

COMPARATIVO ENTRE AEROFOTOGRAMETRIA COM DRONE DE ASA FIXA E LASER SCANNER AEROTRANSPORTADO NA TOPOGRAFIA

Luizi Eduarda Moneretto dos Santos¹

Lucileia Marcon²

Bruno Pereira Mariano³

Resumo

A introdução de drones na aerofotogrametria revolucionou a coleta de dados aéreos, tornando-a mais acessível e eficiente. O estudo em questão compara dois métodos de levantamento aéreo: o uso do drone Ebee X de asa fixa para aerofotogrametria e o drone Matrice 300 RTK equipado com laser scanner aerotransportado (Zemuse L1). A análise inclui curvas de nível, modelos digitais do terreno (MDT) e seções transversais. Os resultados revelam que o Ebee X, ao considerar edificações e vegetação alta como parte do terreno, gera curvas de nível imprecisas. Além disso, o MDT desse drone apresenta irregularidades em áreas com vegetação densa. Em contraste, o drone Matrice 300 com laser scanner Zemuse L1 oferece maior precisão, especialmente em ambientes vegetados. O estudo destaca a importância de considerar as características do terreno ao escolher a tecnologia de levantamento. Conclui-se que cada drone tem suas vantagens específicas, com o Ebee X sendo eficiente em grandes áreas com vegetação rasteira, enquanto o Matrice 300 é mais adequado para áreas menores e densamente vegetadas. Essa análise detalhada contribui para o avanço nos estudos topográficos, fornecendo informações importantes sobre a escolha adequada de tecnologias para diferentes contextos de mapeamento e levantamento topográfico.

Palavras-Chave: Aerofotogrametria. Drones. Laser Scanner. Topografia.

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina. luizi.m@ifsc.edu.br

² Professora do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina. lucileia.marcon@ifsc.edu.br

³ Professor do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal de Santa Catarina. bruno.mariano@ifsc.edu.br

COMPARISON BETWEEN FIXED-WING DRONE AERIAL PHOTOGRAMMETRY AND AIRBORNE LIDAR IN TOPOGRAPHY

Abstract: The introduction of drones into photogrammetry has revolutionized the aerial data collection, making it more accessible and efficient. The study compares two aerial surveying methods: the use of a fixed-wing drone Ebee X for photogrammetry and a Matrice 300 RTK drone equipped with an airborne laser scanner (Zenmuse L1). The analysis includes contour lines, digital terrain models (DTM), and cross-sections. The results reveal that the Ebee X, by considering buildings and vegetation as part of the terrain, generates inaccurate contour lines. Additionally, the DTM from this drone exhibits irregularities in areas with dense vegetation. In contrast, the Matrice 300 drone with Zenmuse L1 laser scanner provides higher accuracy, especially in vegetated environments. The study emphasizes the importance of considering terrain characteristics when choosing surveying technology. It is concluded that each drone has its specific advantages, with the Ebee X being efficient in large areas with low vegetation, while the Matrice 300 is more suitable for smaller and densely vegetated areas. This detailed analysis contributes to the advancement of topographic studies by providing valuable insights into the appropriate choice of technologies for different mapping and surveying contexts.

Keywords: Aerial Photogrammetry. Drones. Laser Scanner. Topography.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Borges (2013), “A topografia [do grego *topos* (lugar) e *graphein* (descrever)] é a ciência aplicada cujo objetivo é representar, no papel, a configuração de uma porção de terreno com as benfeitorias que estão em sua superfície.”

O homem utiliza a topografia desde os primórdios da civilização, mesmo sem conhecimento técnico, desenvolveram ferramentas e técnicas rudimentares com a finalidade de medir, descrever e delimitar as propriedades.

Com o passar dos anos, essas técnicas e ferramentas evoluíram a fim de aumentar a precisão e a velocidade da execução dos levantamentos topográficos. No início, utilizavam instrumentos criados na Grécia antiga, como a groma egípcia, o chorobate e os mapas criados na época (UFRGS, 2023). No último quarto do século XX, houve uma grande disseminação da tecnologia da informação, eletrônica e computação gráfica, impulsionando o surgimento de instrumentos eletrônicos, como o teodolito eletrônico e o medidor eletrônico de distância. Esses avanços tecnológicos, ao se integrarem, culminaram no desenvolvimento da estação total (Vaz, Cintra e Almeida Filho, 2023). Atualmente existem muitas outras formas de aumentar o desempenho dos levantamentos topográficos, entre elas, está a aerofotogrametria, que pode ser obtida através de drones equipados com câmeras fotogramétricas ou com a tecnologia de laser scanner aerotransportado.

Antes da popularização dos drones na aerofotogrametria, a obtenção de imagens aéreas para fins de mapeamento e topografia era realizada principalmente por meio de aeronaves tripuladas, como os aviões. Esses métodos eram muito caros e demorados, tornando viável apenas para grandes áreas. Com a introdução dos drones, a aerofotogrametria se tornou mais acessível e rápida, tornando possível a coleta de dados aéreos de forma mais eficiente e econômica.

De acordo com o IBGE (2023b), o levantamento aerofotogramétrico é um dos métodos utilizados para o mapeamento da superfície terrestre. Nesse método, uma aeronave é equipada com uma câmera fotogramétrica que abrange toda a área a ser mapeada. A fim de garantir uma cobertura completa do terreno a ser representado, as fotografias aéreas são capturadas com sobreposição. Posteriormente, com o auxílio de um aparelho fotogramétrico, realiza-se a restituição, que é o processo de construção de mapas por meio de um modelo tridimensional.

A fotogrametria tem diversos objetivos, incluindo a redução do trabalho de campo no levantamento de coordenadas de objetos e a otimização do tempo necessário para obtenção desses dados. No entanto, seu objetivo principal pode ser definido como a reconstrução de um espaço tridimensional, conhecido como espaço-objeto, a partir de um conjunto de imagens bidimensionais, chamado de espaço-imagem (Coelho e Brito, 2007).

A utilização de pontos de controle no solo para referenciar as imagens aéreas é uma prática comum em levantamentos topográficos realizados com drones. As ortofotos, que são imagens aéreas retificadas geometricamente para eliminar distorções, são utilizadas para gerar ortomosaicos precisos e georreferenciados que representam a área estudada.

O uso de drones equipados com tecnologias RTK (Real-Time Kinematic) e PPK (Post-Processed Kinematic) oferece a vantagem de atribuir coordenadas precisas a cada imagem capturada pela câmera, reduzindo a necessidade de pontos de controle no solo. Isso torna o processo de levantamento topográfico mais

eficiente e ágil, especialmente em áreas de difícil acesso.

