



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA

MAPPING TOPOGRAPHIC SURFACES USING DRONES AND AERIAL PHOTOGRAMMETRY TECHNIQUES

CARTOGRAFÍA DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS MEDIANTE DRONES Y TÉCNICAS DE FOTOGRAFÍA AÉREA

Rafael Jeronimo de Almeida Neto¹, Angélica Paiva Ramos²

e453157

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3157>

PUBLICADO: 05/2023

RESUMO

As tecnologias para obtenção de dados topográficos estão em constante evolução, sobretudo com o surgimento dos drones, que possibilitou a captura de imagens para diversas finalidades, como inspeções prediais e levantamento de áreas. Na topografia a modelagem de terrenos com a interpretação de fotografias obtidas mediante voo é denominado como aerofotogrametria. Um outro processo bem difundido é realizado com uso de estação total, no qual são coletados dados com precisão milimétrica que permitem materializar as características planialtimétricas do campo. Face ao exposto, esse estudo efetuou a análise dos resultados obtidos sobre os processos de captura de imagens aéreas com o uso de drone e obtenção de pontos com o uso de estação total para geração de uma superfície topográfica. Tal estudo propiciou o aprendizado de programas computacionais para o processamento digital das informações. A análise dos resultados das superfícies geradas foi considerada satisfatória. No entanto, esses resultados podem ter uma melhor precisão em função das opções do processamento digital da aerofotogrametria, sendo que o referido estudo utilizou as configurações padrão do programa computacional utilizado para o processamento digital para geração da nuvem de pontos.

PALAVRAS-CHAVE: Aerofotogrametria. Nuvem de pontos. Drone.

ABSTRACT

Technologies for obtaining topographic data are constantly evolving, especially with the emergence of drones, which made it possible to capture images for various purposes, such as building inspections and surveying areas. In topography, the modeling of land with the interpretation of photographs obtained by flying is known as aerial photogrammetry. Another widespread process is carried out using a total station, in which data are collected with millimetric precision that allow materializing the planialtimetric characteristics of the field. In view of the above, this study carried out the analysis of the results obtained from the processes of capturing aerial images using a drone and obtaining points using a total station to generate a topographic surface. This study provided the learning of programs computational systems for the digital processing of information. The analysis of the results of the generated surfaces was considered satisfactory. However, these results may be more accurate depending on the digital processing options of aerophotogrammetry, and the referred study used the default settings of the computer program, used for digital processing to generate the point cloud.

KEYWORDS: Aerophotogrammetry. Point cloud. Drone.

RESUMEN

Las tecnologías para la obtención de datos topográficos están en constante evolución, especialmente con la navegación de drones, que permitieron la captura de imágenes para diversos fines, como inspecciones de edificios y levantamientos de áreas. En topografía, el modelado de terrenos con la interpretación de fotografías controladas por vuelo se denomina fotogrametría aérea. Otro proceso

¹ Instituto Federal de São Paulo - Campus Votuporanga.

² Professora EBTT - Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. Campus Votuporanga.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

muy difundido se lleva a cabo mediante una estación total, en la que se recogen datos con precisión milimétrica que permiten materializar las características planiotimétricas del campo. En vista de lo anterior, este estudio llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos de los procesos de captura de imágenes aéreas utilizando un dron y obtención de puntos utilizando una estación total para generar una superficie topográfica. Este estudio facilitó el aprendizaje de programas sistemas computacionales para el procesamiento digital de la información. El análisis de los resultados de las superficies generadas se consideró satisfactorio. Sin embargo, estos resultados pueden ser más precisos dependiendo de las opciones de procesamiento digital de aerofotogrametría, y la estudio mencionado utilizando la configuración predeterminada del programa informático utilizado para el procesamiento digital para generar la nube de puntos.

PALABRAS CLAVE: Aerofotogrametría. Punto de nube. Zumbido.

INTRODUÇÃO

Segundo Fortunato (2018), os drones, aplicados à aerofotogrametria, possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que, juntamente com outras variáveis, são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes e rapidez comparados aos levantamentos realizados de forma convencional como a Estação Total.

A potencialidade do uso de ferramentas computacionais no ramo de topografia atualmente segue uma tendência de popularização, aumentando cada vez mais o nível de precisão dos dados e sua automatização, sobretudo com a melhoria e estabilidade dos drones, podendo futuramente novos dados ser gerados com maior excelência e exatidão (DE DEUS, 2017).

