

Alexandre Gabriel LUCHETE*

 <https://orcid.org/0000-0001-9156-0123>

Eduardo Sanches CARDOSO**

 <https://orcid.org/0009-0001-5784-009X>

Fernando Alves TROMBETA***

 <https://orcid.org/0009-0004-3597-1170>

Camila F. Ferreira APARECIDO****

 <https://orcid.org/0000-0002-8429-950X>

Recebido em: 18 de março de 2026.

Aprovado em: 05 de agosto de 2026.

ANÁLISE COMPARATIVA DE SENSORES RGB E LiDAR APLICADOS À TOPOGRAFIA COM DRONES EM ÁREAS AGRÍCOLAS

RESUMO

O sensoriamento remoto tem se consolidado como uma ferramenta fundamental no monitoramento ambiental e no manejo agrícola, sobretudo com o avanço dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre os sensores RGB e LiDAR aplicados ao levantamento topográfico em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, atividade que demanda alta precisão altimétrica para a sistematização do terreno. O estudo foi conduzido na Fazenda Brasil, localizada em Suzanópolis-SP, utilizando drones equipados com câmera fotogramétrica RGB e sensor LiDAR. Foram avaliados parâmetros como altitude de voo, sobreposição de imagens, densidade de pontos, tempo de processamento, presença de GCPs e capacidade de penetração na vegetação. Os resultados demonstraram que o sensor LiDAR proporciona maior precisão na obtenção do Modelo Digital do Terreno (MDT), especialmente, em áreas com vegetação densa e relevo acidentado, devido à sua capacidade de atravessar a cobertura vegetal e captar informações diretamente do solo e o sensor RGB apresentou melhor desempenho em áreas abertas, com menor custo operacional, porém com limitações na definição altimétrica em regiões vegetadas. Conclui-se que, embora ambas as tecnologias apresentem potencial para aplicação na agricultura de precisão, o LiDAR mostra-se mais eficiente para levantamentos que exigem maior acurácia em ambientes complexos, enquanto o RGB pode ser uma alternativa viável em áreas menos exigentes em termos de detalhamento topográfico.

Palavras-chave: agricultura de precisão; sensoriamento remoto; RGB; LiDAR.

COMPARATIVE ANALYSIS OF RGB AND LiDAR SENSORS APPLIED TO UAV-BASED TOPOGRAPHIC SURVEYS IN AGRICULTURAL AREAS

ABSTRACT

Remote sensing has become an essential tool for environmental monitoring and agricultural management, particularly with the advancement of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). This study aimed to conduct a comparative analysis of RGB and LiDAR sensors applied to topographic surveys in sugarcane cultivation areas, an activity that requires high altimetric accuracy for land leveling. The study was conducted at Fazenda Brasil, located in Suzanópolis, São Paulo, Brazil, using UAVs equipped with an RGB photogrammetric camera and a LiDAR sensor. Parameters such as flight altitude, image overlap, point density, processing time, presence of Ground Control Points (GCPs), and vegetation penetration capability were evaluated. The results demonstrated that the LiDAR sensor provides greater accuracy in generating the Digital Terrain Model (DTM), particularly in areas with dense vegetation and rugged terrain, due to its ability to penetrate vegetation cover and acquire information directly from the ground. The RGB sensor performed better in open areas and had lower operational costs, but showed limitations in altimetric definition in vegetated areas. It is concluded that, although both technologies have potential applications in precision agriculture, LiDAR is more efficient for surveys requiring greater accuracy in complex environments, whereas RGB may be a viable alternative in areas with lower topographic detail requirements.

Keywords: precision agriculture; remote sensing; RGB; LiDAR.

* Especialista em Agricultura de Precisão pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul, SP/BR – Unifunec. E-mail: luchete.alexandre@hotmail.com

** Especialista em Agricultura de Precisão pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul, SP/BR – Unifunec. E-mail: eduardo.sanches@gmail.com

*** Especialista em Agricultura de Precisão pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul, SP/BR – Unifunec. E-mail: fernandotrombet@gmail.com

