

AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DE UMA VOÇOROCA COM GPS E RPA (DRONE) E ELABORAÇÃO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO

Mariana Roberta Ribeiro¹

Isabela de Cássia Caramello²

Roberto Savério Souza Costa³

RESUMO

Atualmente, um dos problemas ambientais mais importantes é a degradação do solo. Esse desgaste é resultante de práticas agrícolas inadequadas, tendo como principal agente a erosão hídrica. À medida que a água escoada se concentra em determinados pontos, pode chegar a um estágio mais avançado, que são as voçorocas. Para o monitoramento dessas erosões eram feitos levantamentos topográficos nos locais em estudo e hoje temos acesso a uma tecnologia mais avançada, os drones. Frente a isso, o objetivo do trabalho foi avaliar qual metodologia é mais adequada para fins de um projeto de recuperação de uma voçoroca, relacionando tempo de trabalho, confiabilidade de dados e o custo final. O trabalho foi conduzido em uma estrada rural em Monte Alto – SP, onde se tem 0,30 hectares de área sob influência de voçoroca. Para a avaliação foi usado levantamento aerofotogramétrico com RPA, com pontos georreferenciados e com receptor GNSS L1/L2. Para avaliar a importância dos pontos georreferenciados, houve comparação dos dados altimétricos utilizando os pontos de apoio com os dados altimétricos utilizando apenas o GPS interno da aeronave. Outra metodologia foi o levantamento por topografia convencional, onde foram feitas coletas de coordenadas por estação total e receptor GPS Geodésico L1/L2. A análise estatística foi feita a partir da análise de variância (ANOVA), por meio do teste F ($p < 0,05$) e as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Para análise de precisão e acurácia dos produtos do aerolevanteamento com RPA será utilizado software GeoPEC.

Palavras-chave: Degradação do solo. Erosão. Conservação do solo. Tecnologia na agricultura. Drones.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos problemas ambientais mais importantes é a degradação do solo. O uso mal planejado de solos agrícolas para a produção de alimentos cresce ano a ano, transformando os ambientes e ecossistemas naturais. Devido à ação antrópica inapropriada, muitas áreas estão com suas capacidades produtivas

¹ Discente do Curso de Engenharia Agrônoma no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro-SP. E-mail: eng.agromarianaribeiro@gmail.com

² Discente do Curso de Engenharia Agrônoma no Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro-SP. E-mail: icaramello27@gmail.com

³ Docente do Curso de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário UNIFAFIBE de Bebedouro-SP. E-mail: roberto_saverio@yahoo.com.br

diminutas, pois a degradação do solo vem tomando grande espaço nas áreas de produção (DA SILVA BARROS, et al., 2016; FIORO, et al., 2016).

No Brasil, a degradação do solo tem como principal agente a erosão hídrica. A sua ocorrência pode ser determinada por diversos eventos, como a erosividade das chuvas, erodibilidade do solo e sua cobertura vegetal, sendo essa a principal forma de controle da erosão hídrica (DECHEN et al., 2015).

Essa erosão é decorrente principalmente do impacto das gotas de chuva, que podem ser comparadas a mini bombas, golpeando a superfície do solo, transformando os grânulos e torrões em partículas menores (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985). O transporte dessas partículas pode ser feito tanto pela atuação dos ventos quanto pelo escoamento superficial da água, em maior quantidade, normalmente findando nos corpos de água, o que resulta no assoreamento dos leitos dos rios (PANACHUKI et al., 2006).

As partículas desprendidas do solo no processo da erosão podem também formar uma camada compactada, chamada de superfície de selamento, causando uma baixa da taxa de infiltração de água no solo (CHAVES et al., 1993).

A partir disso, a etapa mais expressiva deste processo de erosão do solo é chamada de voçoroca. Esse termo pode ser definido como uma fissura erosiva, que contém quedas das camadas do solo em blocos. As voçorocas possuem paredes retas e fundos planos, sendo classificadas assim quando sua profundidade supera 1,5 metros (VIEIRA, 1998).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), sob condições de declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo parecidas, os vários tipos de solo apresentam vulnerabilidades diferentes quando se trata de erosão. As propriedades do solo que afetam na infiltração de água são as propriedades que mais intervêm na sua erodibilidade.