Segundo Coelho e Brito (2007), a Aerofotogrametria é o método mais empregado e imprescindível na obtenção de dados cartográficos da superfície terrestre, e por consequência o que mais obteve benefícios de uma organização dos procedimentos e parâmetros.

Em poucos minutos o drone realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais. Com o Drone as medições são muito mais rápidas e dinâmicas, pois são obtidas imagens georreferenciadas e ortorretificadas que permitem o tratamento do MDS (Modelo Digital de Superfície) para obtenção de MDT (Modelo Digital do Terreno). Dessa forma é possível entregar resultados mais rápidos e com melhor qualidade, gerando dados com mais níveis de detalhes com um maior ritmo de produtividade (FORTUNATO, 2018).

OBJETIVO GERAL

O estudo em questão realiza uma analogia entre diferentes métodos de levantamentos topográficos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar análises detalhadas dos levantamentos topográficos realizados com a estação total (tradicional) e o drone, aferindo os desempenhos dos respectivos equipamentos.

JUSTIFICATIVA

O interesse em realizar análises que envolvem as técnicas de levantamentos topográficos buscam um procedimento que seja mais otimizado, uma vez que, os recursos requeridos para a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

execução da aerofotogrametria com o uso de equipamentos como o drone, se torna capaz de possuir um vantajoso custo-benefício comparado às ferramentas tradicionais. Além disso, o conhecimento técnico dos softwares que processam todos dados obtidos em campo, também se tornou um importante fator, pois possibilita análises técnicas sobre os modelos de superfícies gerados computacionalmente.

PROBLEMA

Levantamento tradicionais realizados com a estação total demandam um tempo elevado de aferição do terreno, quando comparado a utilização do drone, propiciando produtividade a todo processo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Diante das necessidades humanas em relação ao entendimento da ocupação e utilização dos espaços, sejam eles naturais ou antropizados, vários métodos emergiram objetivando a representação da superfície terrestre. A evolução destas técnicas acompanha o desenvolvimento das tecnologias dos equipamentos de coleta e processos de produção de dados. O método tradicional de descrição territorial mais empregado atualmente, baseia-se no amplo conceito de Topografia, “ciência que estuda, projeta, representa, mensura e executa uma parte limitada da superfície terrestre não levando em conta a curvatura da Terra, até onde o erro de esfericidade poderá ser desprezível, e considerando os perímetros, dimensões, localização geográfica e posição (orientação) e objetos de interesse que estejam dentro desta porção” (COELHO JÚNIOR, 2014, p. 8).

Neste cenário, a busca da representatividade foi acompanhada pelo avanço da tecnologia, sobretudo pela utilização de fotografias, que quando aplicada a confecção de mapas e cartas topográficas, é definida como fotogrametria. Segundo Wolf (2000), de acordo com a Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, a fotogrametria é definida como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre objetos e ambientes através do processo de armazenar, medir e interpretar imagens fotográficas.

Conforme Lucieer et al., (2012), há muitos anos a Fotogrametria é aplicada para a geração de modelos de elevação, seja por meio de sensores aerotransportados ou orbitais. Atualmente, com os avanços tecnológicos, é possível mapear grandes áreas sem necessidade de mobilização de muitos profissionais, reduzir tempo de aquisição, e facilitar a obtenção de informações em regiões de difícil acesso.

A integração de métodos fotogramétricos com os avanços da visão computacional tem permitido um crescimento do mercado interessado em imagens digitais obtidas por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT). VANT é um termo genérico que identifica uma aeronave que pode voar sem tripulação, originalmente projetada para operar em situações perigosas e repetitivas em regiões consideradas de difícil acesso (FURTADO et al., 2008). Esses veículos foram desenvolvidos a partir



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

dos anos 1980 para fins militares, mas houve um surpreendente interesse para uso civil, incluindo mapeamento fotogramétrico de pequenas áreas.