**** Doutora, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul, SP/BR – Unifunec. E-mail: camilaffaparecido@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto por meio de aeronaves tripuladas e plataformas de satélite no manejo agrícola e monitoramento ambiental, tem sido objeto de pesquisa há mais de 60 anos (Pessi, 2019; Pinter *et al.*, 2003). Agências governamentais utilizam-se de dados remotamente detectados de satélites no monitoramento ambiental e na produção agrícola (Atzberger, 2013; Doraiswamy *et al.*, 2003; Pessi *et al.*, 2020). No entanto, algumas demandas, em termos de mapeamento da agricultura de precisão, não foram adotadas tão amplamente no agronegócio devido à carência de resolução espacial das imagens mais refinada, especialmente para aplicações que exigem escala centimétrica de análise. Outra limitação é a presença de nuvens e a entrega lenta de informações aos usuários finais, para situações que exigiram tomadas de decisão ágeis (Jackson, 1984; Mulla, 2013; Pessi, 2019; Pinter *et al.*, 2003).

O uso de aeronaves remotamente pilotadas em ecologia e conservação dos recursos naturais tem experimentado um grande crescimento na última década (Sandbrook, 2015) e conta com uma quantidade crescente de literatura publicada, a qual apoia amplamente o seu uso (Baena; Boyd; Moat, 2018).

Nesse contexto, a agricultura de precisão surge como uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios. A OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) realizou, em 2022, diversos eventos, como o Fórum de Infraestrutura da OCDE, onde enfatizaram a importância de reformar as políticas agrícolas para a mitigação das mudanças climáticas, destacando o papel potencial das tecnologias de precisão.

Estudos recentes ressaltam o potencial transformador da tecnologia de drones na agricultura, na qual os equipamentos vêm desempenhando papel cada vez mais importante, sobretudo no levantamento topográfico (Singh *et al.*, 2024).

O levantamento topográfico é uma etapa muito importante no planejamento e execução de projetos agrícolas, principalmente, em culturas mecanizadas como a cana-de-açúcar. Antigamente, isso era feito só com equipamentos terrestres, mas hoje em dia é cada vez mais comum usar tecnologias aéreas, tipo os drones (VANTs). Eles conseguem capturar dados bem detalhados e viraram ferramentas muito úteis na agricultura de precisão. Entre os sensores mais comuns, estão a câmera RGB e o LiDAR.

Dentro desse contexto, este trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa entre estas duas tecnologias, RGB e LiDAR, no contexto da sistematização de áreas agrícolas de cana-de-açúcar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Levantamento Topográfico com VANT

O levantamento topográfico com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), popularmente conhecidos como drone, é uma metodologia baseada na aquisição de dados geoespaciais por meio de sensores embarcados, como câmeras RGB, multiespectrais ou LiDAR, permitindo a geração de produtos cartográficos tridimensionais com alta resolução espacial e precisão métrica. Essa técnica fundamenta-se na fotogrametria aérea de curto alcance, onde imagens georreferenciadas e com sobreposição são processadas para gerar uma nuvem de pontos densa, ortomosaicos, Modelos Digitais de Superfície (MDS) e Modelos Digitais do Terreno (MDT).

O processo inicia-se com o planejamento da missão de voo, onde se definem parâmetros como altitude, sobreposição frontal e lateral, GSD (Ground Sample Distance), tipo de sensor e pontos de controle GCPs (Ground Control Points). A coleta de dados é realizada com base em uma malha de sobreposição, geralmente, 70% frontal e 60% lateral, garantindo redundância e estereoscopia adequada para o processamento.

As imagens obtidas são processadas em softwares de fotogrametria (como Agisoft Metashape, Pix4D Mapper ou RealityCapture), que utilizam algoritmos de Structure from Motion (SfM) e Multi-View Stereo (MVS) para reconstrução tridimensional da cena. O produto inicial gerado é a nuvem de pontos densa, contendo informações altimétricas de todos os objetos visíveis capturados pelo sensor.

2.2 Modelo Digital de Superfície (MDS) e Modelo Digital do Terreno (MDT)

O Modelo Digital de Superfície (MDS) é obtido, diretamente, de nuvem de pontos densa, representando a cota da superfície superior de todos os objetos, tais como vegetações, edificações e o terreno em si. Por outro lado, o Modelo Digital do Terreno (MDT) é formado apenas por pontos do solo (Mendonça, 2022).

Assim, o MDT exige a remoção de objetos que estejam no solo e que não pertençam ao relevo natural, isso é feito por algoritmos de classificação de pontos, filtragens de imagem, que segmentam a nuvem em classes como “solo”, “vegetação” e “edificação” e, após esse processo, apenas os rótulos como “solo” são utilizados para formar o MDT (Mendonça, 2022).

