

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **AVALIAÇÃO DO SOFTWARE ENVI - LiDAR PARA REMOÇÃO DA VEGETAÇÃO E CRIAÇÃO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO (MDT) COM VANT**

*Gabriel Renz da Silva<sup>1</sup>; Gabriela dos Santos Barboza<sup>2</sup>; Bruna Bohm Moura<sup>2</sup>; Leandra Martins Bressan<sup>2</sup>; Willian da Silveira Lima<sup>2</sup>; Janice Ferreira<sup>3</sup>; Lukas Boeira<sup>4</sup>; Viviane Santos Silva Terra<sup>5</sup>; Guilherme Kruger Bartels; Gilberto Loguercio Collares<sup>6</sup>*

**RESUMO** – Atualmente, a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) desponta-se na área topográfica. Os produtos resultantes da aerofotogrametria na topografia com drones se mostram eficientes e em processo de consolidação neste mercado. Diante do exposto, para melhor eficiência dos produtos topográficos é necessário realizar métodos de processamento de imagens. Um desses processos, importante para a topografia em leitos de rios, é a filtragem de vegetações nas margens dos corpos hídricos. Dessa forma, surge a necessidade da avaliação dos softwares que realizam essa filtragem. Nessa pesquisa, avaliou-se o software ENVI-LiDAR para retirada de vegetações e criação do modelo digital do terreno (MDT) em um trecho da sub-bacia hidrográfica Arroio do Ouro, no limite do município de Pelotas com Morro Redondo, no sul Rio Grande do Sul. A filtragem das imagens com o *software*, não representou de maneira muito adequada as regiões perto das margens do curso d'água, por causa da vegetação densa, necessitando de maiores informações e principalmente para otimização dos parâmetros e classificação dos objetos acima da superfície.

**ABSTRACT** - Currently, use of unmanned aerial vehicles (UAVs) pops up in the topographic area. The products resulting from aerial photogrammetry in the topography with drones are particularly efficient and ongoing of consolidation in this market. In view of the foregoing, for better product efficiency, it is important to perform image processing methods. One of these processes, important for topography in riverbeds, it is apply a vegetation filter along the banks of water bodies. In this way, the evaluation of the capacity of the software that performs this filtering appears. In this study, the ENVI-LiDAR software was evaluated for vegetation removal and the creation of the digital terrain model (MDT) in a section of the Arroio do Ouro hydrographic sub-basin, at the border of the municipality of Pelotas with Morro Redondo in the south of the Rio Grande do Sul. The filtering of the images with the software is not representative in a very adequate way as the main sources of data for updating the data and the classification of objects above the surface.

**Palavras-Chave** – VANT; Filtragem; ENVI-LiDAR; Topografia;

1) Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, gabrielrenzasilva@hotmail.com

2) Estudante de graduação em Engenharia Hídrica na UFPel, gabrielasb98@hotmail.com; bruna\_bmoura@hotmail.com; leandrabressan13@hotmail.com; williandasilveiralima@hotmail.com

3) Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos na UFPel, janicesilveira@gmail.com

4) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos na UFPel, lukasdossantosboeira@gmail.com

5) Profª. Adjunta do CDTec, Curso de Engenharia Hídrica, UFPEL/Campus Anglo, Pelotas-RS, vssterra10@gmail.com

6) Prof. Titular do CDTec, Curso de Engenharia Hídrica, UFPEL/Campus Anglo, Pelotas – RS, gilbertocollares@gmail.com (orientador)