No Brasil, onde a perda da camada superficial é a principal forma de degradação, em resultado da expansão da agricultura, estima-se que há perdas de mais 750 milhões de toneladas anualmente nas áreas de plantações, e de 70 milhões de toneladas nas áreas de pastagens (HERNANI et al., 2002 apud AIMON et al., 2018).

Anualmente, com o arrasto de milhões de toneladas de solo, são agravados os problemas econômicos e ambientais, podendo resultar até na perda de vidas. As consequências desses eventos são inúmeras, incluído o êxodo rural. O controle da

erosão é obtido principalmente pela adoção das práticas conservacionistas, que podem ser edáficas, vegetativas e mecânicas (CHAVES; ANDRADE, 2013).

No passado, o monitoramento de erosões e assoreamentos era feito com inspeções em visitas ao local, com fotografias e descrições. Também eram feitos levantamentos topográficos nos locais em estudo, porém estes tinham alto custo de realização, pois os equipamentos eram caros, além da exposição a maiores riscos da equipe técnica. Assim, hoje, os veículos aéreos não tripulados (VANTs), têm ganhado espaço nessa área, pois não há a necessidade de visitas nessas áreas que oferecem riscos, tendo a coleta de informações necessárias de forma mais rápida (LONGHITANO; MANTOVANI; BELTRÃO, 2016).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar quais das metodologias são mais adequadas para fins de elaboração de um projeto de recuperação de uma voçoroca, relacionando tempo de trabalho, confiabilidade de dados e custo final.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em estrada rural localizada no município de Monte Alto – SP, dentro das coordenadas geográficas de 21°18'37,91" de latitude sul e 48°27'39,06 de longitude oeste, com área total de influência da voçoroca de 0,30 hectares. Atualmente a área de estudo se encontra degradada e com risco à trafegabilidade da estrada rural e desmoronamento dos taludes, como demonstram as figuras 1 e 2.

Figura 1 - Área sob influência da voçoroca



Fonte: Google Earth (2021)

Figura 2 - Erosão na estrada e talude adjacente



Fonte: Autoria própria (2021)

Para a realização do levantamento de campo foi utilizada a aeronave remotamente pilotada (RPA) modelo Phantom 4, marca DJI. Essa aeronave possui autonomia de vôo de 0,5 hora a cada bateria utilizada. Também foi utilizado um par de receptores GNSS de dupla frequência L1/L2, alvos pré-sinalizados e os seguintes softwares: Drone Deploy, Agisoft Photoscan e Autocad Map 3D.

Foi utilizada uma câmera fotográfica com resolução 20 Mega Pixels (MP), fixada ao RPA, ligada ao sistema de posicionamento (GPS) acoplado a aeronave, possibilitando a obtenção das fotos georreferenciadas. Para coletar a coordenada central de cada ponto da foto, resultando num mosaico de imagens, foi utilizado um receptor GPS portátil com frequência de 10 Hz. O sistema de coordenadas utilizado foi datum oficial brasileiro, denominado de SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000).

2.1 METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO

A metodologia adotada para o levantamento aerofotogramétrico foi dividida nas seguintes etapas: primeiro, a determinação das coordenadas dos pontos de apoio seguido do planejamento e execução do voo e processamentos dos dados. Os pontos de apoio foram em campo com uma distribuição espacial de forma a recobrir por igual toda a área. Foram implantados 14 pontos de apoio, sendo 7 pontos de controle e 7

pontos de verificação, pré-sinalizados e foto identificáveis (Figura 3). Dentro da erosão, haviam sinalizados mais pontos de para a coleta de coordenadas x, y e z (Figura 4). Estes pontos foram georreferenciados com receptor GNSS L1/L2 utilizando o método de posicionamento relativo “stop and go”, com tempo de coleta de 5 minutos por ponto, máscara de elevação de 10° (graus).

