

USO DA AEROFOTOGRAMETRIA COMO FERRAMENTA NA MINERAÇÃO

Giovanni Argenta Pasetto¹

Evandro Gomes dos Santos²

Felipe Guadagnin³

Italo Gonçalves⁴

Resumo:

Cada vez mais as mineração necessitam investir na otimização do planejamento mineiro. Contudo, empreendimentos menores nem sempre dispõem de capital para tal. Avanços tecnológicos em equipamentos como os VANTs, computadores e câmeras, facilitaram o acesso a ferramentas que permitem a geração de produtos com qualidade a baixos custos e em tempo recorde. Este trabalho justifica-se por apresentar os produtos, os benefícios e vantagens que a fotogrametria pode trazer à mineração. Os objetivos são, abordar a teoria por trás do método, demonstrar o fluxo de trabalho e os produtos finais. A metodologia aplicada é ancorada nos conceitos de Fotogrametria Digital e Structure from Motion (SfM) e representa um fluxo de trabalho. O principal objetivo da fotogrametria é a reconstrução de um espaço tridimensional a partir de imagens bidimensionais. Já o SfM usa algoritmos para reconstruir um modelo 3D. Os materiais utilizados neste trabalho são, um drone, um notebook, um smartphone e um RTK. Foram realizados três voos para que as fotografias cobrissem a área. Em laboratório, foram carregadas e processadas as imagens. Foi gerada uma nuvem de pontos, que foi triangulada, resultando em uma malha. A malha foi texturizada para produzir um modelo digital foto-realista. O georreferenciamento foi feito reconhecendo-se no modelo, os pontos de controle obtidos em campo. Com o modelo tridimensional pronto, foi gerado um modelo digital de superfície (MDS) e um modelo digital de terreno (MDT). A partir do MDT foram geradas as curvas de nível e as ortofotos. A nuvem de pontos permite medições de coordenadas e cotas de terreno e possibilita o cálculo de volumes. No MDS estão representados todos os objetos existentes acima do terreno por isso é de grande valia em projetos de engenharia e infraestrutura. O MDT desconsidera qualquer fator de interferência sob a área, sua finalidade é voltada à topografia. As curvas de nível permitem a mensuração de áreas e volumes, bem como análises topográficas e a criação de mapas de declividade. O mosaico de ortofotos permite a criação de mapas de atualização da cava, vetorização e identificação visual de elementos/objetos. Os produtos gerados através da utilização de VANTS e do fluxo de trabalho Structure from Motion vão além dos apresentados neste trabalho. Um ponto chave é a agilidade com os quais são produzidos. Contudo, as facilidades que essa nova ferramenta pode proporcionar ainda são modestas. Os usos dos produtos gerados com esta técnica dependem apenas da criatividade do profissional.

Palavras-chave: Fotogrametria, Mineração, VANT, Modelagem 3D, Topografia

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

USO DA AEROFOTOGRAMETRIA COMO FERRAMENTA NA MINERAÇÃO

¹ Aluno de graduação. gioargentap@gmail.com. Autor principal

² Orientador de Estágio. eg.evandrogoncalves@gmail.com. Co-autor

³ Docente. felipeguadagnin@unipampa.edu.br. Orientador

⁴ Docente. italogoncalves@unipampa.edu.br. Co-orientador

USO DA AEROFOTOGRAMETRIA COMO FERRAMENTA NA MINERAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda social por bens minerais, vem obrigando as empresas, cada vez mais, investirem na automatização dos seus serviços. A forma mais simples de aumentar a lucratividade de uma empresa, é baratear os custos de produção. Para isso, é necessário que as mineradoras refinem o conhecimento sobre o(s) depósito(s) que exploram e, principalmente, se dediquem à otimização do planejamento mineiro. Sabe-se, contudo, que empreendimentos de menor porte, nem sempre dispõem de capital suficiente para tais investimentos.

Os métodos clássicos para geração de dados de superfície e subsuperfície (estação total, teodolito, *laser scanner*, testemunho de sondagem, etc.), em geral, demandam muito tempo, muito dinheiro ou ainda conhecimentos específicos de processamento. Na contramão disso, a fotogrametria digital juntamente com os algoritmos *Structure from Motion*, vem se mostrando um instrumento bastante útil, eficaz e barato, para produção de informações de qualquer superfície ou objeto desejado (CAWOOD et al., 2017).