## 1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico proporcionou uma série de ferramentas que podem ser utilizadas em vários setores do mercado. Um exemplo são os VANT's (Veículos Aéreos Não Tripulados) que permitem um melhor desempenho dos profissionais na busca de melhores informações, redução do custo de produção, maior eficiência dos dados colhido, melhor precisão e maior agilidade nos processos, além de ter papel fundamental na preservação do meio ambiente. Dessa forma, como cita Lucifer et al. (2012), com o uso de VANT há possibilidade do mapeamento de grandes áreas superficiais sem necessidade de mobilização de muitos profissionais, com redução no tempo de aquisição, e a facilidade na obtenção de informações em regiões de difícil acesso. Nesse sentido, a utilização dos VANT's pode trazer inúmeras vantagens na obtenção de informações relevantes nos processos de gestão e manutenção dos recursos hídricos. Com as tecnologias atuais é possível atingir resoluções de poucos centímetros e precisões compatíveis com aerolevantamentos fotogramétricos convencionais ou LiDAR (Ligt Detection and Rangig) (FERREIRA, 2014).

Conforme o exposto por Silva et al. (2015), devido a facilidade de manuseio e baixo custo de aquisição, a aplicação profissional de VANTs na área de geotecnologia tem ampliado muito nos últimos anos, com possibilidade de utilização no mapeamento de pequenas áreas urbanas e rurais, no monitoramento de obras de engenharia, nos estudos ambientais e nos cálculos de volumes em áreas de mineração. Por conta disso o levantamento utilizando câmeras não métricas a bordo de VANTs vem sendo utilizado para a obtenção do Modelo Digital de Terreno (MDT), importante ferramenta para a aquisição de informações da topografia do local (HUNG, 2018).

A importância da topografia se dá, também, no mapeamento e representação de terrenos em leitos de rios. Segundo Woodget et al. (2017) a quantificação das características topográficas dos rios e seus leitos tem sido uma preocupação fundamental da geomorfologia fluvial há décadas. Tais dados, adquiridos em altas resoluções temporais e espaciais, estão cada vez mais em demanda para investigações nas áreas de hidráulica de escoamento, dinâmica de sedimentos e habitat em fluxo.

Entretanto, dependendo da área longitudinal do leito a ser levantada, a identificação das margens pode ser uma tarefa difícil e inviável. No caso de áreas com mata ciliar a vegetação presente dificulta e inviabiliza a visualização do limite marginal do leito do rio. Outro fator que pode afetar a qualidade do mapeamento é a presença de sombra nas feições das imagens levantadas, resultando em uma redução na identificação dos pontos de solo e causando perdas de informação no modelo gerado (SILVA et al., 2015). Nesse sentido, a cobertura vegetal atua como vilã dos projetistas e pesquisadores, já que as mesmas apresentam-se como elevações topográficas nos modelos em análise, sendo necessária a aplicação de técnicas para retirada da vegetação antes da criação do MDT.

Conforme Hung et al. (2018) os processos automáticos de classificação e filtragem da nuvem de pontos para geração do MDS (Modelo Digital de Superfície) e MDT, podem enfrentar dificuldades, também, ao processar imagens com presença de declividades verticais e declividades com inclinação negativa. A classificação e filtragem automática da nuvem de pontos baseiam-se no ângulo, altura e distância de cada ponto para diferenciar relevo das demais feições (vegetação e construções) (UNGER, 2009).

Diante disso, o presente trabalho tem como finalidade investigar a aplicação do método de filtragem para a retirada de vegetações ciliares de corpos hídricos e criação do MDT através do uso da ferramenta BCAL (Boise Center Aerospace Laboratory) incorporada ao software ENVI LiDar, possibilitando posterior comparação com dados topográficos convencionais.

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo ocorreu durante o segundo semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019 e está subdividido nos seguintes tópicos para melhor compreensão:

### 2.1. Área de Estudo

O trecho de estudos localiza-se sub-bacia hidrográfica Arroio do Ouro, pertencente à bacia hidrográfica do Arroio Pelotas. A área é localizada entre os municípios de Pelotas e Morro Redondo, no sul do Rio Grande do Sul, sendo representado na Figura 1.