A precisão do MDT depende fortemente da densidade da nuvem de pontos, da qualidade da classificação e da presença de GCPs, bem distribuídos. Alguns sensores que podem ser utilizados são RGB e o LiDAR. Em áreas com vegetação mais densa e relevo acidentados, o sensor LiDAR é mais eficiente pois consegue atravessar a vegetação (Mendonça, 2022).

2.3 Comparação Técnica: RGB vs. LiDAR

A Tabela 1 apresenta a comparação das Técnicas RGB e LiDAR, apresentando seus princípios, densidade de pontos, precisão altimétrica, entre outros pontos.

Com a presente tabela, podem-se analisar as potencialidades e limitações de cada tecnologia, considerando suas aplicações em levantamentos topográficos e mapeamentos de alta precisão

Tabela 1 – Comparativo das técnicas RGB e LiDAR

CRITÉRIO	CÂMERA RGB	LiDAR
Princípio	Fotogrametria	Emissão de pulsos de laser
Densidade de Pontos	Variável	Alta e uniforme
Precisão Altimétrica	Boa em áreas abertas	Elevada em todos os terrenos
Penetração na Vegetação	Não	Sim
Custo do Equipamento	Baixo (R\$~25.000)	Alto (R\$~250.000)
Tempo de Processamento	Mais demorado	Mais rápido
Ortomosaico	Sim	Sim

Fonte: Dos próprios autores, 2025.

3 METODOLOGIA

Conduziu-se o presente estudo em três fases: a primeira, baseado na metodologia dedutiva de caráter exploratório, com pesquisas bibliográficas revisando pesquisas anteriores; a segunda, na definição da área a ser mapeada; a terceira relaciona-se ao levantamento topográfico utilizando de drones equipados com sensores RGB e LiDAR, sendo realizado um voo independente para cada equipamento no mesmo dia e nas mesmas condições ambientais; e a quarta baseada no tratamento, análise e discussão dos registros obtidos.

O estudo foi realizado através da altimetria na fazenda Brasil, localizada no município de Suzanópolis, São Paulo, nas coordenadas geográficas latitude 20°22'10.86" S e longitude 51°3'8.27" O, Zona: 22 K. No estudo, foi realizado o levantamento topográfico para elaboração de um projeto de preparo, sistematização e plantio na cultura de cana-de-açúcar.

Após os dados coletados, utilizou-se o software QGIS:3.33.3 para elaboração das análises e comparação das imagens (resultados) obtidas durante o levantamento topográfico com drones equipados com sensores RGB e LiDAR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão mostrados os resultados encontrados e avaliação das imagens e dados obtidos através do levantamento topográfico da fazenda Brasil, no município de Suzanópolis – SP, com a utilização de drones equipados com sensores RGB e LiDAR. O estudo foi realizado para o levantamento topográfico para elaboração de um projeto de preparo, sistematização e plantio na cultura de cana-de-açúcar.

A Tabela 2 apresenta os dados de coleta de imagens para o drone utilizando as Técnicas RGB e LiDAR, tais como altitude de voo, sobreposição, tempo de voo, GCPs utilizados, software e densidade de pontos para cada tecnologia adotada, referentes à coleta realizada em dezembro de 2024.

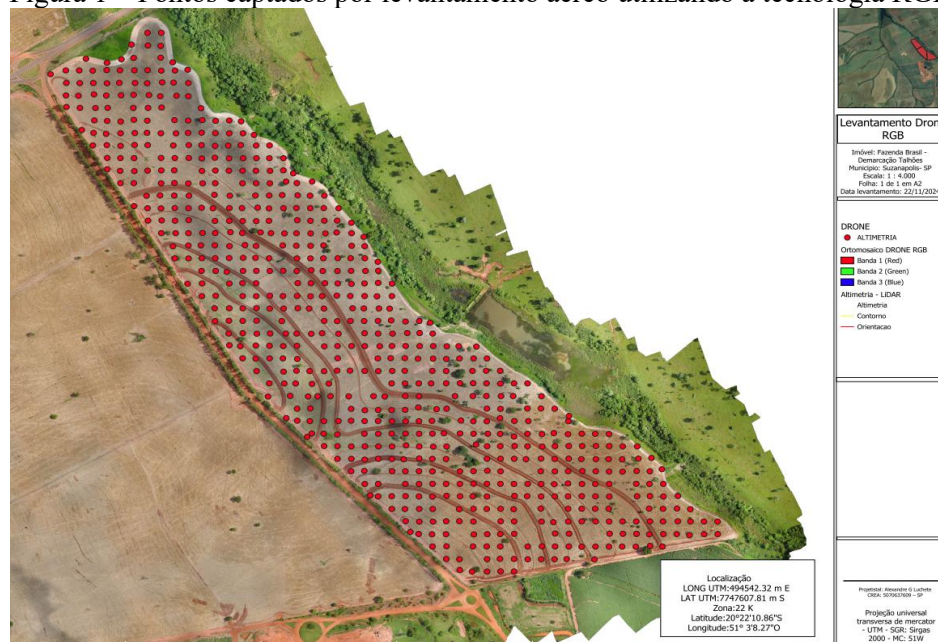
Tabela 2 – Dados de coleta de imagens por drone.

