

USO DE NUVEM DE PONTOS PARA CARACTERIZAÇÃO ALTIMÉTRICA

MIRIAM JUSTINO GOES¹, DAVID LUCIANO ROSALEN², TERESA CRISTINA TARLÉ PISSARRA³, CAIO VINICIUS GOMES PINHAL⁴, CAROLINE CORTEZ BONIL FIAMENGGHI⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, miriamjg1992@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, rosalen@fcav.unesp.br

³ Eng.^a Agrônoma, Prof.^a Doutora, Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, teresap1204@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, caiogpinhal@hotmail.com

⁵ Graduanda em Engenharia Agrônômica, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, carol_fiamengui@hotmail.com

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: O uso da tecnologia RPA (Aeronave Remotamente Pilotada) está se tornando uma alternativa viável em levantamentos topográficos. Entre os produtos gerados por aerolevantamentos via RPA encontra-se a nuvem de pontos, cujo avanço no desenvolvimento de softwares possibilitou sua obtenção por imagens digitais via sensores ópticos. Esse trabalho objetivou analisar a caracterização altimétrica de uma gleba de terra a partir de um aerolevantamento realizado por RPA, comparando esse resultado com um levantamento topográfico convencional. No processamento pós-voo foi realizado a filtragem de pontos cuja altura era igual ou superior a 10 cm. Também foi gerado o modelo digital de terreno e o mapa de declividade com curvas de nível. Os resultados foram comparados utilizando os testes t e χ^2 com nível de significância de 5% para as médias e variâncias amostrais. Verificou-se que o uso de nuvem de pontos permitiu a caracterização altimétrica do terreno; porém, as altitudes obtidas apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. O mapa de declividade da nuvem de pontos apresentou algumas distorções, devido a uma possível falha na filtragem nos locais com maior presença de vegetação, dessa forma recomenda-se que sejam aprofundados estudos em técnicas de filtragem de pontos.

PALAVRAS-CHAVE: Aerofotogrametria, topografia, VANT

USE OF POINTS CLOUD FOR ALTIMETRIC CHARACTERIZATION

ABSTRACT: The use of RPA (Remotely Piloted Aircraft) technology is becoming a viable alternative in topographic surveys. Among the products generated by aerial surveys via RPA is the points cloud, whose advancement in software development enabled its acquisition of digital images via optical sensors. This work aimed to analyze the altimetric characterization of a terrain from an aerial survey performed by RPA, comparing this result with a conventional topographic survey. In the post-flight processing, filtering of points whose height was equal to or greater than 10 cm was performed. Also the digital terrain model and the slope map with contour lines were also generated. The results were compared using the t and χ^2 tests with the significance level of 5% for means and sample variances. It was verified that the use of points cloud allowed an altimetric characterization of the terrain. However, the altitudes obtained are present a statistical difference between treatments. The slope map of the points cloud presented some distortions, due to a possible failure to filter in places with a greater presence of vegetation. Therefore, it is recommended that studies on point filtering techniques be further developed.

KEYWORDS: Aero-photogrammetry, topography, UAV

INTRODUÇÃO: Uma recente tecnologia utilizada em levantamentos altimétricos é o VANT (acrônimo de Veículo Aéreo Não-Tripulado), que consiste numa plataforma aérea autônoma para obtenção de dados remotos, sendo pilotado remotamente através de uma estação de controle no solo (EVERAERTS, 2008). Atualmente vem se consolidando devido a sua versatilidade e precisão quando comparado com outras técnicas tradicionais que utilizam estações totais e receptores GNSS. Um dos pontos positivos no seu uso é o custo operacional mais baixo em comparação a uma aeronave tripulada, e também o acesso a lugares mais restritos. Os VANTs foram inicialmente desenvolvidos e utilizados para fins de aplicações militares. Inicialmente eram equipados com sensores de precisão, de custo elevado, tornando-o inviável economicamente para funções comerciais (COLOMINA; MOLINA, 2014). Atualmente, com o constante crescimento da disponibilidade do GPS (Global Positioning System), precisos e de baixo custo, elevou a possibilidade de se obter um sistema de referência em tempo real e de abrangência mundial, contribuindo para o avanço dos VANTs (SIEBERT; TEIZER, 2014). Entre os produtos obtidos por VANTs estão os mosaicos de ortofotos, MDS (modelo digital de superfície) e nuvem de pontos. Todos os produtos são gerados automaticamente por softwares. Dentre estes, o mais recente e, portanto menos divulgado e analisado, é a nuvem de pontos. Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo a aplicação desta tecnologia na caracterização altimétrica de um terreno, descrevendo suas vantagens e limitações, em comparação com um levantamento topográfico tradicional e contrapor a diferença entre os dois métodos.