Conforme mencionado por Droneshow (2023), o RTK (Real-Time Kinematic) envolve o uso de uma base terrestre que se conecta diretamente aos satélites e ao drone, fornecendo coordenadas geográficas extremamente precisas devido à sua localização fixa no solo. Essas coordenadas da base são usadas constantemente para corrigir o posicionamento do drone em tempo real, resultando em um cálculo mais preciso das coordenadas de localização da aeronave.

Além disso, a tecnologia PPK oferece a capacidade de ajustar as coordenadas após o voo, o que resulta em uma precisão ainda maior nos dados coletados, utilizando os dados fornecidos pela base terrestre, que rastreia um ponto de apoio por um período determinado, como ilustrado pela Figura 1.

Figura 01: Drone e base (RTK)



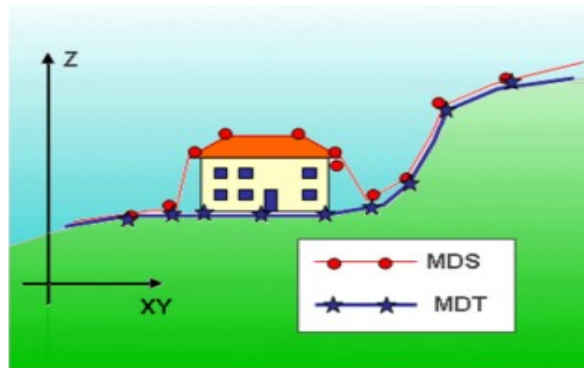
Fonte: DroneShow, 2023.

O laser scanner aerotransportado é uma tecnologia avançada que utiliza lasers para mapear e capturar dados tridimensionais de alta precisão. Essa ferramenta permite a obtenção de informações detalhadas sobre a superfície do terreno, mesmo com a existência de vegetação densa na área.

De acordo com Centeno e Mitishita (2007), o sistema de varredura a laser aerotransportado, também conhecido como laser scanner, é uma técnica utilizada para obter coordenadas tridimensionais de pontos na superfície da Terra. Esse sistema opera emitindo pulsos de laser em direção à superfície, onde uma parte do sinal emitido é refletida de volta ao sensor. Através da medição da intensidade do sinal de retorno e do tempo decorrido entre a emissão e a captação do retorno, é possível calcular a distância entre o sensor e o objeto em questão. Essa técnica proporciona a obtenção de informações precisas sobre a topografia do terreno.

A partir dos dados coletados pelos drones, é possível obter vários produtos, entre eles, o MDT (Modelo Digital do Terreno) e o MDS (Modelo Digital de Superfície). Conforme destacado por Mappa (2023), a distinção entre o MDT e o MDS está no filtro aplicado, com o MDS representando a altimetria de todos os objetos acima do solo, como árvores e edificações, enquanto o MDT representa exclusivamente a altimetria do terreno natural, conforme a Figura 02.

Figura 02: MDS e MDT



Fonte: DronEng, 2023.

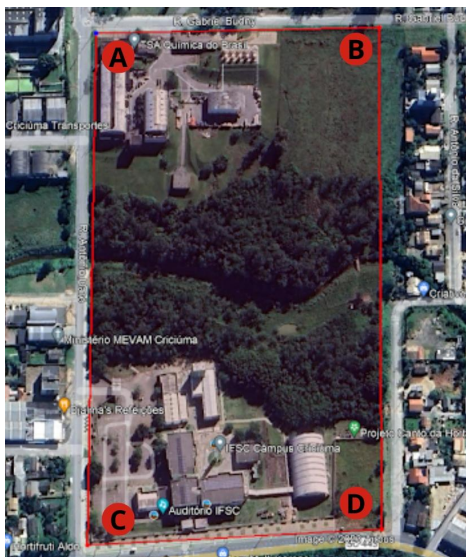
Com base na contextualização apresentada, o propósito deste documento é estabelecer um comparativo entre a utilização de um drone de asa fixa - para realizar a aerofotogrametria - e o laser scanner aerotransportado. Assim como, contribuir para o avanço dos estudos no campo da topografia, avaliar as características, vantagens, desvantagens e aplicações associadas a essas tecnologias.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Área de estudo

Ao selecionar a área de estudo para os dois voos, foi considerado a necessidade de encontrar um local que apresentasse três características específicas: relevo acidentado, visando gerar o maior número possível de curvas de nível; presença de vegetação rasteira, com áreas de mata densa isoladas, para avaliar o impacto da vegetação nos dados coletados pelo drone. A área de estudo escolhida engloba a área no Instituto Federal de Santa Catarina no Campus Criciúma e áreas vizinhas. Tem o tamanho de aproximadamente 10 hectares, contendo no terreno edificações, vegetação rasteira e densa em alguns pontos.

Figura 03: Área de estudo com coordenadas



COORDENADA	LATITUDE	LONGITUDE
A	-28° 40' 33,3326" S	-49° 19' 57,0709" O
B	-28° 40' 32,8085" S	-49° 19' 48,2953" O
C	-28° 40' 44,4600" S	-49° 19' 57,1894" O
D	-28° 40' 44,0391" S	-49° 19' 48,3529" O

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2 Levantamento topográfico utilizando drone de asa fixa para realizar aerofotogrametria

O levantamento foi realizado por meio de um drone fabricado pela SenseFly, modelo Ebee X, conforme ilustrado na figura 4. Neste processo, o drone foi equipado com a câmera fabricada pela SenseFly, modelo S.O.D.A., a qual foi utilizada para adquirir os dados do mapeamento topográfico.

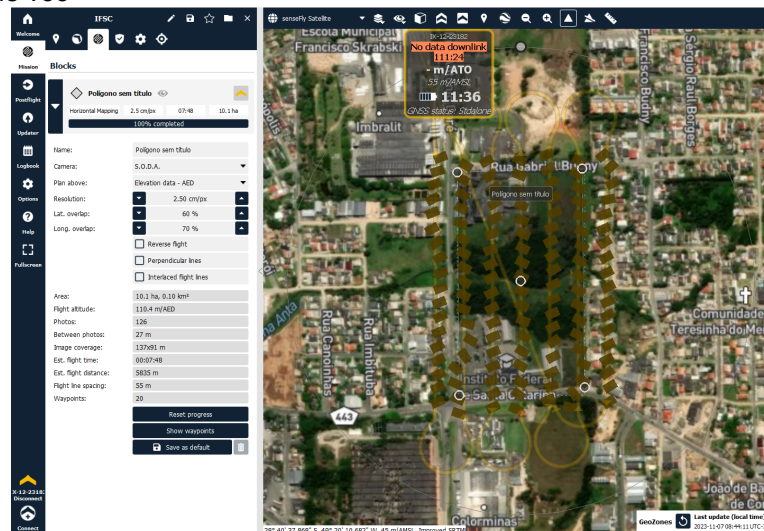
Figura 04: Sensefly Ebee X.