Avanços tecnológicos em equipamentos como os VANTs (veículo aéreo não tripulado), computadores com alta capacidade de processamento bem como câmeras fotográficas mais pontentes, facilitaram o acesso a tais ferramentas e vem permitindo a geração de produtos topográficos e cartográficos com altíssima resolução a baixos custos e com tempo de produção reduzidos (TAVANI et al., 2016).

O presente trabalho, justifica-se então, por apresentar os produtos e com isso os benefícios e vantagens que a fotogrametria digital, uma metodologia relativamente nova, pode trazer à mineração, principalmente em empresas menores. Dessa forma, os objetivos são, abordar a teoria por trás do método, demonstrar o fluxo de trabalho da fotogrametria digital e *Structure from Motion*, seus produtos finais e fazer uma breve comparação com os métodos clássicos de topografia e modelagem digital.

2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste projeto é ancorada nos conceitos de Fotogrametria Digital e *Structure from Motion* (estrutura do movimento) e corresponde a um fluxo de trabalho bem definido. O principal objetivo da fotogrametria pode ser descrito como a reconstrução de um espaço tridimensional a partir de um conjunto de imagens bidimensionais (COELHO & BRITO, 2007). O cenário tridimensional construído nesse trabalho só é possível graças ao fenômeno da paralaxe estereoscópica, que permite uma visão 3D em fotografias com até 60% de sobreposição. Coelho & Brito (2007) definem a paralaxe estereoscópica como o deslocamento aparente na posição de um objeto, em relação a um ponto de referência, causado pela mudança na posição de observação.

Em contraste com a fotogrametria tradicional, o *Structure from Motion* (SfM) usa algoritmos para identificar recursos correspondentes em um conjunto de imagens digitais sobrepostas e calcula a localização e a orientação da câmera a partir das posições diferenciais de vários recursos correspondentes. Com base nesses cálculos, as imagens sobrepostas podem ser usadas para reconstruir um modelo de nuvem de pontos 3D esparsa da superfície fotografada. Essa nuvem de pontos é, geralmente, refinada para uma resolução muito mais fina – a nuvem de pontos densa – usando os métodos *Multi-View Stereo* (MVS), completando assim o fluxo de trabalho do SfM-MVS (CARRIVICK et al., 2016).

Os materiais utilizados neste trabalho são basicamente, um VANT – ou drone, como é popularmente chamado – para a aquisição de fotografias aéreas, nesse caso será utilizado um *DJI Phantom 4*; um notebook ou computador de mesa para o processamento de imagens; um

smartphone para gerar uma rede sem fio em campo e para auxílio no controle do drone; além de um RTK (*Real-time Kinematic*) para o georreferenciamento do modelo.