Figura 3 - Detalhe dos pontos de apoio materializados no solo



Fonte: Autoria própria (2021)

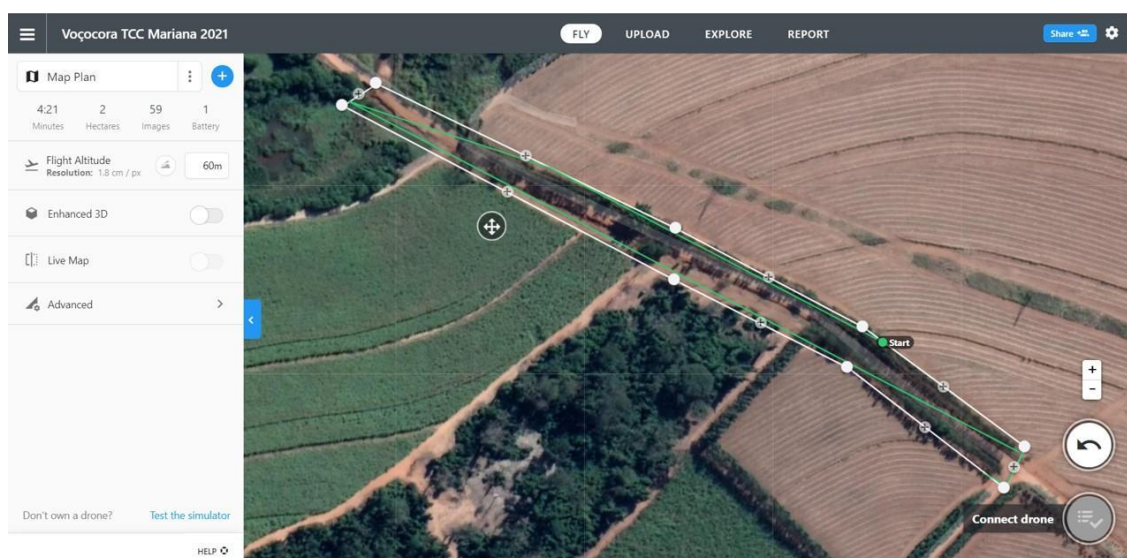
Figura 4 - Detalhe dos pontos de apoio e pontos de coleta de coordenadas



Fonte: Autoria própria (2021)

O software Drone Deploy foi utilizado para planejamento do voo na área de interesse e direções das faixas, conforme demonstrado na figura 5. Foram definidos como parâmetros resolução de 1,8 cm/px, voo a 60 metros de altura, com faixa de recobrimento longitudinal de 75% e transversal de 65%. De acordo com a estimativa do software foram realizadas 59 imagens com tempo de 4 minutos e 21 segundos de levantamento (Figura 5).

Figura 5 - Plano de voo em área sob influência da voçoroca



Fonte: Software Drone Deploy (2021)

O processamento das imagens do voo assim como os dados dos pontos de apoio, foi realizado por meio do software Agisoft Photoscan. Os produtos gerados pelo processamento foram: ortofotomosaico, modelo digital de terreno (MDT), modelo digital de elevação (MDE), modelo de superfície (DEM), modelos 3D e planta planialtimétrica. Com estes produtos foram geradas as dimensões da voçoroca (largura, comprimento e profundidade/altura) para comparação com topografia convencional.

2.2 METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO POR TOPOGRAFIA CONVENCIONAL

O levantamento topográfico convencional foi realizado por coleta de coordenadas com a estação total de marca Topcon, modelo 232 GT, com precisão angular de 2" (segundos) e precisão linear de 3 mm. Para o auxílio da demarcação dos pontos, um bastão com um prisma refletor para captação dos dados topográficos

foi empregado. Esses dados topográficos são: altitude, distância, ângulo e coordenadas de cada ponto coletado no local. Para o desígnio das coordenadas de partida e orientação foi utilizado um par de receptor GPS Geodésico de dupla frequência L1/L2, da marca Topcon, modelo Hiper. Os softwares que foram utilizados para o levantamento convencional são: Topograph v.4.1 e Autocad Map 3D.