Fonte: AgEagle, 2023.

O planejamento do voo e processamento dos dados foram feitos através do software Emotion, como ilustrado na figura 5. A missão do mapeamento aéreo foi programada para ser realizada a uma altitude de 110 metros, com uma sobreposição de 60% nas laterais das imagens e 70% na direção longitudinal. O GSD (Ground Sampling Distance), que representa a distância da amostra no solo, foi estabelecido em 2,5 centímetros por pixel. Durante o voo, foram capturadas 126 imagens, as quais foram posteriormente empregadas na geração do ortomosaico que abrange a área de interesse. Esses parâmetros foram definidos para garantir a qualidade e a precisão dos dados obtidos no levantamento topográfico.

Figura 05: Plano de voo



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

O ajuste de coordenadas foi feito por meio da estação pertencente à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS instalada no Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Criciúma, com as coordenadas conforme a Figura 06.

Figura 06: Coordenadas da estação RBMC.

3. Coordenadas oficiais

3.1. SIRGAS2000 (Época 2000.4)

Coordenadas Geodésicas		
Latitude:	- 28° 40' 40,25143"	Sigma: 0,001 m
Longitude:	- 49° 19' 54,23830"	Sigma: 0,001 m
Alt. Elip.:	62,425 m	Sigma: 0,004 m
Coordenadas Cartesianas		
X:	3.649.474,2621 m	Sigma: 0,002 m
Y:	-4.247.661,5722 m	Sigma: 0,003 m
Z:	-3.042.654,2290 m	Sigma: 0,002 m
Coordenadas Planas (UTM)		
UTM (N):	6.826.566,253 m	
UTM (E):	663.002,879 m	
MC:	-51	

Fonte: IBGE, 2023a.

Para melhor compreensão dos dados utilizados para realizar o plano de voo, foi elaborada a tabela 01, com o objetivo de apresentar as especificações utilizadas.

Tabela 01- Tabela com os dados utilizados no aerolevanteamento com o drone Ebee X

Dados	Drone Ebee X
Altitude de voo	110 metros
Área estudada	10 hectares
Tempo de voo	7 minutos e 48 segundos
Sobreposição lateral das fotos	60%
Sobreposição longitudinal dos fotos	70%
GSD	2,5 cm/pixel
Ajuste de coordenadas	Estação RBMC Latitude: -28° 40'40,25143" Longitude: -49°19'54,23830"

Fonte: Elaborado pela autora

2.3 Levantamento topográfico utilizando drone com laser scanner aerotransportado

O levantamento foi realizado por meio de um drone fabricado pela DJI, modelo Matrice 300 RTK, conforme ilustrado na figura 7. Este drone foi equipado com o sensor Zenmuse L1, utilizado para coletar os dados da nuvem de pontos.

Figura 7: Drone DJI Matrice 300 com sensor Zenmuse L1.



Fonte: DJI, 2023.

O planejamento do voo foi feito diretamente do controle do drone, conforme Figura 8. A altitude escolhida para a execução do voo foi fixada em 70 metros, com uma sobreposição de 60% na lateral das fotos e 70% na longitudinal. A nuvem de pontos que será gerada terá densidade de 250 pontos/m², e o GSD (Ground Sampling Distance), que representa a distância da amostra no solo, foi configurado para 1,91 centímetros por pixel.

Figura 8: Plano de voo



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Os dados capturados pelo sensor foram processados por meio do software DJI Terra, conforme evidenciado na figura 9. Este software ajustou as coordenadas, empregando os dados fornecidos pela estação da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS instalada no campus. Essa abordagem visava aprimorar a precisão dos dados obtidos no levantamento, assegurando uma representação mais exata e confiável das informações geoespaciais coletadas durante o mapeamento aéreo.

Para melhor compreensão dos dados utilizados para realizar o plano de voo, foi elaborada a tabela 02, com o objetivo de apresentar as especificações utilizadas.

Tabela 02- Tabela com os dados utilizados no aerolevanteamento com o drone Matrice 300

Dados	Drone Matrice 300
Altitude de voo	70 metros
Área estudada	10 hectares
Tempo de voo	15 minutos e 27 segundos
Sobreposição lateral das fotos	60%
Sobreposição longitudinal dos fotos	70%
GSD	1,91 cm/pixel
Ajuste de coordenadas	Estação RBMC Latitude: -28° 40'40,25143" Longitude: -49° 19'54,23830"

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Com base nas informações fornecidas por uma empresa especializada em levantamentos utilizando drones, observa-se uma diferença relevante nas alturas de voo entre o drone DJI Matrice 300 e o drone senseFly eBee X. O Matrice 300 possui uma capacidade de voo que atinge até 90 metros de altura, enquanto o eBee X, por sua vez, é capaz de voar a uma altitude mínima de 110 metros. Essa distinção nas alturas de operação destes drones evidencia considerações importantes para as necessidades específicas de levantamento e mapeamento, destacando a importância de escolher a tecnologia mais adequada às exigências particulares de cada projeto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo consistiu na comparação de dois métodos de levantamento aéreo: o uso de um drone equipado para realizar aerofotogrametria e um drone equipado com um laser scanner. Para atingir esse objetivo, foi utilizado uma combinação de software incluindo o Emotion e o Pix4d para o drone Ebee x, e DJI Terra e Lidar 360 para levantamento com drone Matrice 300 com sensor Zenmuse L1.

3.1 Nuvem de pontos

3.1.1 Nuvem de pontos obtida com o drone Ebee X

Os dados obtidos através do sensor do drone foram processados no software Pix4d, obteve-se a nuvem de pontos da superfície da área, como mostra a Figura 10.

Figura 10: Nuvem de pontos obtida com o drone Ebee X



Fonte: Elaborado pela autora, 2023

3.1.1 Nuvem de pontos obtida com o drone Matrice 300

Após o processamento e geração da nuvem de pontos (figura 11), utilizou-se o software Lidar 360 para classificar os pontos de solo e eliminar os pontos de edificações, vegetação e outros obstáculos, com a finalidade de obter o MDT - modelo digital do terreno.

Figura 11: Nuvem de pontos da área estudada



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.2 Curvas de nível

As curvas de nível obtidas com equidistância de 1 metro, permitiram perceber as diferenças entre os dois levantamentos realizados. Na Figura 12, é possível observar que nas áreas de vegetação rasteira os dois sensores convergiram nas curvas, resultando em cotas iguais nas mesmas coordenadas. Contudo, em regiões com vegetação densa ou presença de edificações, a câmera utilizada para a aerofotogrametria gerou curvas com altitudes variáveis para objetos no terreno, dada a sua limitação em capturar pontos no solo nessas condições.