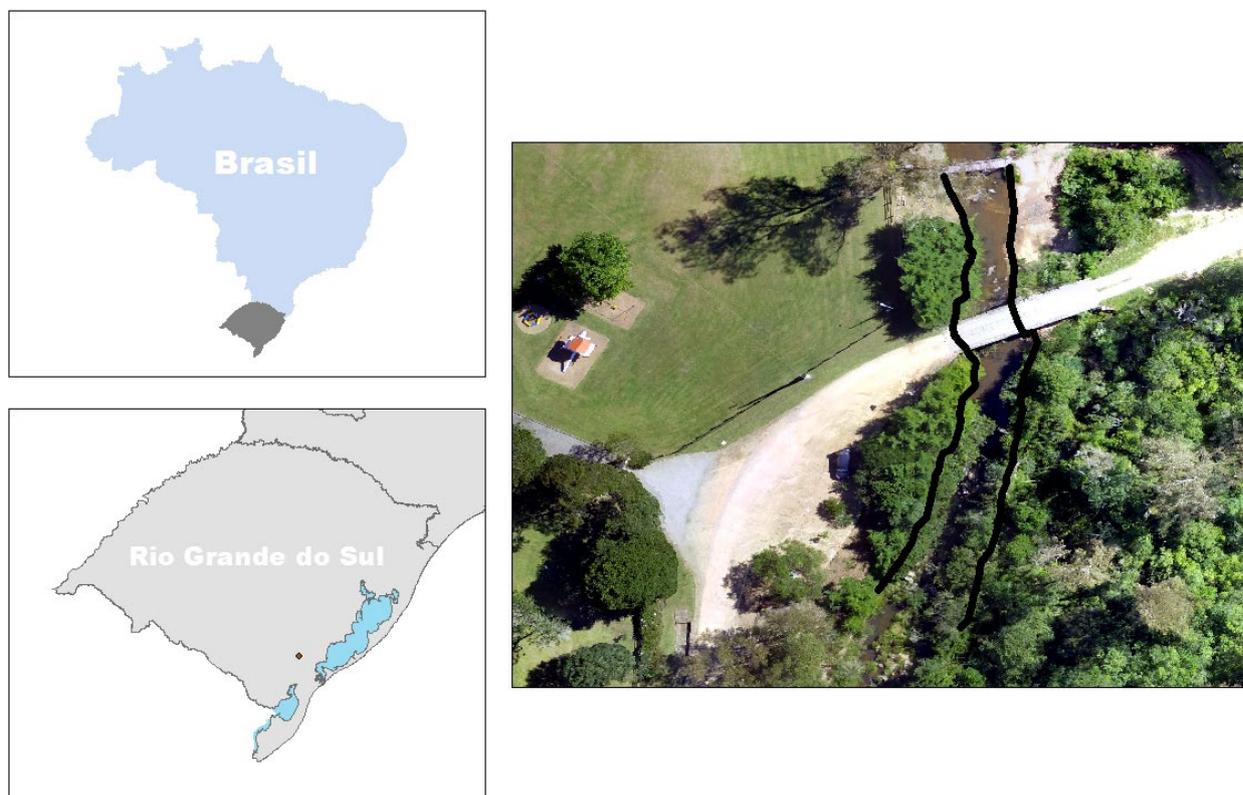


Figura 1. Área de estudo, no sul do Rio Grande do Sul.

## 2.2. Aerofotogrametria com VANT

Para o mapeamento aerofotogramétrico da região foi utilizado o modelo de veículo aéreo não-tripulado (VANT) com grande estabilidade, o Phantom 4, acoplado com câmera não métrica RGB (EMBRAPA). O planejamento da operação se deu pela plataforma digital DroneDeploy que automatizou o voo. Foi optado por realizar dois voos em sentidos perpendiculares (crossgrid) para aumentar a taxa de sobreposição das fotos, permitindo assim, uma melhor confiabilidade e qualidade no produto gerado, pois, como explicitado por Zeybek et al. (2018), os grandes valores de sobreposição diminuem a taxa de distorções e aumentam a densidade da nuvem de pontos. Os voos apresentaram duração de aproximadamente 9 minutos, em uma área de 10,8 ha, com velocidade média de  $10 \text{ m s}^{-1}$ , numa altitude de 90 metros em relação à superfície, obtendo um total de 261 imagens com 80% de taxa de sobreposição longitudinal e 80% de taxa de sobreposição lateral.