A partir do desenvolvimento dessas plataformas, que representam avanços nos setores de fotogrametria e sensoriamento remoto, os drones são de fácil manuseio e pilotagem e permitem voos frequentes, em baixas altitudes, com contornos de terreno, inclusive em áreas de difícil acesso (como as favelas ou áreas com grandes níveis de poluição), facilitam a atuação no monitoramento de desastres em tempo real e permitem atingir áreas inacessíveis por terra (NAGAI et al., 2008; WATTS et al., 2012; NOAA, 2012). Tal equipamento não necessita de permissão de aviação para efetuar voo, sua autonomia, precisão e qualidade de resolução fotográfica dependem exclusivamente de seu modelo, uma vez que cada tipo de drone possui capacidades diferentes para transportar sensores e câmeras. O modelo Matrice 100 Dji, ilustrado na figura 1, oferece boas características para realizar levantamento topográfico, uma vez que está devidamente equipado com câmeras de alta precisão e uma autonomia de voo considerável.

Figura 1: Drone modelo Matrice 100 Dji.



Fonte: <http://www.mydronelab.com> (2019).

Segundo Sielbert e Teizer (2014), a versatilidade e o baixo custo são umas das principais atrações, pois os levantamentos oferecem a possibilidade de uma resolução temporal totalmente flexível, considerando que pode realizar vários voos em épocas diferentes da mesma área e são considerados mais baratos que aerolevantamentos por veículos aéreos tripulados. Além disso, é possível adquirir imagens aéreas com melhores resoluções espaciais, livre de interferência de obstáculos atmosféricos como nebulosidade e gases. Sendo assim se obtêm imagens com alto grau de sobreposição, o que possibilita a visão tridimensional de objetos a partir de duas ou mais imagens planas tomadas de posições diferentes (estereoscopia).

As imagens obtidas de VANTS são processadas em programas computacionais dedicados, a exemplo do Recap Photo da Autodesk, com as funções



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

básicas da fotogrametria digital para executar as operações de foto triangulação, medição automática de pontos por técnicas avançadas e eficientes de correlação e combinação. Tais operações são realizadas por nuvem de pontos, que são uma sequência de coordenadas geradas a partir de um equipamento a laser ou sequência de fotografias sobrepostas gerando um modelo tridimensional, em X,Y,Z. (DE DEUS, 2017).

As nuvens de pontos possuem diversas aplicações, tais como inspeções de qualidade, levantamento de dados e medidas, animações, renderizações, entre outras. Ainda de acordo com De Deus (2017), o uso do sistema BIM e sua troca de informações, uma vez que superfícies geradas no Recap podem ser transportadas para softwares de modelagem como Revit e AutoCAD Civil 3D, ambos produzidos pela Autodesk, permitem fazer o levantamento de edifícios ou construção existentes, além de terrenos vagos que receberão edificações, onde há também a possibilidade de analisar movimentações de terra (corte e aterro) e escoamentos superficiais.

A experiência e a capacidade de nuvens de pontos nos projetos permitem oferecer uma grande variedade de serviços, nos mais diferentes estágios do ciclo de vida do projeto. Torna-se fundamental estar sempre atento às soluções atualizadas e alinhadas com o mercado global, o que permite uma abordagem precisa e uma melhoria contínua do processo de trabalho. A partir da geração do modelo tridimensional e com auxílio do BIM poderemos ter um repertório ainda mais avançado neste segmento, tendo como vantagens o maior alcance, a logística facilitada e a economia financeira possibilitada, que são destaques frente a outros veículos como as aeronaves ou helicópteros (DE DEUS, 2017)

De Deus (2017) fundamenta o uso de drones na captura de imagens para a geração das informações geométricas, assim com auxílio de estação topográfica para obtenção dos dados, usados como referência para a Modelagem da Informação da Construção (Building Information Modeling - BIM). As análises estão relacionadas a fundamentos de projetos arquitetônicos, níveis de detalhamento gerados, estudos realizados, uso de métodos de processamento da "nuvem de pontos" e pesquisa sobre uso da tecnologia BIM na edificação existente.

Ainda segundo o estudo de De Deus (2017), a modelagem da edificação no software Autodesk Revit 2018 permitiu o teste de métodos de trabalho associando às finalidades e características específicas do modelo, aos diferentes níveis de detalhamento e precisão, com uso integrado de levantamento.

Dalmolin (2018) analisou o desempenho da aplicação de técnicas de fotogrametria digital em imagens capturadas a partir de um VANT em comparação com informações estabelecidas por técnicas de aferição convencionais, o que possibilitou a implantação de um número maior de pontos



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

de apoio e controle, além de um planejamento mais detalhado de modo a tornar os procedimentos computacionais de processamento de imagens menos onerosos.