Dado que o sensor LiDAR demonstra capacidade de capturar pontos no solo mesmo em ambientes de vegetação densa, as curvas de nível geradas por meio dessa tecnologia apresentaram uma descrição do terreno com maior confiabilidade.

Figura 12: Curva de nível obtida com o Matrice 300 (a) e com o Ebee X (b) sobre ortomosaico.



(a) Curva de nível Matrice 300

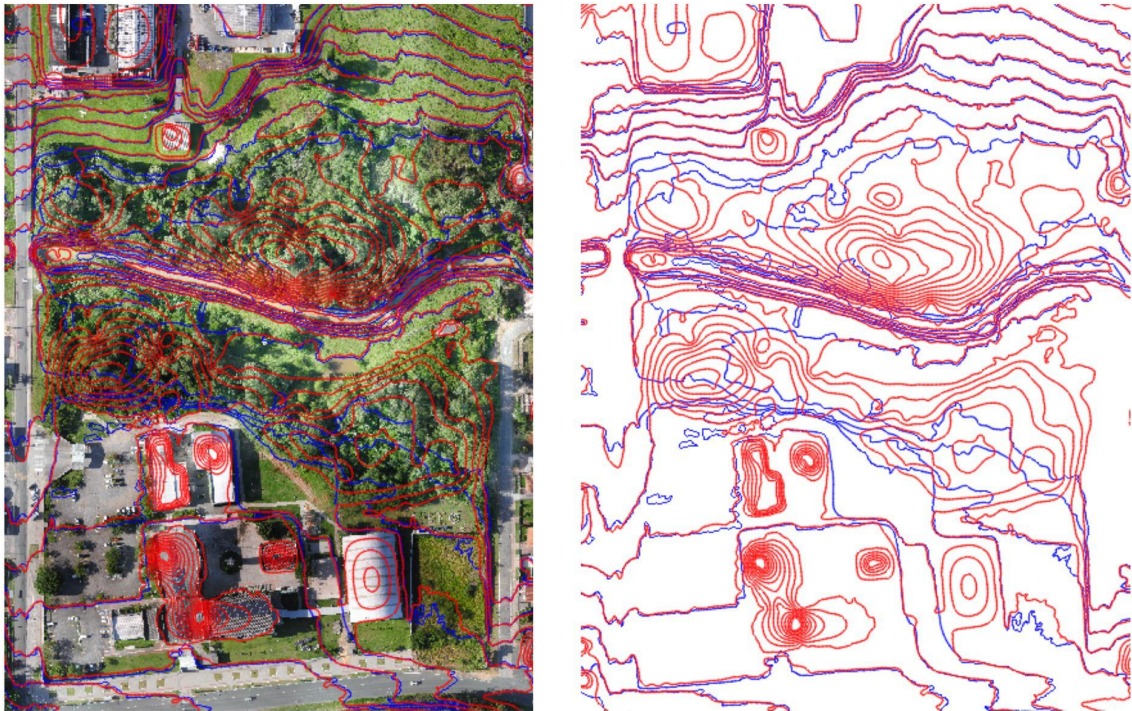


(b) Curva de nível Ebee X

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Na Figura 13, a sobreposição das curvas de nível evidencia uma peculiaridade no Ebee X: a consideração de edificações e vegetação como parte do terreno. Esse aspecto resulta na geração de curvas de nível que, de maneira imprecisa, incorporam elementos não relacionados ao relevo natural. Este fenômeno compromete a acurácia das curvas de nível em áreas deste tipo.

Figura 13: Comparação de curvas de nível



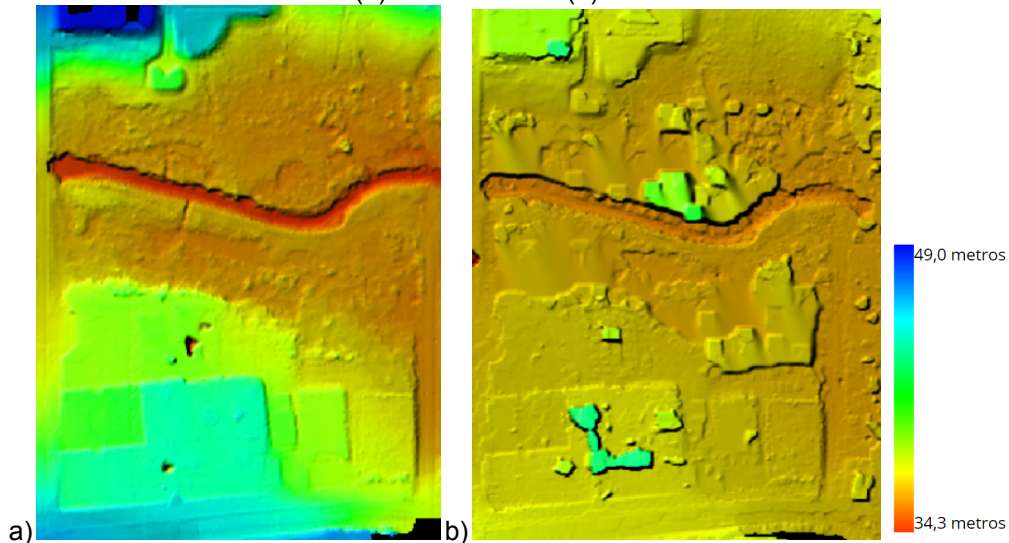
Curva de nível Matrice 300 (azul) e Ebee X (vermelho).

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.3 Modelo Digital do Terreno

Analisando a figura 14, observa-se o modelo digital do terreno (MDT) pelas duas tecnologias em questão. Nota-se que o MDT produzido pelo Ebee X apresenta algumas irregularidades. Este fenômeno ocorre devido à limitação do sensor de identificar a cota do solo em áreas onde há presença de vegetação densa ou estruturas edificadas. Nessas regiões, o MDT resultante apresenta variações irregulares, comprometendo a confiabilidade desses dados obtidos. Em contrapartida, em locais caracterizados apenas por vegetação rasteira, ambas as tecnologias proporcionam uma precisão altimétrica semelhante, indicando maior confiabilidade nos resultados em áreas desprovidas das interferências mencionadas. Essa característica destaca a importância de considerar as condições específicas do terreno e a natureza da cobertura vegetal ao interpretar e comparar os MDTs gerados por diferentes tecnologias.

Figura 14: MDT obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b).