## 2.3. Geração da Nuvem de Pontos

Utilizando o software comercial Agisoft PhotoScan, as imagens sofreram a primeira etapa do processamento. Conforme proposto pelo próprio programa, as imagens passaram por correções de alinhamento por conta da rotação da câmera, além do georreferenciamento das mesmas. Com isso foi possível determinar os pontos homólogos entre as imagens, gerar a correspondência entre elas e fazer um refinamento da posição da câmera para cada imagem. No conseguinte, com base nas posições estimadas das fotografias foram identificadas as coordenadas x, y e z e assim gerada a nuvem de pontos cumprindo os mínimos detalhes (SILVA et al., 2015).

## 2.4. Filtragem da Nuvem de Pontos (ENVI)

Posteriormente, na segunda etapa, a nuvem de pontos foi importada para plataforma ENVI (*Environment for Visualizing Images*) e processada pela ferramenta interna BCAL LiDAR Tools (*Boise Center Aerospace Laboratory*) com o intuito de caracterizar a vegetação existente na área, assim como outras elevações pertencentes ao entorno da margem para a melhor obtenção do MDT. O BCAL LiDAR Tools é um conjunto de ferramentas com diferentes algoritmos e de código aberto desenvolvido pela Universidade Estadual de Idaho, nos Estados Unidos. Segundo Strutker *et al.* (2006) o *software* BCAL foi originalmente criado para realizar medições com LiDAR das alturas das vegetações características do estepe Sagebrush localizado no Canadá, oferecendo diversos algoritmos de interpolação para gerar superfícies como vizinho natural mais próximo, curva *spline* cúbica, distância inversa, inversa quadrática, etc.

O *software* determina os pontos de elevação mais baixos empregando um espaço móvel numérico definido pelo usuário na nuvem de pontos e interpola uma superfície a partir dos pontos mais baixos determinados. Os pontos que estão abaixo da superfície são considerados pertencentes à classe *ground* (superfície) e são incluídos nas repetições subsequentes. O algoritmo se repete até que não haja nenhum ponto não classificado abaixo da superfície. Conseqüentemente, todos os pontos não classificados e localizados acima da superfície são considerados “não-terra” (YILMAZ, 2018). Os parâmetros pré-definidos identificaram também, na nuvem de pontos, as construções, o solo exposto, as vegetações rasteiras e as árvores. Além de criar a malha triangula TIN para esses objetos presentes.

O parâmetro utilizado para caracterização das árvores foi uma altura mínima de 20 cm e máxima de 100 m, enquanto para o raio das mesmas foi posto o mínimo de 150 cm e o máximo de 100 m. Já para a caracterização das construções foi estabelecido uma área mínima de 30 m<sup>2</sup> e com 100 cm de espaçamento mínimo próximo ao solo. A gama de pontos da construção foi classificada como automática, com uma tolerância de superfície plana de 15 cm e a altura no telhado inferior selecionada na opção construções como modelo de caixa. Os parâmetros de produção para os modelos digitais de superfície (DSM) através da resolução grade foram mínimas, 50 cm, para melhor qualidade. Assim como no modelo digital de elevação (DEM), em que foi utilizado a resolução de grade mínima de 50 cm. E por fim, no DEM, foi julgado como 15 cm a classificação próxima ao terreno.