Deste modo, no trabalho de Dalmolin (2018), o autor considerou que a fotogrametria com VANTS é uma alternativa mais rápida e menos onerosa para levantamentos topográficos de áreas extensas e com dificuldades de acesso, a depender dos critérios de tolerância desejados em projeto, e os refinamentos necessários entorno destes dados.

MÉTODO

O presente estudo contou com atividades práticas de campo, para a obtenção de dados de acordo com o processo considerado (aerofotogrametria e estação total). Tais atividades práticas, em um primeiro momento, foram compostas pela escolha de uma área externa. A área, localizada nas dependências do Instituto de Ciências e Tecnologia de São Paulo, campus Votuporanga, permitiu a caracterização da declividade do talude (Figura 2).

Figura 2 – Terreno escolhido para o projeto e estação total utilizada.



Fonte: Autoria Própria.

A primeira coleta de dados foi feita com a Estação Total, da marca Geodetic, modelo GD2 (Figura 3).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

Figura 3 – Estação total utilizada



Fonte: Aatoria Própria.

A execução procedeu-se seguindo o manual do fabricante, com o intuito de se obter as coordenadas dos pontos topográficos. A Estação Total utilizada é classificada, de acordo com a NBR 13133, como um aparelho de média precisão, segundo o desvio padrão de medição angular e linear. Em toda a extensão do terreno foram coletados 156 pontos de vante, além da estação e do ponto de ré, situado a aproximadamente 18 metros a esquerda da estação definida. O ponto de ré é tomado como referência para zerar o ângulo horizontal, e assim, efetuar as demais medições dos pontos de vante. Dentre esses pontos, estão inclusos aqueles localizados na extremidade do terreno, contorno da guia e escada, taludes e regiões planas da área.

A partir do levantamento topográfico realizado pela estação total, os pontos coletados com suas respectivas coordenadas foram descarregados pelo software TS Transfer1.6 para um arquivo de texto (figura 4). O referido arquivo foi utilizado para criação de pontos no AutoCad Civil 3D, o qual através destes pontos, assim foi possível gerar as curvas de níveis do terreno, produto deste levantamento.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

Figura 4 – Arquivo das coordenadas dos Pontos coletados pela Estação Total.

Point	X	Y	Z
E1	,1000.000	,1000.000	,1000.000
P0	,1000.000	,1018.586	,999.500
C1	,1004.459	,1016.801	,997.668
C2	,1006.736	,1015.913	,996.287
C3	,1008.767	,1015.074	,996.261
C4	,1010.898	,1014.255	,996.253
C5	,1012.859	,1013.492	,996.201
C6	,1014.214	,1012.961	,996.190
C7	,1022.479	,1009.736	,996.142
C8	,1024.278	,1009.024	,996.162
C9	,1026.201	,1008.271	,996.207
C10	,1027.726	,1007.666	,996.213
C11	,1032.338	,1005.926	,996.099
C12	,1033.108	,1008.079	,996.092
C13	,1034.179	,1010.375	,996.113
C14	,1037.003	,1009.430	,996.116
C15	,1038.130	,1008.500	,996.130

Fonte: Autoria Própria.

O segundo método de levantamento, foi executado com o drone (Figura 5), da marca Spark, modelo MM1A, no qual, foram realizados voos a aproximadamente 15 metros de altura, capazes de capturar diversas fotos para a produção da nuvem de pontos.

Figura 5 – Modelo do drone utilizado.



Fonte: Autoria Própria.

Após a obtenção das fotos aéreas, foi utilizado o software Pix4D, para a obtenção das nuvens de pontos da área. De posse dos pontos obtidos no Pix4D, os mesmos foram lançados no AutoCad



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

Civil 3D para que fosse possível gerar as superfícies para análise dos resultados, tais como curvas de níveis e declividades do terreno e as declividades de seus taludes.

CONSIDERAÇÕES

Os levantamentos realizados permitiram realizar análises iguais entre os dois métodos aplicados a uma mesma superfície topográfica. No caso do drone, a partir do processamento das imagens, o software Pix4D é capaz de gerar um modelo tridimensional produzido através da nuvem de pontos (figura 6). Tal modelo alcança um nível aceitável de representação do terreno, segundo a análise do próprio autor, conforme a imagem abaixo:

Figura 6 – Perspectiva da nuvem de pontos obtida com o uso de drone e processos de aerofotogrametria.