PARÂMETRO	RGB	LiDAR
Altitude de voo	120 m	100 m
Sobreposição	80% frontal, 70% lateral	Não se aplica
Tempo de voo	60 min.	50 min.
GCPs utilizados	8	3 (com RTK/IMU)
Software	Agisoft Metashape	Terra Solid + QGIS
Densidade de pontos	~150 pts/m ² (área aberta)	~350 pts/m ² (uniforme)

Fonte: Dos próprios autores, 2025.

As imagens foram tiradas dentre os parâmetros da Tabela 1 e representam as etapas do levantamento topográfico feito por drone utilizando base fixa e fotogrametria RGB do equipamento Xmobots Aractor, composto Sensor: CMOS Exmor APS-C (23,5x15,6mm), assim, a Figura 1 representa a primeira etapa do levantamento topográfico por RGB, onde mostra os pontos captados por levantamento topográfico por sensor RGB, que disponibiliza uma nuvem de pontos mais espalhados, com distância um pouco mais elevada entre cada ponto, entre 2 e 10 metros.

Figura 1 – Pontos captados por levantamento aéreo utilizando a tecnologia RGB



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

A Figura 2 representa a segunda etapa do levantamento topográfico utilizando o sensor RGB onde é extraído o ortomosaico a partir dos pontos captados. Pode-se ainda identificar, com sua imagem em cores, limite do talhão, localização de carregadores e, caso o terreno possua baixa vegetação, localização de terraços.

Figura 2 – Ortomosaico extraído a partir dos pontos captados por levantamento aéreo utilizando a tecnologia RGB



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

A Figura 3 representa a terceira etapa do levantamento topográfico utilizando o sensor RGB, essa etapa é a final, onde é obtido o resultado do levantamento. Na imagem, pode-se identificar o contorno altimétrico do terreno, obtendo assim variação de cotas e topografia do terreno.

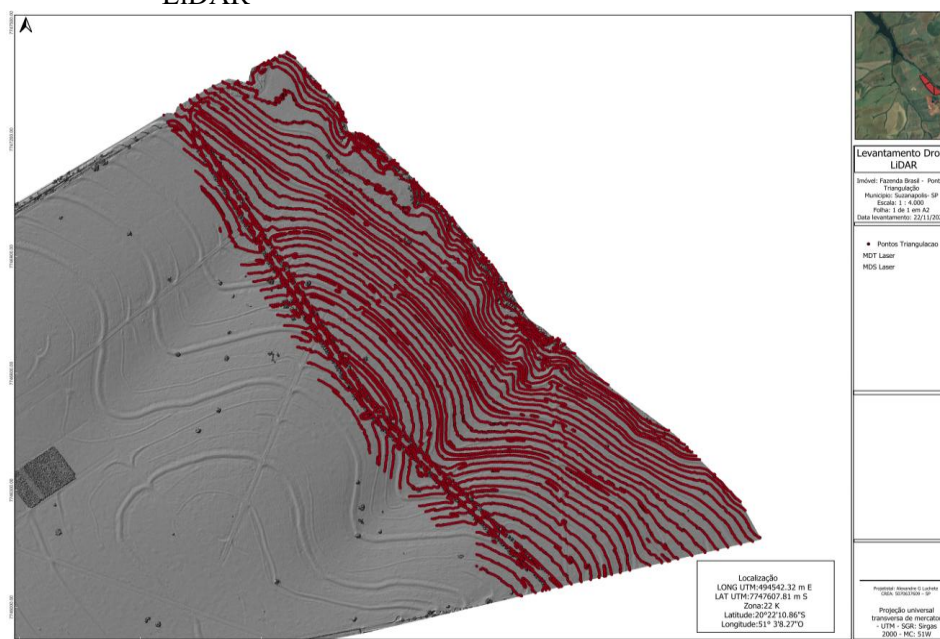
Figura 3 – Contorno altimétrico do terreno obtido por levantamento aéreo utilizando a tecnologia RGB