## 2.5. Topografia Convencional

Com o auxílio de estação total, foi realizado o levantamento topográfico da sub-bacia hidrográfica Arroio do Ouro. Foi gerado 3085 pontos na área em estudo, georreferenciando-os a um marco próximo e utilizando dois pontos fixos no levantamento. Suas coordenadas foram definidas através da utilização de um GNSS PROMARK 500, durante trinta minutos, o qual determina a latitude, longitude e altitude, através da utilização de no mínimo quatro satélites como base. Logo após, as coordenadas e altitudes foram processadas pelo software GNSS Solutions, e com a utilização do software MAPGEO, foi possível obter a altura ortométrica necessária para o levantamento topográfico.

## 2.6. Metodologia de Comparação dos Resultados

Para a avaliação dos resultados obtidos foi efetuada uma comparação entre a altitude dos 3085 pontos adquiridos a partir da topografia do local através do método convencional com as altitudes do MDE gerado na filtragem da vegetação realizada pelo *software* em estudo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a utilização dos parâmetros descritos anteriormente chegou-se a caracterização dos objetos não pertencentes ao solo e assim, conseqüentemente, ao MDE (Figura 3).

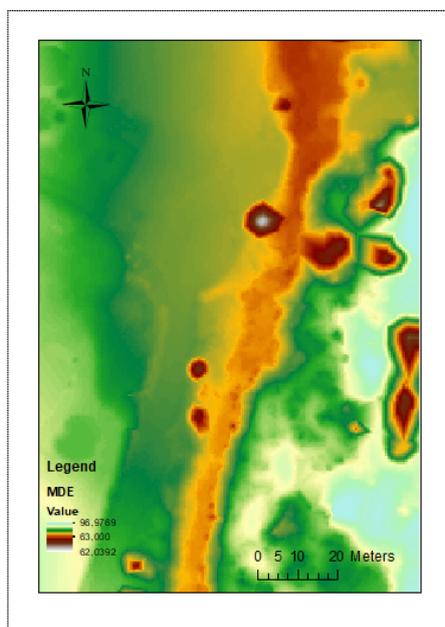


Figura 3: Modelo Digital de Elevação do local em estudo, após a filtragem da nuvem de pontos.

A partir da cota obtida em cada pixel do MDE produzido pelo software foi possível compara-las as cotas topográficas observadas e com isso obteve-se os erros por diferença entre os valores observados e os estimados pela filtragem da nuvem de pontos. Cada pixel foi comparado com o ponto observado localizado nas mesmas coordenadas X e Y. Os maiores erros, notoriamente, acumularam-se nas margens, onde há presença da vegetação densa. Os valores nessa situação variaram de 3,05m a 5,89m. Já os pequenos erros ocorreram no interior do corpo hídrico onde não há vegetação. Em alguns pontos, também, foi encontrado erros subestimados (Figura 4).

Os erros ocorridos, em maior escala, na margem se deu ao fato de que o software não possui subsídios de valores de alturas no interior da nuvem de pontos, pois a vegetação muito densa impede a captura de pontos de superfície. As nuvens de pontos fotogramétricas têm densidades mais altas, assim como a vegetação no local. Nos casos em que nuvens de pontos fotogramétricas de alta densidade são usadas, os algoritmos de filtragem de terra devem considerar todos os pontos o que torna a filtragem menos eficiente (YILMAZ *et al.*, 2018). Dessa forma o software realiza a triangulação sobre uma determinada área de vegetação julgando um ponto de superfície próximo e cria declividades muitas vezes superestimadas. Nesse contexto, Meng *et al.* (2010) explica que há uma grande quantidade de variações nas filtrações que investigam as diferenças de altura dentro de uma área com declividades, o que dificulta a remoção de objetos de diferentes tamanhos sobre o

solo, o que faz com que a filtragem tenda a cometer mais erros em terrenos com um grande número de objetos acima do solo, como prédios, matas densas, etc.