MATERIAL E MÉTODOS: O presente trabalho foi desenvolvido em uma área pertencente à FCAV/UNESP, em Jaboticabal-SP. A área possui 37 ha. Para fins de verificar a viabilidade do uso da nuvem de pontos, foi realizado um levantamento topográfico dessa área para posterior comparação. O método do levantamento foi o relativo semicinemático realizado com receptor Trimble R6 e coletor de dados TSC3. Como estação base foi adotada a Estação Geodésica SAT-93901. O pós-processamento foi realizado no *software* Trimble Business Center v. 2.8, coletando 1700 pontos, gerando uma densidade de 45 pontos por ha. O desenho deste levantamento foi realizado no *software* TopoEVN v.6. O método de interpolação adotado na MDT foi a Triangulação com interpolação linear, com classes de declividades de 0-2%, 2-4%, 4-6%, 6-8%, 8-10%, 10-12%, e 12-14%. Na cobertura aerofotogramétrica foi utilizado um VANT modelo eBee, com câmara digital com sensor RGB. O plano de voo foi feito pelo *software* Motion 2 com uma altura de 160 m, que possibilitou uma resolução geométrica de 5 cm no terreno. Para o georreferenciamento da cobertura aerofotogramétrica foram implantados seis pontos de controle. Além desses, foi também utilizada a estação geodésica SAT-93901 como ponto de controle. O método de posicionamento adotado foi o relativo estático, e como estações base SAT-93901 e a SAT-99539. O pós-processamento foi realizado no *software* Trimble Business Center v. 2.8. O processamento pós-voo foi realizado no *software* Terra 3D, gerando os pontos homólogos. Após foi realizado a confecção da nuvem de pontos e sua classificação, sendo descartados pontos com alturas iguais ou superiores a 10 cm. Essa classificação é para a obtenção de MDT e não o MDS, que pode englobar a vegetação. Após a classificação da nuvem, foi gerada uma malha regular de 1 m x 1 m com somente os pontos classificados como terreno. Essa malha regular foi exportada em formato texto, para posterior edição no *software* de topografia TopoEVN. Tanto o desenho do levantamento topográfico do aerolevante via VANT, como a geração do MDT e mapas de declividade com curvas de nível foram também realizados nesse *software*. Da mesma maneira para o levantamento topográfico através do posicionamento GNSS, o método de

interpolação adotado na geração do modelo digital de terreno foi a Triangulação com interpolação linear. As classes de declividades estabelecidas foram idênticas ao do posicionamento GNSS; não ultrapassando 14%; e a equidistância vertical também foi de 1 m, com uma curva mestra a cada 5 m de desnível. A comparação desses dois levantamentos foi realizada através de análise descritiva dos dados de altimetria, utilizando-se do *software* BioEstat 5.0 e teste de hipóteses para a média e a variância utilizando-se do *software* SISVAR 5.3. Os mapas de declividade e de curvas de nível foram contrapostos. As análises realizadas foram compiladas em planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A tabela 1 exhibe os resultados da análise descritiva dos dados obtidos nos levantamentos topográficos realizados, através do posicionamento GNSS e da cobertura aerofotogramétrica via VANT.