O levantamento planialtimétrico foi realizado pelo método da irradiação para a determinação da poligonal. Foram coletados na área 56 pontos, sendo 28 pontos no interior da voçoroca e 28 na parte externa.

Após o trabalho de campo os pontos foram descarregados no software Topograph v.4.1, onde foram processados para controle e ajuste das coordenadas das estações da poligonal. Depois de ajustados, foram geradas as medidas da largura da voçoroca, comprimento e profundidade/altura, para geração do modelo digital de elevação.

2.3 CÁLCULO DE VOLUME DA VOÇOROCA E CUSTOS DE RECUPERAÇÃO

O volume da voçoroca foi calculado em metros cúbicos, por meio do software MétricaTOPO da empresa Métrica para a topografia convencional. Já na aerofotogrametria o volume foi calculado no software Agisfot. Após o cálculo dos volumes foi realizada a estimativa de custo de recuperação das voçorocas em cada situação levantada. Para a estimativa de custos de hora/máquina e serviços foram utilizadas tabelas oficiais do Departamento de Estrada e Rodagem (DER) de livre consulta na internet.

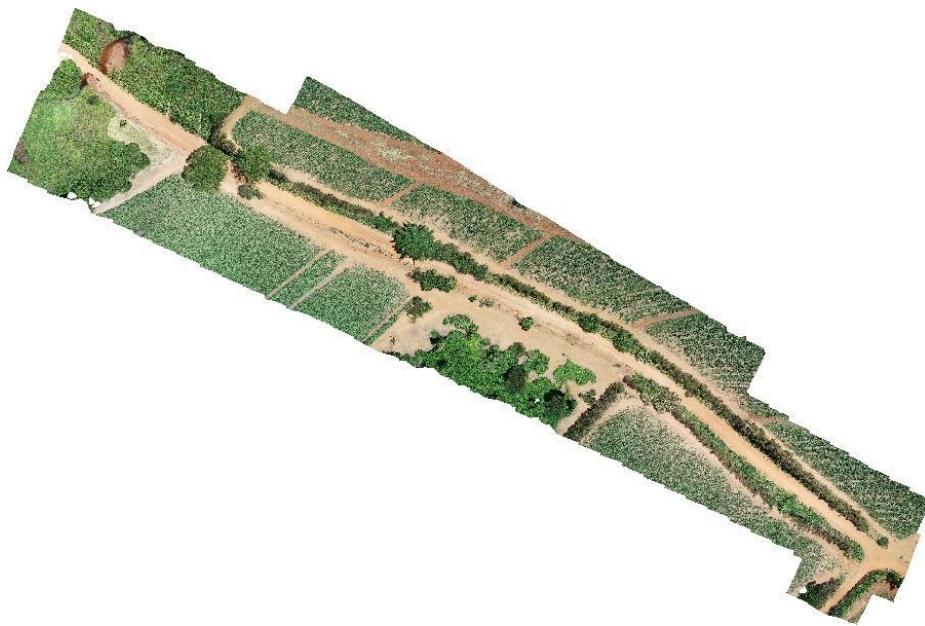
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS

Os dados das diferenças entre as medições de altura e largura da voçoroca, entre Estação Total e RPA/Drone e os dados de área (m^2), comprimento (m) e volume (m^3) obtidos por levantamento por RPA e topografia convencional, foram tabulados utilizando-se planilhas eletrônicas do Microsoft Excel ® e submetidos à análise estatística por meio do aplicativo computacional Sisvar ® (FERREIRA, 2011). Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) por meio do teste F ($p < 0,05$) e em seguida, as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