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

As imagens a seguir também foram tiradas dentre os parâmetros da Tabela 1 e representam as etapas do levantamento topográficos aéreo feito por drone utilizando a tecnologia LiDAR, com o equipamento DJI Matrice 300 e com o sensor LiDAR – DJI Zenmuse L1. A Figura 4 representa a primeira etapa do levantamento topográfico por LiDAR, onde mostra os pontos captados por levantamento topográfico por sensor LiDAR, que disponibiliza uma nuvem de pontos com agrupamentos maior, cobrindo uma maior área do terreno, com distância de um ponto para outro entre 0,50 e 0,75 metros.

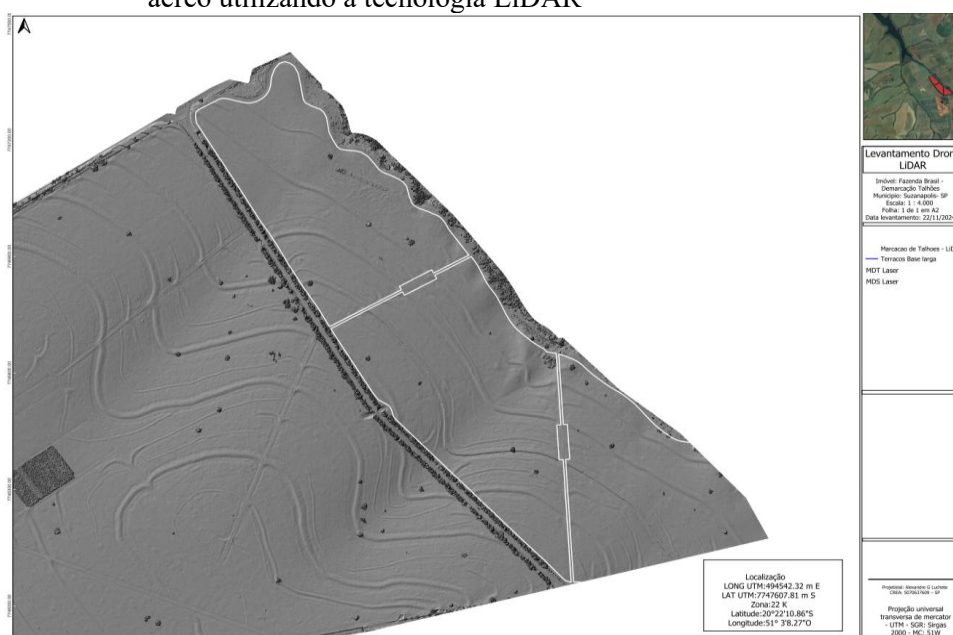
Figura 4 – Pontos captados por levantamento aéreo utilizando a tecnologia LiDAR



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

A Figura 5 representa a segunda etapa do levantamento topográfico utilizando o sensor LiDAR onde é extraído o ortomosaico a partir dos pontos captados e onde é possível identificar, limite do talhão, localização de curso de água da chuva, erosões, localização de terraços, não importando se possui ou não vegetação no terreno pois possui MDT (Modelo Digital do Terreno) e MDS (Modelo Digital da Superfície).