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

3.4 Perfis longitudinais

Dois áreas distintas foram selecionadas para a comparação dos perfis obtidos pelas duas tecnologias em estudo. A área 1 abrange regiões caracterizadas por edificações, vegetação densa e a presença de um curso de água, enquanto a área 2 não apresenta edificações. Ao analisar as figuras 15, 16, 17 e 18, torna-se evidente que, nas áreas com vegetação densa, apenas o sensor Zenmuse L1 demonstrou eficácia na captura de pontos no solo, possibilitando uma descrição mais precisa do terreno. Em contrapartida, o sensor do drone Ebee X captura pontos da superfície em locais com obstáculos, resultando em uma representação menos precisa dessas áreas específicas.

Figura 15: Seção Transversal da área 1 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)



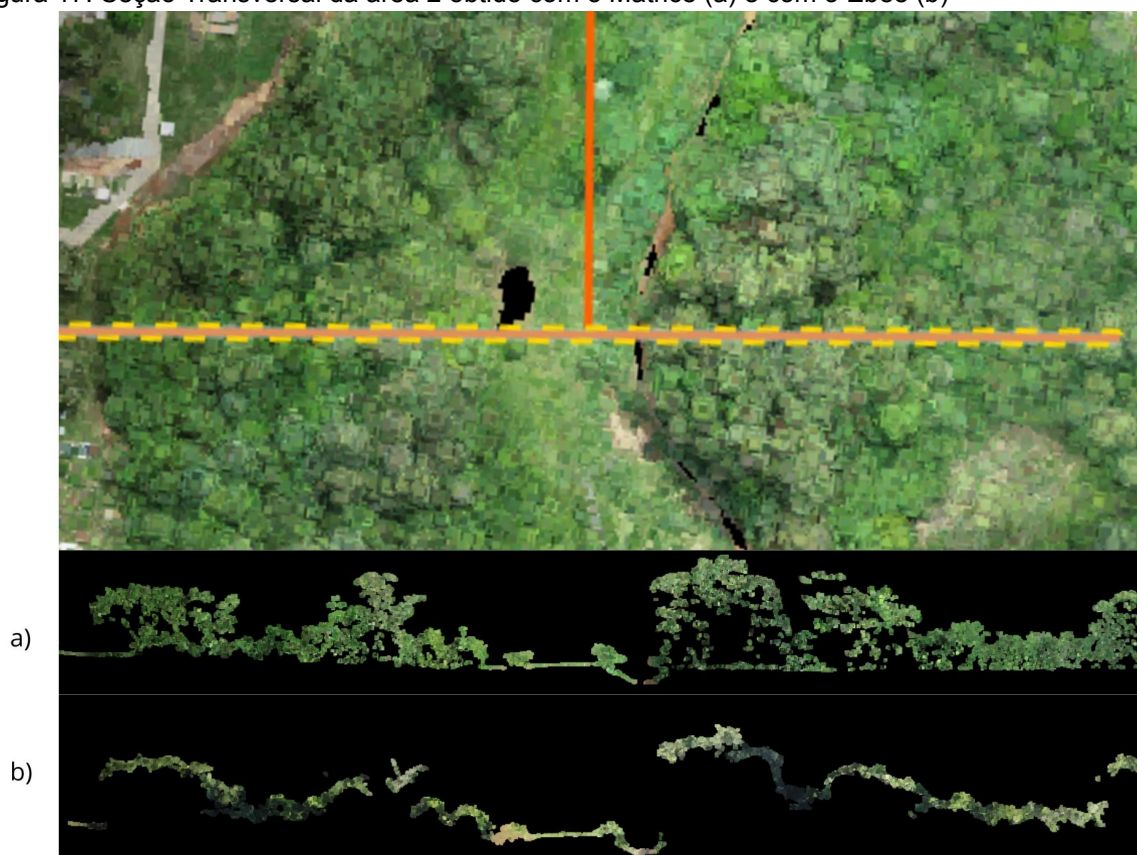
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 16: Seção Transversal dos pontos de solo da área 1 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)



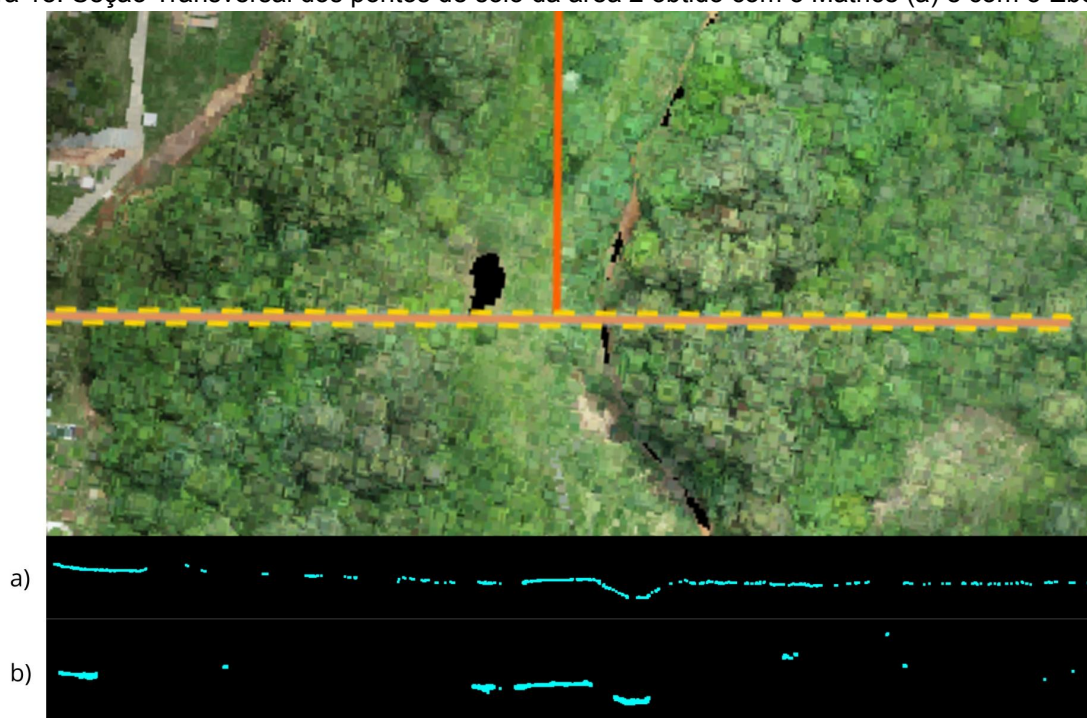
Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 17: Seção Transversal da área 2 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Figura 18: Seção Transversal dos pontos de solo da área 2 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Para proporcionar uma visualização mais clara, as imagens dos resultados foram incluídas nos anexos A, B, C, D, E, F e G.