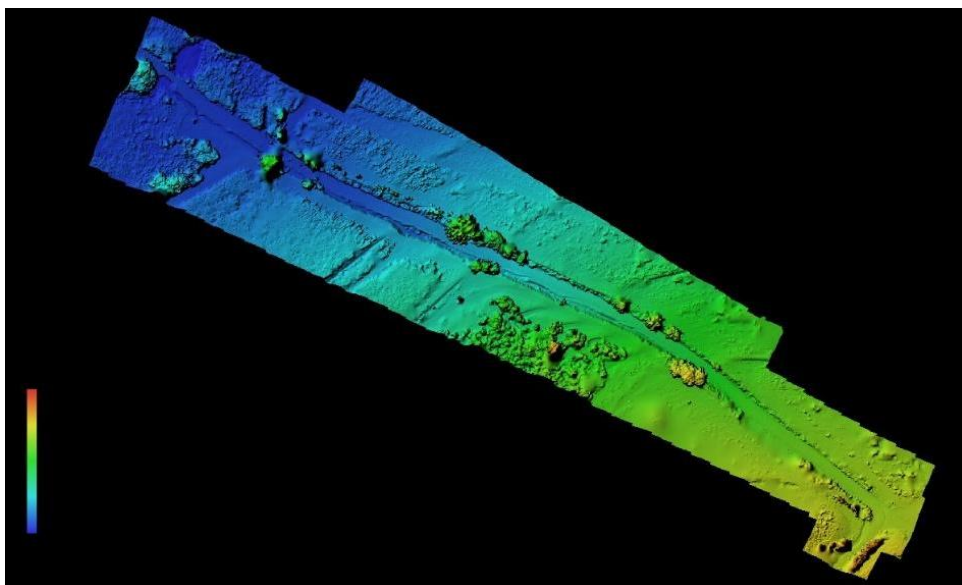
O levantamento realizado por meio de aerofotogrametria com RPA, proporcionou a geração dos produtos como: ortofotomosaico (Figura 1) e modelo digital de superfície (DEM) (Figura 2). Estes produtos foram gerados tendo como base, os dados dos pontos de controle do GPS, e os pontos de checagem (coordenadas x,y,z), conforme apresentados na tabela 1.

Figura 6 - Ortofotomosaico



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 7 - Modelo Digital de Superfície (DEM)



Fonte: Autoria própria (2021).

Com relação aos dados apresentados na tabela 1, pode-se inferir que a acurácia posicional final do projeto foi de 0,017; 0,032 e 0,048 metros, referente para as coordenadas dos eixos X, Y e Z, respectivamente.

Tabela 1 - Dados de erro dos Pontos de Checagem (*Check Points*) do levantamento por RPA. Monte Alto – SP, 2021.

Pontos	Erro X (m)	Erro Y (m)	Erro Z (m)
1	-0,012	0,034	-0,032
3	0,021	0,031	0,046
5	-0,018	0,050	-0,051
7	0,019	0,026	-0,038
9	0,018	0,042	0,055
11	0,008	-0,037	0,048
13	0,025	-0,044	0,094
Precisão do projeto	0,017	0,032	0,048

Fonte: Autoria própria (2021).

Segundo Grahan e Koh (2002), para estudo da qualidade do projeto admite-se que as precisões de escala de mapeamento em planimetria e altimetria são, na devida ordem, 2 e 3 vezes o valor do GSD das imagens. Entretanto Droneng (2020) analisou e validou a metodologia e concluiu que as precisões podem variar de 1 a 1,5 GSD nas coordenadas planimétricas (X e Y) e de 2 a 3 GSD na coordenada altimétrica (Z).

Para o projeto em questão foi utilizado um GSD de 1,8 cm/px, ou seja, cada pixel na imagem representa 1,8 cm² no terreno. Correlacionando os valores dos erros das coordenadas com o GSD, tem-se: o erro máximo planimétrico foi 1,7 cm no eixo X, e 3,2 cm em Y, equivalente a 0,9 e 1,7 vezes o GSD. Já o erro máximo altimétrico de 4,8 cm correspondeu a 2,6 vezes o GSD. Comparando com a literatura os dados estariam dentro dos limites estabelecidos por Grahan e Koh (2002), visto que eles variaram de 0,9 a 2,6 vezes o GSD. Portanto para este projeto os erros obtidos estão abaixo do erro máximo permitido, atestando que o projeto está dentro dos padrões de qualidade. De acordo com os autores, se o projeto não estivesse dentro dos padrões de qualidade seria necessário refazer o processamento das imagens ou ainda coletar novos pontos de apoio em campo.