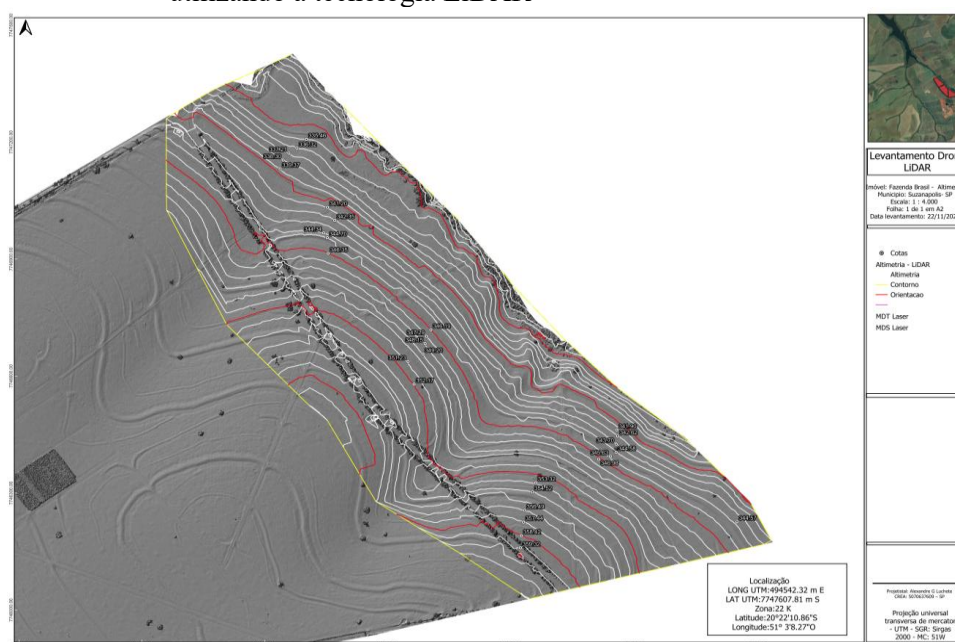
Figura 5 – Ortomosaico extraído a partir dos pontos captados por levantamento aéreo utilizando a tecnologia LiDAR



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

A Figura 6 representa a terceira etapa do levantamento topográfico utilizando o sensor LiDAR, essa etapa é a final, onde é obtido o resultado do levantamento. Na imagem, pode-se identificar o contorno altimétrico do terreno, obtendo assim variação de cotas e topografia do terreno.

Figura 6 – Contorno altimétrico do terreno obtido por levantamento aéreo utilizando a tecnologia LiDAR



Fonte: Dos próprios autores, 2025.

No levantamento topográfico utilizando a tecnologia RGB, foi possível observar, em sua primeira etapa, que os pontos captados pelo sensor RGB são mais espalhados, sendo disponibilizado com uma distância maior entre cada ponto, entre 2 e 10 metros. A partir desses pontos captados, foi extraído o Ortomosaico, sendo possível identificar, na imagem limite do talhão, localização de carregadores e, no caso do sensor RGB, se a vegetação no terreno for baixa, é possível localizar terraços. Na finalização do levantamento topográfico pode-se obter a elaboração do contorno altimétrico do terreno, identificando nele a variação de cotas e topográfica do terreno.

No levantamento topográfico, utilizando a tecnologia LiDAR, foi possível observar em sua primeira etapa que os pontos captados, diferente da com uso do sensor RGB, têm agrupamento maior, cobrindo uma maior área do terreno e com distâncias de um ponto para outro mais próximas, entre 0,50 e 0,75 metros. O Ortomosaico extraído a partir desses pontos permite identificar os limites do talhão, localização de carregadores, curso da chuva, erosões, localização de terraços, independentemente se há ou não vegetação no terreno, pois o sensor LiDAR possui MDT (Modelo Digital do Terreno) e MDS (Modelo Digital da Superfície), o que não ocorre no sensor RGB. Por fim, é possível a elaboração do contorno altimétrico do terreno, como realizado pelo sensor RGB, e a utilização do sensor LiDAR permite identificar variação de cotas e topografia do terreno, mas com um diferencial, que é o poder de identificar o curso de água das chuvas e erosões escondidas abaixo da vegetação.

Assim, a partir das análises das imagens e dos resultados obtidos no levantamento topográfico, utilizando as tecnologias RGB e LiDAR e fazendo uma comparação entre elas, observa-se que o sensor RGB proporciona uma precisão muito boa para a elaboração de um projeto de sistematização, fornece imagens em cores possibilitando notar a grande sobreposição de vegetação na imagem, o que facilita a identificação de estradas, vegetações e clareiras. Já o sensor LiDAR, apesar de suas imagens sem cor, tem um diferencial de identificar o curso de água das chuvas e erosões escondidas abaixo da vegetação entre alguns pontos e proporciona uma precisão excelente para a elaboração de um projeto de sistematização.

5 CONCLUSÃO

O sensoriamento remoto é muito importante para o desenvolvimento e agilidade na produção agrícola, assim o uso de sensores como RGB e LiDAR é o mais indicado para os

levantamentos topográficos, ajudando assim na elaboração de um projeto de preparo, sistematização e plantio na cultura de cana-de-açúcar.