4 CONCLUSÃO

Cada drone apresenta características distintas, acompanhadas de vantagens e desvantagens específicas. O drone Ebee X destaca-se pela sua eficiência em grandes áreas, especialmente aquelas com vegetação rasteira predominante. Por outro lado, o drone Matrice 300 demonstra sua utilidade em pequenas áreas com vegetação densa, muitas vezes sendo empregado de maneira complementar a outros levantamentos topográficos.

Segundo empresa especializada em aerolevantamentos topográficos com drones, o Ebee X tem uma autonomia de até 59 minutos, permitindo a realização de levantamentos em áreas extensas, alcançando até 400 hectares em um único voo por conta de sua velocidade. Em contrapartida, o Matrice 300 apresenta uma autonomia de 50 minutos e é especialmente eficaz na cobertura de áreas menores, podendo escanear até 50 hectares em uma única operação. Essas nuances nas especificações técnicas e nas capacidades operacionais ressaltam a importância de selecionar o drone mais apropriado com base nas características específicas do terreno e nos requisitos do levantamento topográfico em questão.

Neste sentido, foi observado que o uso do drone Ebee X é mais apropriado para realizar a aerofotogrametria, sendo possível obter um ortomosaico e também as curvas de nível precisas em áreas de vegetação rasteira. Já o uso do Matrice 300 com sensor Zenmuse L1 é mais recomendado para a obtenção de nuvem de pontos e curvas de nível em áreas com vegetação densa.

Com isso, foi elaborada a tabela 03, com o objetivo de comparar as características de cada equipamento, demonstrando suas vantagens e desvantagens.

Tabela 03- Tabela comparativa das características dos drones estudados

Características	Drone Ebee X	Drone Matrice 300 RTK
Utilização	Grandes áreas, vegetação rasteira	Pequenas áreas, vegetação densa
Autonomia	Até 59 minutos	Até 50 minutos
Capacidade de levantamento	Até 400 hectares por voo	Até 50 hectares por voo
Sensor	SenseFly S.O.D.A.	Zenmuse L1
Finalidade	Levantamentos amplos e eficientes	Levantamentos detalhados complementares
Outras especificações	Asa fixa, eficiente em grandes áreas	Multirotor, eficiência em áreas mais restritas
Preço por hectare de voo	Variável	Variável (Aproximadamente o dobro do preço do Ebee X)

Fonte: Empresa especializada na área, 2023.

Este trabalho representa uma significativa contribuição para a Engenharia Civil, oferecendo um comparativo abrangente entre duas tecnologias utilizadas em levantamentos topográficos. Ao destacar a eficiência de cada drone em diferentes contextos, o trabalho orienta profissionais na escolha do equipamento mais adequado para áreas específicas, considerando o impacto da vegetação densa e edificações nos resultados dos levantamentos.

REFERÊNCIAS

AGEAGLE. **Ebee X**. Disponível em: <https://ageagle.com/drones/ebee-x/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

BORGES, Alberto De Campos. **Topografia aplicada à engenharia civil**. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2013.

CENTENO, J. A. S. & MITISHITA, E. A. **Laser Scanner Aerotransportado no estudo de áreas urbanas: A experiência da UFPR**. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil. 2007. INPE

COELHO, L.; BRITO, J. **Fotogrametria digital**. 2. ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007.

DJI. **Zenmuse L1**. Disponível em: <https://enterprise.dji.com/pt-br/zenmuse-l1>. Acesso em: 09 nov. 2023.

DRONENG. **MDT e MDS: Você sabe a diferença?** Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/mdt-e-mds/>. Acesso em: 25 out. 2023.

DRONESHOW. **Artigo: entenda sobre a integração de Drones com GPS e RTK**. Disponível em: <https://droneshowla.com/artigo-entenda-sobre-a-integracao-de-drones-com-gps-e-rtk/>. Acesso em: 10 out. 2023.

FORTUNATO, José Carlos. **Artigo : comparação entre topografia com Drones x topografia tradicional**, Mundogeo, 26/08/2018. Disponível em: <https://mundogeo.com/2018/06/26/artigo-comparacao-entre-topografia-com-drones-x-topografia-tradicional/>. Acesso em 20 de junho de 2023.

IBGE. **Banco de dados Geodésicos**. 2023a. Disponível em: <http://www.bdg.ibge.gov.br/appbdg/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

IBGE. **Conceitos gerais: o que é cartografia**. 2023b. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/aerofotogrametria>. Acesso em: 20 out. 2023.

MAPPA. **MDT e MDS: o que é e qual a diferença?** Disponível em: <https://mappa.ag/blog/modelos-digitais-de-terreno-e-superficie-mdt-e-mds/>. Acesso em: 15 out. 2023.

UFRGS. **Histórico da Topografia**. Disponível em: <https://igeo.ufrgs.br/museudetopografia/index.php/historico-da-topografia>. Acesso em: 17 jul. 2023.

VAZ, Jhonnas Alberto; CINTRA, Jorge Pimentel; ALMEIDA FILHO, Flávio Guilherme Vaz de. **A Evolução do Ensino de Topografia e Áreas Afins na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. Disponível em:

<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/download/56477/30748>. Acesso em: 02 nov. 2023.

ANEXO A

Curvas de nível utilizando o drone Matrice 300 e o drone Ebee X.