Após a comprovação da qualidade do projeto realizado com RPA, comparou-se os dados das diferenças obtidas entre as medições de altura e largura da voçoroca, realizada por meio de topografia convencional (Estação Total) e Aerofotogrametria (RPA/Drone), conforme tabela 2. Para esta análise foi utilizado o teste de comparação de médias (Tukey 5%).

Tabela 2 - Dados das diferenças entre as medições de altura e largura da voçoroca, entre Estação Total e RPA/Drone, em 14 pontos. Monte Alto – SP, 2021.

Pontos	Diferença Altura (m)	Diferença Largura (m)
1	0,035 a	0,025 a
2	0,041 a	0,022 a
3	0,049 a	0,026 a
4	0,041 a	0,025 a
5	0,037 a	0,019 a
6	0,035 a	0,020 a
7	0,038 a	0,029 a
8	0,042 a	0,028 a
9	0,041 a	0,018 a
10	0,037 a	0,020 a
11	0,042 a	0,019 a
12	0,042 a	0,021 a
13	0,036 a	0,024 a
14	0,042 a	0,028 a
DMS (5%)	0,010	0,013
CV (%)	7,01	16,24

*Letras iguais na mesma coluna indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Fonte: Autoria própria (2021).

Verificou-se que não houve diferença significativa para as médias das medições de altura e largura da voçoroca em 14 pontos analisados. Esta análise reforça os dados da tabela 1, em que o projeto por fotogrametria obteve qualidade aceitável para uso técnico.

Dados obtidos pela empresa Droneng (2020) em estudo semelhante, ou seja, estudos comparativos entre topografia convencional e RPA, mostraram que a precisão das coordenadas identificadas no estudo foi de 0,017 m no eixo X; 0,051 m no eixo Y e 0,082 m no eixo Z. Os autores concluíram que a metodologia de medição por aerofotogrametria possui qualidade técnica semelhante a topografia convencional, valores que reforçam os dados obtidos nesse trabalho.

Segundo Demarchi (2003) para realização de estudos de recuperação de uma voçoroca é importante sua caracterização planialtimétrica, considerando sua área e volume. Os autores Ikematsu et. al (2007) descreveram a importância de mensuração do volume de uma voçoroca, visto que este dado é imprescindível para mensuração do custo de recuperação. De acordo com os autores o volume da voçoroca pode ser estimado por meio da determinação da área da seção transversal, em diversas partes da voçoroca e posterior elaboração de uma malha em 3 dimensões.

Os resultados das dimensões finais da voçoroca como área, comprimento e volume estão representados na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de área (m²), comprimento (m) e volume (m³) obtidos por levantamento por RPA e topografia convencional. Monte Alto – SP, 2021.

Levantamento	Área (m²)	Comprimento (m)	Volume (m³)
Estação total	643,08 a	344,47 a	421,72 a
RPA/Drone	644,14 a	344,51a	423,25 a
Diferença	1,06	0,04	1,53
DMS (5%)	5,37	1,14	4,19
CV (%)	0,37	0,15	0,44

Letras iguais na mesma coluna indicam que, no nível de 5% de significância, não há diferença entre as médias.

Fonte: Autoria própria (2021).

Os levantamentos realizados por aerofotogrametria e por topografia convencional não apresentaram diferença significativa para os parâmetros analisados, ou seja, foram indiferente o uso da metodologia para o dimensionamento da voçoroca.

De acordo com a tabela 3, as diferenças entre as modalidades de levantamentos foram: 1,06 m² de área, 0,04 m de comprimento e 1,53 m³ de volume. Estes dados corroboram com Coelho et al., 2017, que verificaram que os modelos gerados por VANT (RPA) podem ser classificados como produtos de alta precisão e confiabilidade, quando comparados aos métodos de que envolvem a topografia convencional.