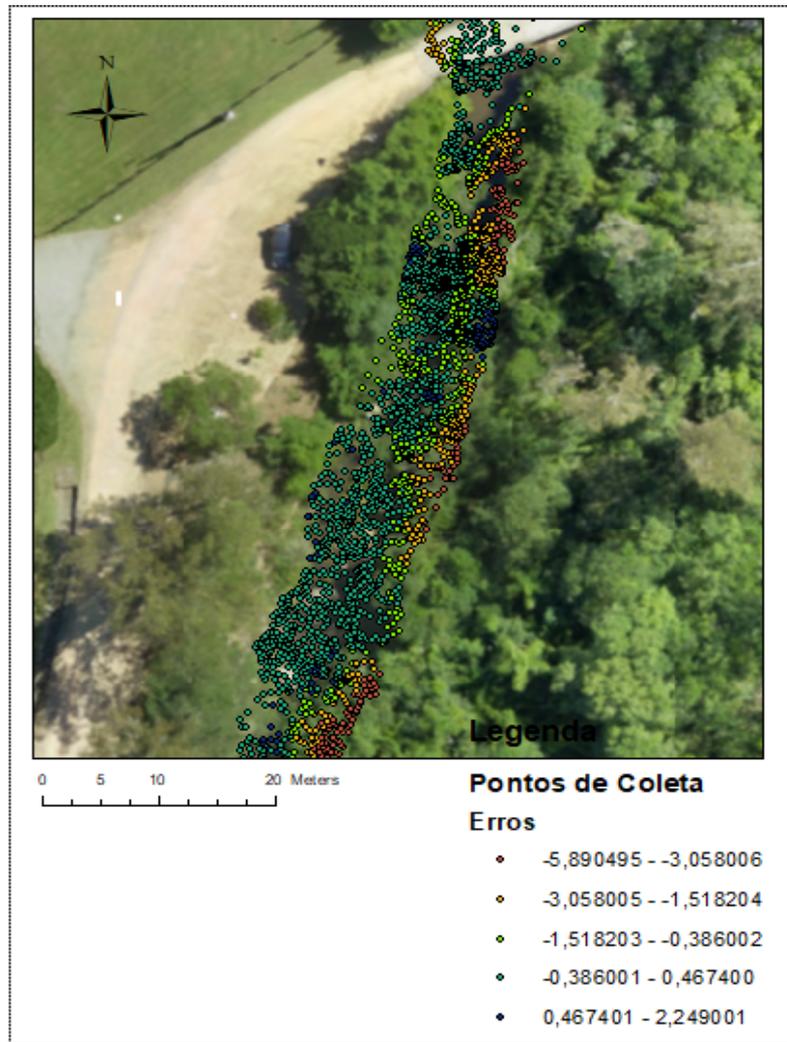


Figura 4: Distribuição dos erros (m) dos 3085 pontos levantados ao longo do trecho estudado.

#### 4. CONCLUSÃO

Desse modo, o *software* ENVI-LiDAR, utilizando o conjunto de ferramentas e algoritmo BCAL para a filtragem da nuvem de pontos aerofotogramétrica, demonstra-se interessante ao passo que apresenta uma alta capacidade para filtragem de vegetações não densas, e relativamente vulnerável para vegetações com pouco espaçamento entre si. No conseqüente, a filtragem de imagens, providas de aerolevanteamento, com o *software* em estudos ainda requer maiores informações e ampliação nos conhecimentos gerados para melhor otimização dos parametros e classificação dos objetos acima da superfície.

## REFERÊNCIAS

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. Orientações para usuários de drones. Assessoria de comunicação social (ASCOM), ed. 1, 2017.

BCAL Lidar Tools ver X.X.X. Boise State University, Department of Geosciences, 1910 University Drive, Boise, Idaho. URL: <http://bcal.boisestate.edu/tools/lida>

CRUZ, C. B. M.; BARROS, R. S.; CARDOSO, F. V.; REIS, F. B.; ROSÁRIO, L. S.; BARBOSA, S. S.; RABACO, L. M. L.; LOURENÇO, J. S. Q. Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba: INPE, p. 5463, 2011.