(a) Curva de nível Matrice 300



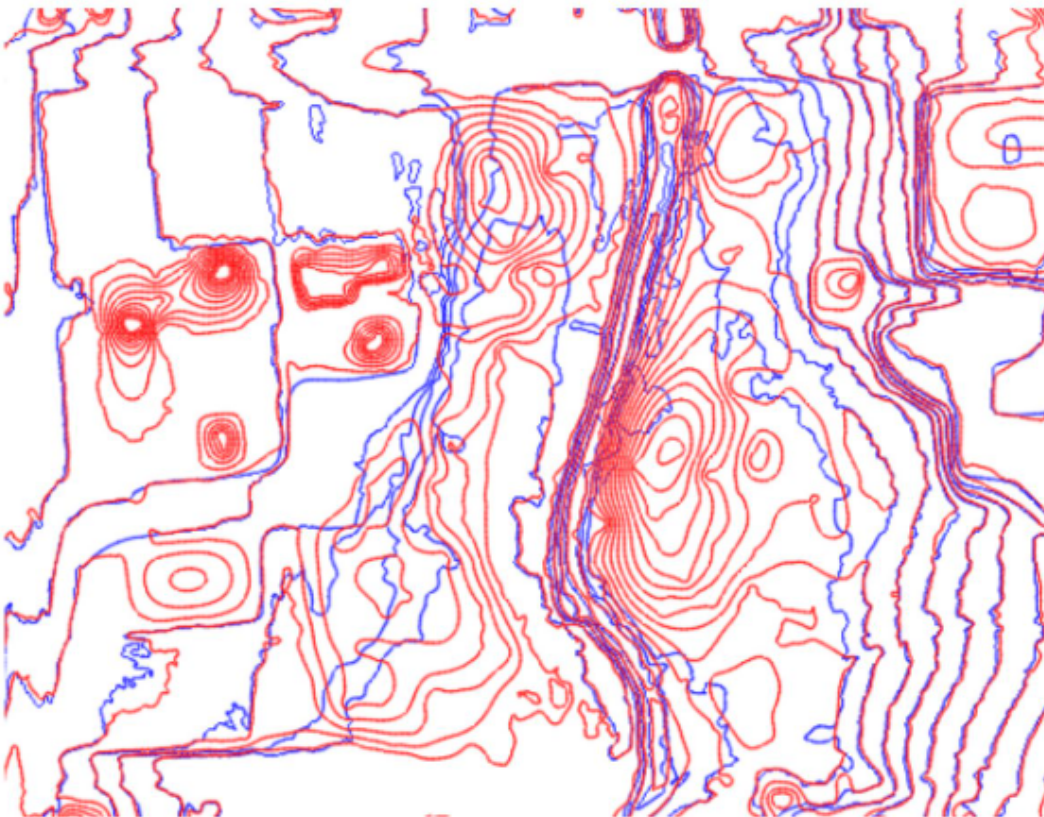
(b) Curva de nível Ebee X



ANEXO B

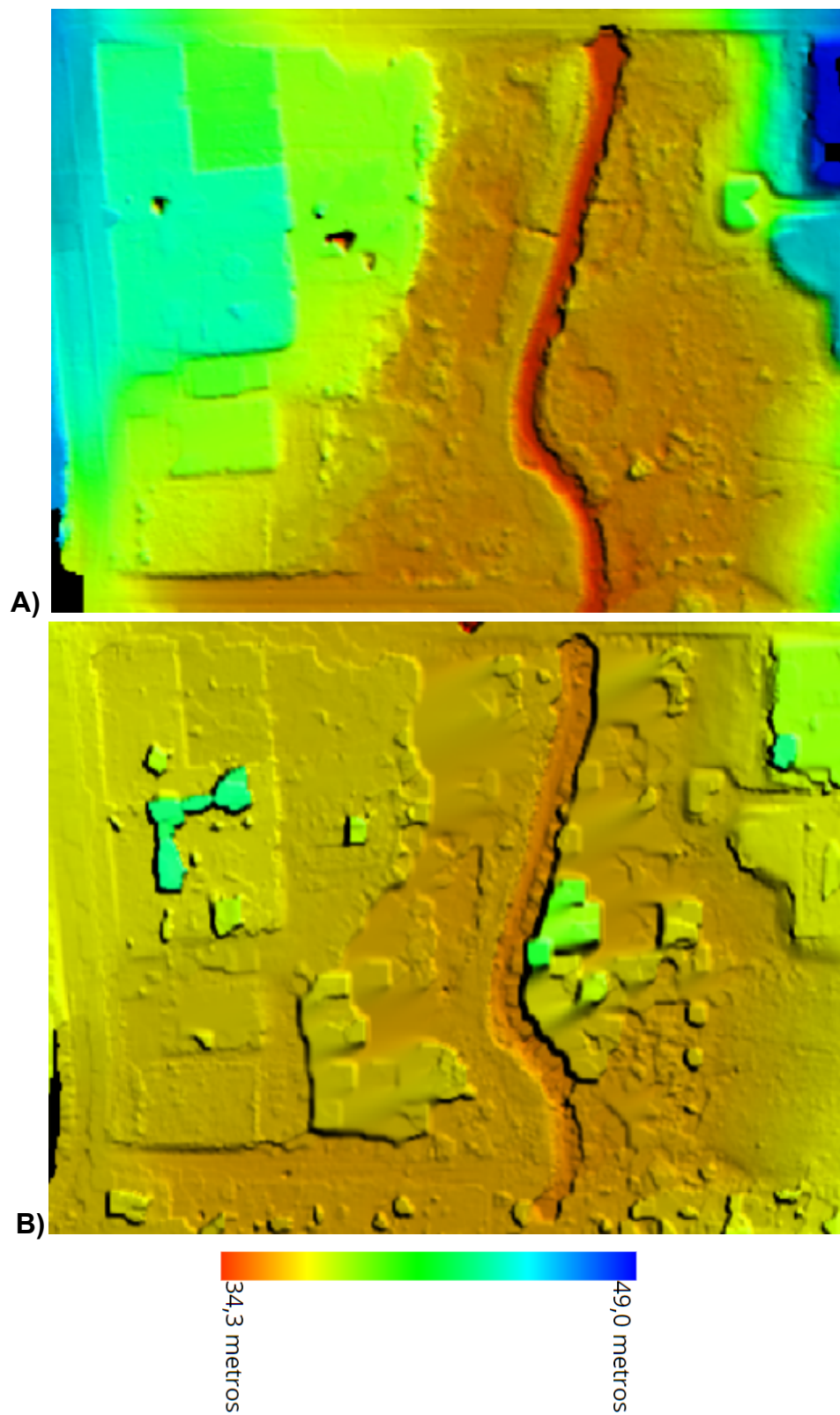
Comparação das curvas de nível utilizando o drone Matrice 300 e o drone Ebee X.

Curva de nível Matrice 300 (azul) e Ebee X (vermelho).