Fonte: Aatoria Própria.

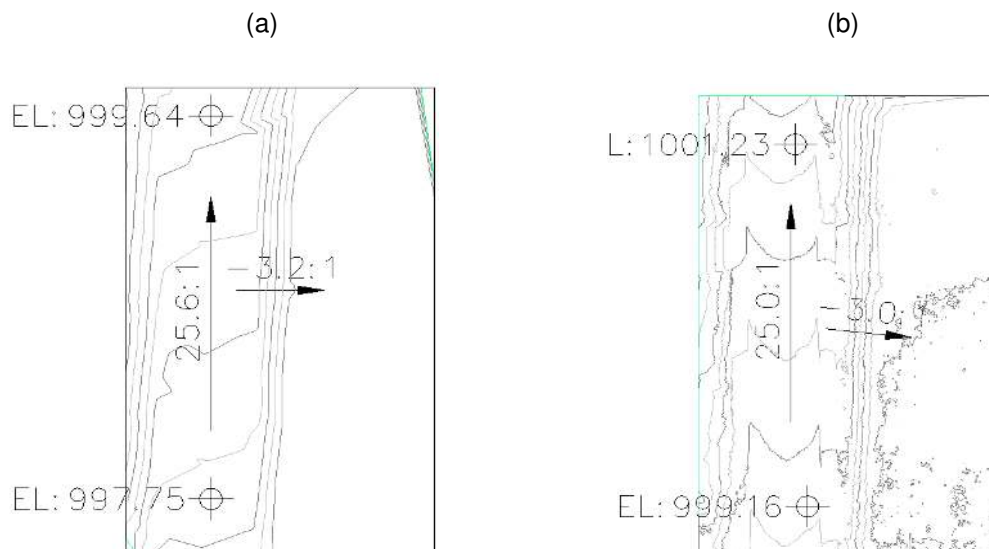
Foram utilizados parâmetros de cotas e declividades para a análise, através de pontos situados a uma posição aproximada nas duas superfícies topográficas obtidas pelo levantamento realizado com a estação total (figura 7.a) e o com o processo de aerofotogrametria (figura 7.b).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

Figura 7 – Curvas de Níveis e Declividades geradas pelos levantamentos.



Fonte: Autoria Própria

O AutoCad Civil 3D também permite a visualização das superfícies processadas computacionalmente. Na figura 8, é possível visualizar a nuvem de pontos gerados por processos de aerofotogrametria (a esquerda) e a representação da superfície gerada pelos pontos obtidos na estação total (a direita).

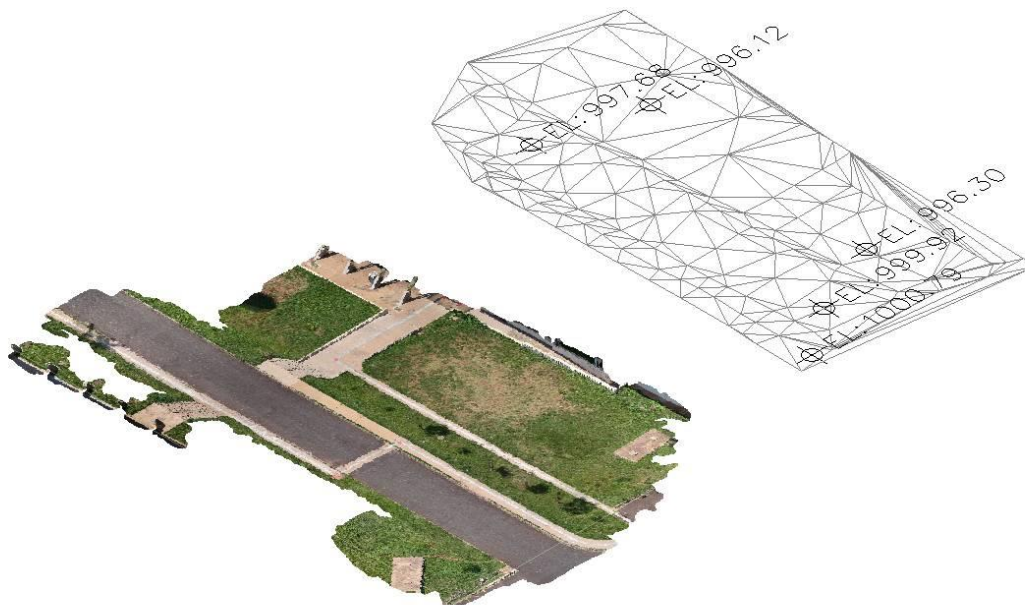
Através das tecnologias aerofotogramétricas para processamento de imagens, as fotografias aéreas obtidas pelo drone passam por um processamento computacional que permite a criação de uma nuvem de pontos, que comparados aos resultados obtidos pela estação total são mais adensados. Em relação a produtividade para a geração das superfícies topográficas é possível concluir que com o uso de drones, além de serem muito mais produtivos para levantamentos planialtimétricos, as imagens capturadas podem servir para trabalhos que necessitem de análise temporal, estudos geológicos, trabalhos em agricultura, geoprocessamento, entre outros.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGRAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

