mato Grosso do Sul. informa que déficit hídrico e altas temperaturas afetaram cerca de 45 % da área total cultivada com soja. **Agroclima – Climatempo**, 20 fev. 2025. Disponível em: <https://agroclima.climatempo.com.br/noticia/2025/02/20/deficit-hidrico-e-altas-temperaturas-impactaram-45-da-area-total-de-soja-em-ms>. Acesso em: 04 set. 2025.

APROSOJA-MS- Associação dos produtores de soja de Mato Grosso do Sul. **Custo de Produção de Soja – Safra 2024/2025.** 2024. Disponível em: [https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/custo%20soja%2024\\_25%20revi\\_sado\\_0.pdf](https://aprosojams.org.br/sites/default/files/boletins/custo%20soja%2024_25%20revi_sado_0.pdf). Acesso em: 4 set. 2025.

BRASIL. **Evolução genética da soja no Brasil: avanço estratégico para a cadeia de multiplicação de sementes.** *Seednews*, edição maio/junho 2025, p. xx-yy.

Disponível em: <https://abrass.org.br/noticias/evolucao-genetica-da-soja-no-brasil-avanco-estrategico-para-a-cadeia-de-multiplicacao-de-sementes>. Acesso em: 04 set. 2025.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Exportações do agronegócio brasileiro batem recorde no primeiro trimestre de 2024 e atingem US\$ 37,44 bilhões**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-brasileiro-batem-recorde-no-primeiro-trimestre-de-2024-e-atingem-us-37-44-bilhoes#:~:text=O%20agroneg%C3%B3cio%20representou%2047%2C8,no%20primeiro%20trimestre%20de%202023>. Acesso em: 01 de Novembro de 2024.

CEPEA (2024). Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ USP. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx#:~:text=Considerando%2Dse%20os%20desempenhos%20da,%2C6%25%20registrados%20em%202021> Acesso em: 01 de Novembro de 2024

CEPEA (2025). Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ USP. <http://cepea.esalq.usp.br/> Acesso no dia 05 de Abril de 2025.

CONAB (2025) – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Safra 2024/25**, 7º Levantamento. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/7o-levantamento-safra-2024-25/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 06 de Maio de 2025.

CUNHA, R.; A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, Santa Catarina, v. 11, n.1, p. 217-238, julh/2015.

DJI. Phantom 4. Disponível em: <https://www.dji.com/phantom-4> Acesso em: 01 de Novembro 2022.

EMBRAPA (2023). **Soja em números (safra 2022/23)**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> Acesso em: 01 de Novembro de 2024.

EMBRAPA. **Sustentabilidade e inovações tecnológicas na produção de soja**. Notícia publicada em 2023, destacando práticas como manejo integrado, correção de solo e uso de rizóbios. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81613580/brasil-lidera-e-e-referencia-no-desenvolvimento-de-tecnologias-sustentaveis-para-producao-de-soja>. Acesso em: 04 set. 2025

IBGE-2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos> Acesso em 01 de Maio de 2025.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. **Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat**.

**Geocarto International**, v. 16, n. 1, p. 65–70, 2001. DOI: 10.1080/10106040108542184.

MACHADO, R. A. Tecnologia de drones voltada para pulverização agrícola. **Scientific Electronic Archives**, v. 7, n. 9, p. 1-9, 2024. Disponível em: <https://scientificelectronarchives.org/index.php/SEA/article/download/2022/2035/6077>. Acesso em: 4 set. 2025.

MAPBIOMAS – Coleção [7] da **Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, Nova Monte Verde – MT, 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Exportações do agronegócio brasileiro batem recorde no primeiro trimestre de 2024 e atingem US\$ 37,44 bilhões**, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-brasileiro-batem-recorde-no-primeiro-trimestre-de-2024-e-atingem-us-37-44-bilhoes#:~:text=O%20agroneg%C3%B3cio%20representou%2047%2C8,no%20primeiro%20trimestre%20de%202023>. Acesso em: 01 de Novembro de 2024.

MARCHIORI, L.F.S.; TREVISAN, H.M. **Levantamento de Falhas na Cultura de Cana-de-açúcar por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)**. In: WORKSHOP AGROENERGIA MATERIAS-PRIMAS, 11, 2017, Ribeirão Preto. Anais eletrônicos...Ribeirão Preto: IAC, 2017.

PEREIRA, P.H.; **Influência da altura do mapeamento na detecção de falhas de plantio da cultura de soja (*Glycine max* L.) em diferentes fases fenológicas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação), Curso de Graduação Bacharelado em Agronomia, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias, Campus de Alta Floresta, Universidade do Estado de Mato Grosso, 34f, 2024.

RAJAGOPAL, R.; MURUGAN, R. **Early detection of cashew leaf diseases using UAV imagery and deep learning**. *arXiv preprint*, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2303.08556>. Acesso em: 3 set. 2025.

RIBEIRO, J.G.; MARINHO, Y.; ESPINOSA, M. AGRICULTURA 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. **Simpósio de engenharia de produção, Catalão – GO**, v. 2, p. 1-7, agos/, 2018.

SANTANA, C.H.G.; SILVA, A.A.L.; Identificação de falhas de plantio em lavoura de cana-de-açúcar em diferentes alturas com uso de Vant. **Revista Científica Eletrônica De Agronomia Da Faef**, v.40, n.1, 2021.

SCHNEIDER, M.; PERES, C.A. Environmental costs of government-sponsored agrarian settlements in Brazilian Amazonia. **PloS ONE**, v.10, n.8, 2015.

SILVA, J. R.; PEREIRA, M. A.; LIMA, F. A. O uso de drones na agricultura de precisão: uma revisão. **Revista Lumen et Virtus**, São José dos Pinhais, v. 15, n. 41, p. 5658-5670, 2024. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/download/870/1263/3369>. Acesso em: 4 set. 2025.

ZORATO, M. F. **Heranças do impacto climático na safra 2024/25 no potencial fisiológico de sementes.** *SEEDNews*, mai/2025. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/4737-herancas-do-impacto-climatico-na-safra-2024-25-no-potencial-fisiologico-de-sementes-edicao-maio-2025>. Acesso em: 04 set. 2025. seednews.com.br