Ao analisar os resultados obtidos pelas imagens feitas utilizando os sensores RGB e LiDAR, é possível enxergar os detalhes de cada levantamento topográfico feito por cada tecnologia. Os resultados obtidos através do trabalho e pesquisa bibliográfica foram satisfatórios, pois os estudos das imagens obtidas para referência apresentaram um bom comparativo.

A comparação entre as imagens feita pro RGB e LiDAR demonstrou a diferença nos resultados topográficos para cada tecnologia utilizada, onde foi possível observar que o levantamento topográfico feito por RGB mantém as vegetações e outros objetos presentes na região, o que sobrepõe algumas informações. E o levantamento topográfico feito por LiDAR consegue filtrar os elementos presentes no terreno e identificar o curso de água das chuvas, erosões escondidas abaixo da vegetação entre alguns pontos, obtendo o mapeamento topográfico do terreno com mais precisão.

Conclui-se, portanto, que a utilização de drones equipados com tecnologias RGB e LiDAR é de extrema importância para agricultura, uma vez que ela está em constante crescimento, e a utilização das tecnologias a favor da evolução agrícola e agilidade no seu processo são essenciais. Dessa forma, esta pesquisa possibilitou visualizar a diferença entre o uso de RGB e LiDAR, visto que o sensor LiDAR é o mais indicado para os levantamentos topográficos em áreas de vegetações mais densas e relevo acidentados.

REFERÊNCIAS

ATZBERGER, C. Advances in remote sensing of agriculture: context description, existing operational monitoring systems and major information needs. **Remote Sensing**, Basel, v. 5, n. 2, p. 949-981, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs5020949>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/5/2/949>. Acesso em: 12 fev. 2025.

BAENA, S.; BOYD, D. S.; MOAT, J. UAVs in pursuit of plant conservation: real world experiences. **Ecological Informatics**, Amsterdam, v. 47, p. 2-9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.11.001>. Acesso em: 24 fev. 2025.

DORAISWAMY, P. C. *et al.* Crop yield assessment from remote sensing. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, [Bethesda], v. 69, n. 6, p. 665-674, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.665>. Acesso em: 20 mar. 2025.

JACKSON, R. D. Remote sensing of vegetation characteristics for farm management. In: TECHNICAL SYMPOSIUM EAST, 1984, Arlington. **Remote sensing: critical review of**

technology. Bellingham: SPIE, 1984. p. 81-96. (Proceedings of SPIE, v. 475). Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.966243>. Acesso em: 31 mar. 2025.

MENDONÇA, R. L. **Modelo digital do terreno lidar para caracterização topográfica e de redes de drenagem**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/26213>. Acesso em: 16 maio 2025.

MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, n. 4, p. 358-371, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511012001419>. Acesso em: 14 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Perspectivas agrícolas 2022-2031**. Paris: OCDE/FAO, 2022. Disponível em: https://www.oecd.org/en/publications/oecd-fao-agricultural-outlook-2022-2031_f1b0b29c-en.html. Acesso em: 28 abr. 2025.

PESSI, D. D. **Sensoriamento remoto com sensores de aeronaves remotamente pilotadas para aplicações de agricultura de precisão e gestão ambiental**. 2019. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Ambiental) – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2019. Disponível em: https://ufr.edu.br/ppgta/wp-content/uploads/2020/09/Dhonatan_2019.pdf. Acesso em: 13 maio 2025.

PESSI, D. D. *et al.* Aeronaves remotamente pilotadas e suas aplicações no manejo agrícola e ambiental. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 37, n. 2, e26605, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26605>. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26605>. Acesso em: 13 maio 2025.

PINTER JUNIOR, P. J. *et al.* Remote sensing for crop management. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, [Bethesda], v. 69, n. 6, p. 647-664, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.14358/PERS.69.6.647>. Acesso em: 12 maio 2025.

SANDBROOK, C. The social implications of using drones for biodiversity conservation. **Ambio**, [Stockholm], v. 44, suppl. 4, p. 636-647, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0714-0>. Acesso em: 13 maio 2025.

SINGH, N. *et al.* Application of Drones Technology in Agriculture: A Modern Approach. **Journal of Scientific Research and Reports**, v. 30, n. 7, p. 142-152, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i72131>. Acesso em: 13 maio 2025.