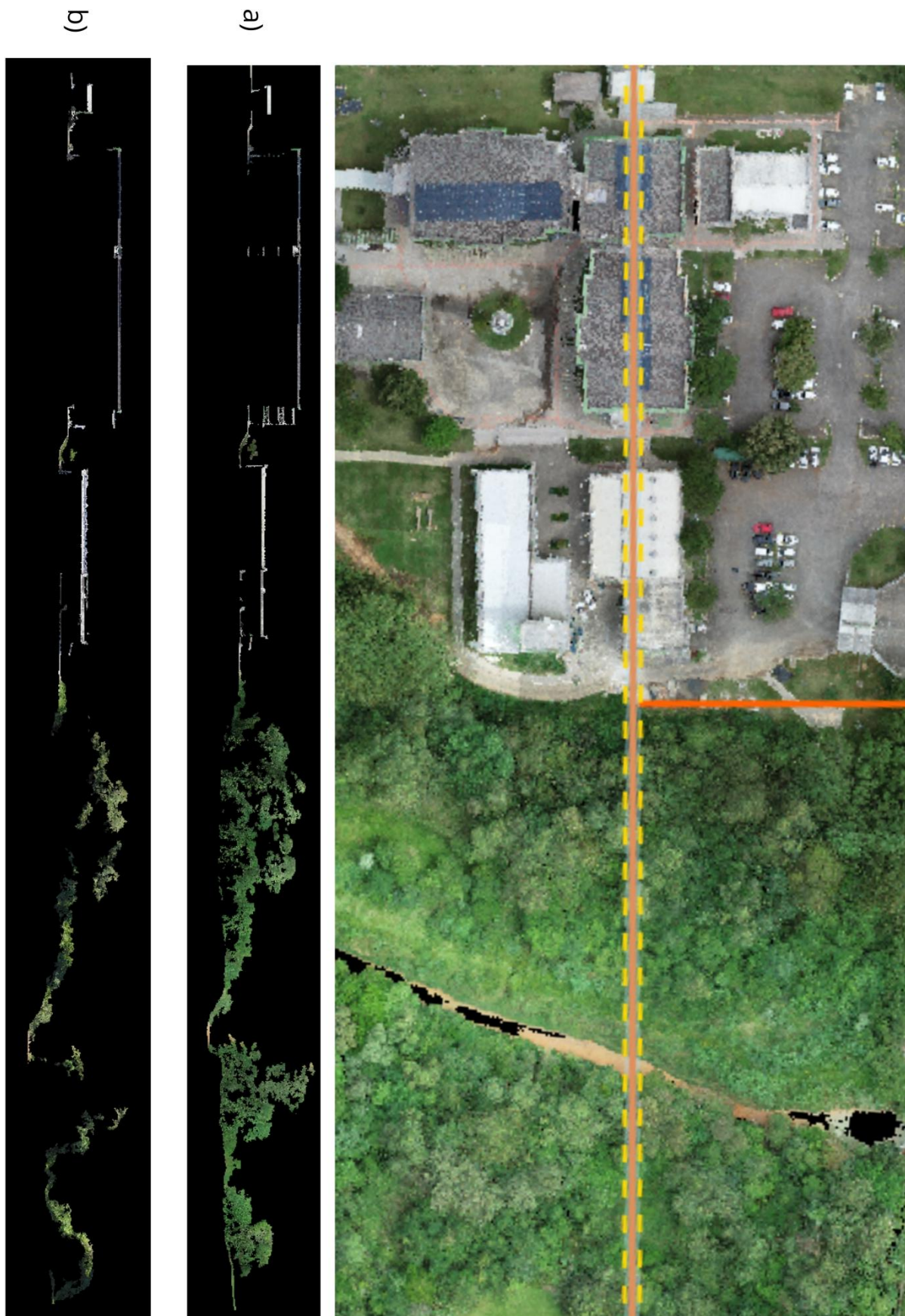
ANEXO C

MDT obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b).



ANEXO D

Seção Transversal da área 1 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)



ANEXO E

Seção Transversal dos pontos de solo da área 1 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)

(a)



(b)

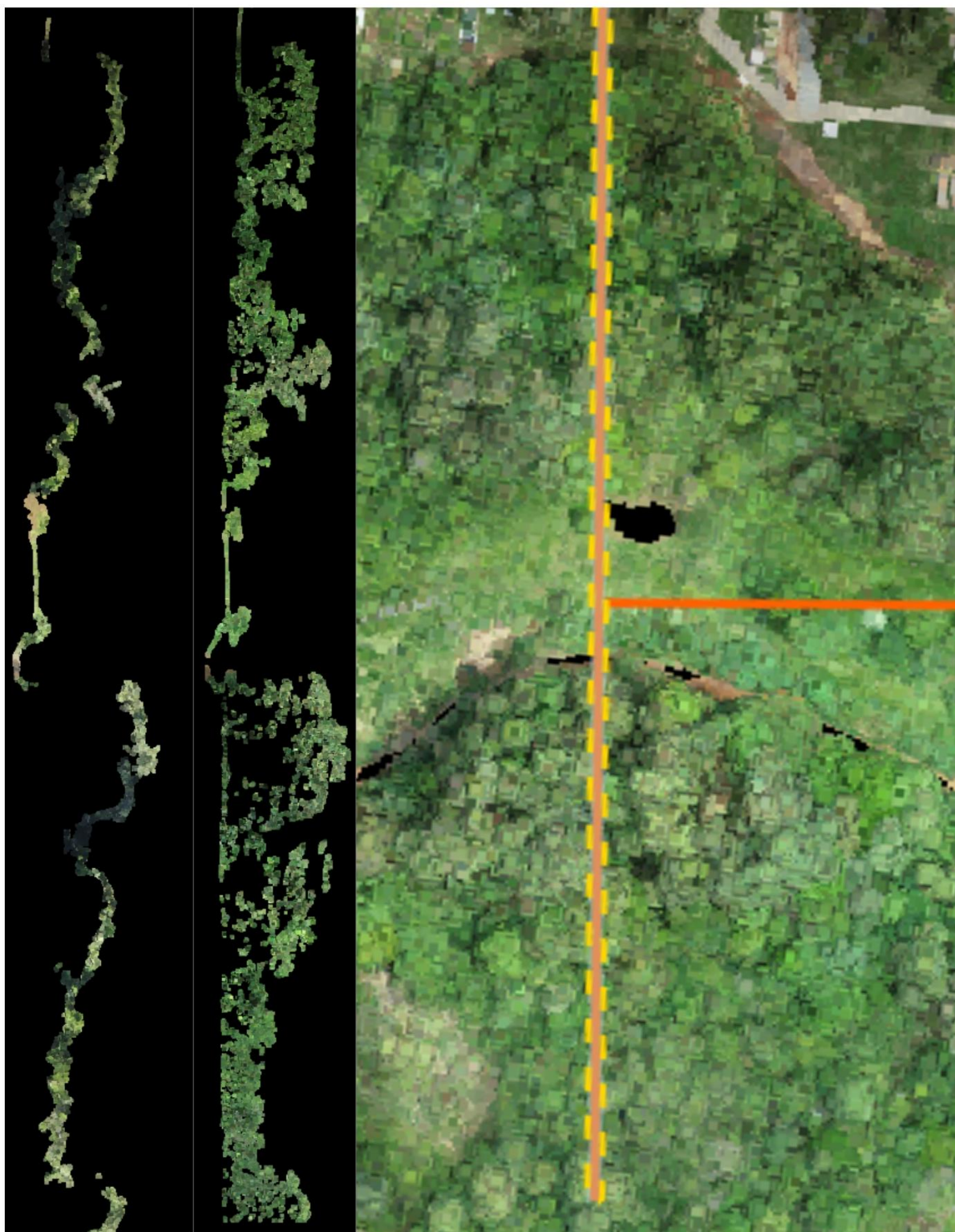


ANEXO F

Seção Transversal da área 2 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)

(a)

(b)



ANEXO G

Seção Transversal dos pontos de solo da área 2 obtido com o Matrice (a) e com o Ebee (b)