FERREIRA, A. M. R. Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por veículo aéreo não tripulado – VANT, para uso em aerolevantamentos. Dissertação de Mestrado. UnB, 2014.

HUGEN H, C. H.; WHITEHEAD, K.; BROWN, O. W.; BARCHYN, T. E.; MOORMAN, B. J.; LECLAIR, A.; RIDDELL, K.; HAMILTON, T. Geomorphological mapping with a small unmanned aircraft system (sUAS): Feature detection and accuracy assessment of a photogrammetrically-derived digital terrain model;

Lucieer, A.; Robinson, S.; Turner, D.; Steve, Ha.; Kelcey, J. 2012. Using a Micro-UAV for ultra-high resolution multi-sensor observations of Antarctic moss beds. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B1, 2012.

Meng, X., N. Currit, and K. Zhao. 2010. "Ground Filtering Algorithms for Airborne LiDAR Data: A Review of Critical Issues." Remote Sensing 2 (3): 833–860. doi:10.3390/rs2030833

SILVA, C. A.; SOUTO, M. V. S.; DUARTE, C. R.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia dos ortomosaicos e modelos digitais do terreno gerados pelo MVANT/DNPM. Revista Brasileira de Cartografia, n. 67/7, p. 1479-1495, 2015a.

SILVA, Cristiano Alves da; DUARTE, Cynthia Romariz; SOUTO, Michael Vandesteen Silva. Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica

(PEC). **Inpe**: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-pb, p.1137-1144, 25 abr. 2015.

STREUTKER, David R.; GLENN, Nancy F.. LiDAR measurement of sagebrush steppe vegetation heights. **Remote Sensing Of Environment**, [s.l.], v. 102, n. 1-2, p.135-145, maio 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2006.02.011>.

TURNER, D.; LUCIEER, A.; WATSON, C. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery, based on Structure from Motion (SFM) point clouds. *Remote Sensing*, v. 4, p. 1392–1410, 2012.

UNGER, K.; POCK, T.; GRABNER, M.; KLAUS, A.; BISCHOF, H. A variation approach to semiautomatic generation of digital terrain models. Institute for computer graphics and vision, Graz University of Technology, 2009.

VEIGA, Luis; ZANETTI, Maria; FAGGION, Pedro. (2007), *Fundamentos de Topografia*". Westaway RM, Lane SN, Hicks DM. 2001. Remote sensing of clearwater, shallow, gravel-bed rivers using digital photogrammetry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 67(11): 1271–1281

WESTOBY, M. J.; BRASINGTON, J.; GLASSER, N. F.; HAMBREY, M. J.; REYNOLDS, J. M. “Structurefrom-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, v. 179, p. 300–314, 2012.

WOODGET, A. S. et al. Quantifying submerged fluvial topography using hyperspatial resolution UAS imagery and structure from motion photogrammetry. **Earth Surface Processes And Landforms**, [s.l.], v. 40, n. 1, p.47-64, 5 ago. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/esp.3613>.

Yilmaz, C.S., Gungor, O., 2016. Comparison of the performances of ground filtering algorithms and DTM generation from a UAV-based point cloud. *Geocarto Int.* 33 (5), 522–537

YILMAZ, Cigdem Serifoglu; YILMAZ, Volkan; GÜNGÖR, Oguz. Investigating the performances of commercial and non-commercial software for ground filtering of UAV-based point clouds. **International Journal Of Remote Sensing**, [s.l.], v. 39, n. 15-16, p.5016-5042, 3 jan. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2017.1420942>.

ZEYBEK, Mustafa; ŞANLıOđLU, İsmail. Point cloud filtering on UAV based point cloud. **Measurement**, [s.l.], v. 133, p.99-111, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2018.10.013>.