Com relação ao impacto econômico da recuperação da voçoroca, utilizando topografia convencional e RPA, foi realizada uma análise comparativa de custos, entre os dois levantamentos (Tabela 4). As operações foram calculadas de acordo com tabelas oficiais do Departamento de Estrada e Rodagem, de livre consulta na internet.

Tabela 4 - Diferença, em reais (R\$) do custo de recuperação de voçoroca entre levantamento por RPA e topografia convencional.

Monte Alto – SP, 2021

Trabalho	Estação total	RPA/Drone	Diferença
Escavação e carga	R\$ 3.074,34	R\$ 3.085,49	R\$ 11,15
Compactação	R\$ 1.859,79	R\$ 1.866,53	R\$ 6,75
Vegetação Talude	R\$ 2.411,29	R\$ 2.411,57	R\$ 0,28
Total	R\$ 7.345,41	R\$ 7.363,60	R\$ 18,18

Fonte: Autoria própria (2021).

Os equipamentos e rendimentos horários considerados na tabela 4 estão de acordo com a recomendação técnica da Zoccal (2016), na qual o autor recomenda opções de equipamentos para cada operação específica a ser realizada em campo.

Para as operações de escavação de carga de material granular, verificou-se que a diferença entre Topografia e fotogrametria foi de R\$ 11,15. Para as operações de compactação/reconformação e vegetação do talude as diferenças foram, respectivamente R\$6,75 e R\$0,28.

Considerando que as tabelas 1, 2, 3 e 4 demonstraram não haver diferença significativa dos dados, assim como uma pequena diferença de custos, elaborou-se um comparativo de desempenho entre as atividades do levantamento aerofotogramétrico e topografia convencional (Tabela 5).

Tabela 5 - Tempo de trabalho, profissionais envolvidos e acurácia alcançada obtidos por levantamento por RPA e topografia convencional. Monte Alto – SP, 2021.

Parâmetros	Fotogrametria	Topografia
Tempo em campo	15min	2h35min
Tempo em escritório	1h12min	1h35min
Profissionais	2	3
Pontos coletados	7.574.590	56
Acurácia alcançada	x=1,7 cm	x=3 mm
	y=3,2 cm	y=1 mm
	z= 4,8 cm	z= 4 mm

Fonte: Autoria própria (2021).

Verificou-se que no levantamento por RPA foram necessários 15 minutos de coleta de dados em campo, 1h12min de processamento em escritório e dois profissionais, enquanto na topografia convencional, utilizou-se 2h35min em campo, 1h35min em escritório e 3 profissionais.

Com relação a acurácia do projeto verifica-se na tabela 5 que a Topografia convencional proporcionou uma acurácia posicional melhor, na casa dos milímetros, enquanto na Aerofotogrametria a acurácia foi na casa dos centímetros. Porém com relação ao detalhamento do projeto observa-se que no levantamento com RPA o produto final foi de 7.574.590 pontos, enquanto no levantamento com Estação total obteve-se 56 pontos. Estes dados consolidam os da empresa Droneng (2018), autores os quais citaram que quando se analisa a qualidade dos produtos gerados, é evidente que a fotogrametria gera uma quantidade maior de pontos, o que concede um melhor detalhamento do terreno.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os dados apresentados é possível concluir que, quando comparados os parâmetros de acurácia, volume final da voçoroca e custo, para fins de elaboração de um projeto de recuperação de uma voçoroca, as metodologias de levantamento aerofotogramétrico e topografia convencional, não se diferem

significativamente. Porém quando se compara tempo de trabalho, uso de mão de obra, e detalhamento do projeto, o levantamento aerofotogramétrico se mostra mais viável.

REFERÊNCIAS

AGISOFT, 2020. Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.6. Disponível em: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_6_en.pdf. Acesso em 06 de abril de 2021.