TABELA 1. Resultados da análise descritiva das altitudes elipsoidais (h) obtidas.

Parâmetro	Levantamento GNSS	Levantamento VANT
	h	h
Tamanho da amostra	460	3724
Mínimo (m)	539,163	540,000
Máximo (m)	576,342	576,190
Amplitude Total (m)	37,179	35,990
Média Aritmética (m)	554,225 ± 0,431	557,434 ± 0,139
Variância (m ²)	85,244	71,997
Desvio Padrão (m)	9,233	8,485
Coefficiente de Variação (%)	1,7	1,5

De acordo com os resultados exibidos na Tabela 1, nota-se que a tecnologia de coleta de dados através da nuvem de pontos possibilita uma amostragem muito superior à coleta via GNSS, que é realizada ponto a ponto. Essa amostragem maior pode permitir uma melhor caracterização altimétrica do terreno. Com relação à média aritmética, o Teste t (nível de significância de 5%) de comparação de médias indicou diferença estatística entre os dois tratamentos; a maior média de altitude obtida no levantamento VANT pode ser explicada pela presença de vegetação na área. O Teste de χ^2 de comparação de variâncias (nível de significância de 5%) indicou também diferença significativa entre os resultados, implicando numa variância menor no levantamento VANT; esse resultado é corroborado pela menor amplitude obtida nessa modalidade de levantamento. Esse resultado pode ser explicado também pela presença de vegetação. Na Tabela 2 são exibidos os resultados da classificação do relevo, para os dados obtidos nos levantamentos topográficos realizados pelo posicionamento GNSS e da cobertura aerofotogramétrica via VANT.

TABELA 2. Resultados da classificação do relevo da área de estudo.

Classe de declividade (%)	Levantamento GNSS (m ²)	Levantamento VANT (m ²)	Diferença (m ²)
0 - 2	1.008	8.000	6.992
2 - 4	95.234	105.800	10.566
4 - 6	181.439	143.800	37.639
6 - 8	78.619	78.950	331
8 - 10	13.473	18.100	4.627
10 - 12	1.278	6.250	4.972
12 - 14	622	6.800	6.178
Média	-	-	10.186 ± 4.719

A maior diferença apresentada entre o levantamento GNSS e o levantamento via VANT encontra-se na classe de declividade 4 a 6%, situada na região central da área de estudo; onde o mapa de declividade obtido no levantamento via VANT apresentou maiores divergências com relação ao mapa oriundo do levantamento GNSS. Já a menor diferença encontra-se na porção norte da área de estudo, com cobertura vegetal ausente ou de porte acentuadamente rasteiro. Dessa forma, pode-se inferir que a ocorrência de vegetação com variações de altura, mesmo pequenas, interfere na modelagem da altimetria do terreno a partir de dados obtidas por sensores passivos embarcados em VANTs.

CONCLUSÕES: A utilização de nuvem de pontos permite a caracterização altimétrica de uma gleba de terra; porém apresentou diferenças com relação a um levantamento realizado *in loco* de alta qualidade. Essas diferenças foram provocadas, principalmente, pela não uniformidade do dossel. Portanto recomenda-se que os levantamentos altimétricos realizados com a tecnologia VANT e utilizando-se de sensores ópticos passivos, sejam efetuados em áreas livres de vegetação, para que a qualidade deste possa ser mais compatível com levantamentos realizados *in loco*. Caso haja a ocorrência de vegetação, deve-se avaliar de forma adequada os critérios de classificação da nuvem de pontos para fins de uma modelagem satisfatória da altimetria do terreno.

REFERÊNCIAS

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 92, p. 79-97, 2014.

EVERAERTS, Jurgen. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 37, p. 1187-1192, 2008.

SIEBERT, Sebastian; TEIZER, Jochen. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an unmanned aerial vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v. 41, p. 1-14, 2014.