Figura 8 – Produtos gerados no AutoCad Civil 3D.



Fonte: Autoria Própria

A partir da comparação das curvas de níveis no software AutoCad Civil 3D, foi possível detectar suas proximidades numéricas, conferindo-lhe resultados satisfatórios. Em relação a precisão dos levantamentos, feriu-se que apesar de a precisão do drone estar diretamente relacionada com a qualidade de sua câmera e estabilidade de voo, a nuvem de pontos obteve uma qualidade aceitável. No que se refere às curvas de níveis geradas no terreno, pode-se afirmar que as elevações e declividades alcançaram resultados convincentes, sobretudo por suas proximidades numéricas. Por fim, é possível concluir que dentre os métodos utilizados para a geração de superfícies, os resultados foram satisfatórios quando comparados entre si para a representação planialtimétrica da área levantada. Além disso, foi possível conferir que a geração da nuvem de pontos necessita de um esforço computacional considerável para a realização das atividades, o que dificultou uma análise mais detalhada dos resultados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13133: **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

COELHO JÚNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; OLIVEIRA ANDRADE, J. S. C. **Topografia Geral**. Recife: Editora UFRPE, 2014.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

MAPEAMENTO DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS COM USO DE DRONES E TÉCNICAS DE AEROFOTOGAMETRIA
Rafael Jeronimo de Almeida Neto, Angélica Paiva Ramos

COELHO, L.; BRITO, J. **Fotogrametria digital**. 2. ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007. 196 p

DALMOLIN, Jorge Augusto. **Avaliação do uso da fotogrametria digital em levantamentos topográficos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2018.

DE DEUS, Bell Rodrigo Brito da Silva. **Mapeamento 3D com drone para suporte ao BIM aplicado a arquitetura**. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

FORTUNATO, José Carlos. **O uso de drones como ferramenta de mapeamento para estudos de rodovias – case do edital de concessão da rodovia de integração do sul, Brasil**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: <https://droneshowla.com/artigo-topografia-comdrones-x-tradicional-em-levantamentos-planialtimetricos/>. Acesso em: 02 jul. 2019.

FURTADO, V. H. *et al.* Aspectos de Segurança na Integração de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Espaço Aéreo Brasileiro. *In: VII Simpósio Brasileiro de Transporte Aéreo*. Rio de Janeiro, 2008.

LUCIEER, A.; ROBINSON, S. A.; TURNER, D.; HARWIN, S.; KELCEY, J. 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*, v. 39, n. B1, 2012.

NAGAI, M.; CHEN, T.; AHMED, A.; SHIBASAKI, R. UAV Borne mapping by multi sensor integration. *International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 37, n. B1, p. 1215-1221, 2008.

NOAA. NOAA Scientists Part of NASA-Led Mission to Study the Damaging Storms with Unmanned Aircraft, New Instruments. **National Oceanic and Atmospheric Administration**, 2012.

SIELBERT, S.; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**, v. 41, p. 1-14, 2014.

WATTS, A. C.; AMBROSIA, V. G.; HINKLEY, E. A. Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. **Remote Sensing**, v. 4, n. 6, p. 1671-1692, 2012.

WOLF, P.; DEWITT, B.; WILKINSON, B. **Elements of Photogrammetry: with applications in GIS**. New York: McGraw-Hill, 2000. Vol. 3.