AIMON, Jonatas Giovani Silva; SILVA Ricardo Vieira; GOES, Marcos Ugalde de Araújo; SILVA, Telmo Almansa; TRENTIN, Romario. Geotecnologias aplicadas para mapeamento de processos erosivos: estudo de caso voçoroca do Ijuízinho. In: **COBRAC 2018**. 2018.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.

CHAVES, Henrique Marinho Leite; ORLOWSKI, Eduardo.; ROLOFF, Glaucio. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 17, n. 2, p. 141-147, 1993

CHAVES, Tiago de Andrade; ANDRADE, Aluísio Granato de. Capim Vetiver (*Vetiveria zizanioides*): Produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas. **Programa Rio Rural. Manual Técnico, 39**. Niterói: Coordenadoria de Difusão de Tecnologia, 2013. p. 16.

COELHO, Ricardo Canal; SILVA, Rafael Leandro; COSTA, Roberto Savério Souza. Mapeamento topográfico, com utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e topografia convencional. 2017.

DA SILVA BARROS, Pedro Paulo; FIORO, Peterson Ricardo; MARTINS, Juliano Araújo; DEMATTÊ, José Alexandre Melo. Comparação entre o uso e ocupação e perda de solo, nos anos de 1995 e 2010, na microbacia hidrográfica do Ceveiro. **Revista Ambientia**, v. 12, n. 2, p. 513-523, 2016.

DECHEN, Sonia Carmela Falci; TELLES, Tiago Santos; GUIMARÃES, Maria de Fátima; MARIA, Isabella Clerice de. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015

DEMARCHI, Luís César. **Adequação de Estradas Rurais**. Manual Técnico n.77. CATI, Campinas, 64p, 2003.

DRONENG. Case técnico: Mapeamento Aéreo com Phantom: análise de qualidade. Presidente Prudente, 2018. Disponível em: <<https://conteudo.droneng.com.br/case-mapeamento-aereo-com-phantom>>. Acesso em: 20 out. 2021

DRONENG. Case Técnico: Topografia X Fotogrametria. Presidente Prudente, 2020. Disponível em: < <https://conteudo.droneng.com.br/ebook-fotogrametria-x-topografia-nova>>. Acesso em 27 de set. 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FIORIO, Peterson Ricardo; DA SILVA BARROS, Pedro Paulo; OLIVEIRA, Julio Storion.; NANNI, Marcos Rafael. Estimativas de perda de solo em ambiente SIG utilizando diferentes fontes de dados topográficos Estimates of soil loss in a GIS environment using different sources of topographic data. **AMBIÊNCIA**, v. 12, n. 1, p. 203-216, 2016.

GRAHAM, Ron; KOH, Alexander. **Digital Aerial Survey: Theory and Practice**. CRC Press/Whittles Publishing: Boca Raton, FL., USA, 2002.

IKEMATSU, Priscila; SILVA, Alexandre Marco; PAULA, Fabíolla Pereira; NOGUEIRA, Davi Pajaro; SILVEIRA, Felipe Muniz; ALVES, Sérgio Henrique; BOMBACK, Michele. Dimensionamento e estudo dos fatores condicionantes de duas voçorocas localizadas no município de Sorocaba(SP). **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.8, n.24, 2007.

LONGHITANO, George Alfredo; MANTOVANI, Juliana da Costa; BELTRÃO, Silvia Regina Bolonhin. As contribuições associadas ao uso de VANTs para monitoramento da evolução de processos erosivos em Sonoro – MS. **GRSS YP E ISPRS SUMMER SCHOOL 2016**, 2016.

PANACHUKI, Elói; SOBRINHO, Teodorico Alves; VITORINO, Antônio Carlos Tadeu; CARVALHO, Daniel Ferreira; URCHEI, Mário Artemio. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 261-268, 2006.

VIEIRA, Antônio Fábio Sabbá Guimarães. Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM). (**Dissertação de Mestrado**). Florianópolis: DPGG/UFSC, p.181, 1998.

ZOCCAL, José Cesar. Manutenção de estradas e conservação da água em zona rural: adequação de erosões em estradas rurais. São José do Rio Preto, **Manual CODASP**, v.2, n.2, 2016.