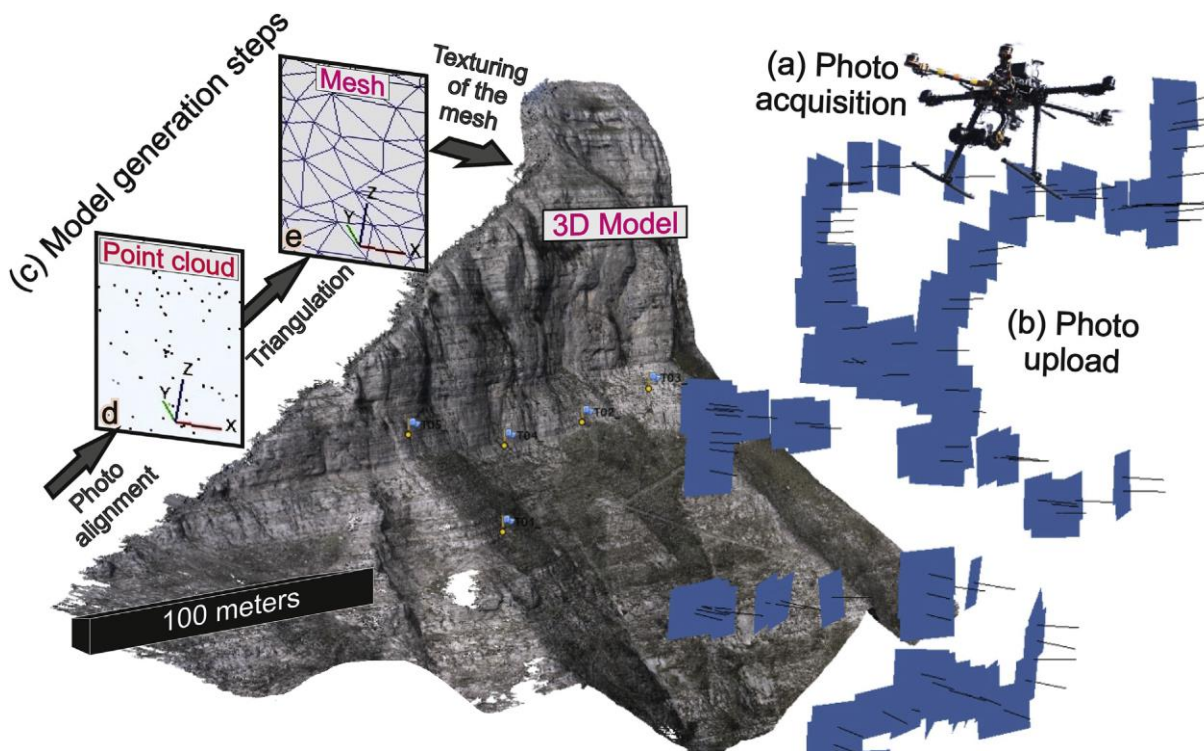
Inicialmente, foram planejados os voos do VANT em laboratório com o auxílio de um software chamado UgCS. O plano de voo inicial utiliza a topografia obtida de imagens SRTM e pode ser refinado, se necessário, com o próprio produto (modelo digital de terreno) deste trabalho. No plano de voo foram definidas as regiões que serão sobrevoadas, a quantidade de fotos coletada e também o nível de sobreposição das imagens.

Em campo, antes da tomada das fotos, foram distribuídos alvos, chamados de pontos de controle. As coordenadas dos pontos de controle foram reconhecidas utilizando o RTK, para promover maior precisão no georreferenciamento do modelo final. Enfim, foram realizados os voos (nesse caso, três voos) necessários para que as fotografias cobrissem toda a área de interesse.

Novamente em laboratório, foram carregadas e processadas as imagens utilizando o software Agisoft Photoscan. Nessa etapa foi gerada inicialmente uma nuvem de pontos esparsa e após uma nuvem de pontos densa, que foi posteriormente triangulada, resultando em uma malha triangular irregular. A malha foi finalmente texturizada, isto é, uma imagem foi colocada na malha triangular para produzir um modelo digital foto-realista.

O georreferenciamento do modelo texturizado foi obtido reconhecendo-se no modelo os cinco pontos de controle e carregando no mesmo, as coordenadas colhidas em campo com auxílio do RTK.

Figura 1 – Exemplo de fluxo de trabalho seguido para a geração do Modelo Digital. As fotografias foram adquiridas por meio de um VANT (a). As fotografias foram importadas posteriormente no Agisoft PhotoScan (b). O fluxo de trabalho do Photoscan (c) passou pelas etapas de alinhamento de fotos, construção da geometria e construção da textura. (d) Geração da nuvem de pontos e, (e) construção da malha triangular. Finalizando com a texturização da malha.



Fonte: Corradetti et al., 2017.

Ainda com auxílio do *software* Agisoft Photoscan, com o modelo tridimensional pronto, foi gerado então um MDS (modelo digital de superfície). Aplicando algumas correções desejadas - remoção de vegetação, veículos, etc. - obteve-se o MDT (modelo digital de terreno). A partir do MDT foram gerados dois produtos principais: curvas de nível com espaçamento de 1 e 2 metros e ortofotos georreferenciadas.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

O primeiro produto deste fluxo de trabalho é uma nuvem de pontos densa (Fig. 2) com aproximadamente 23.000.000 de pontos. A nuvem de pontos é, basicamente, um conjunto de pontos com um sistema de coordenadas 3D (x,y,z) conhecido. A nuvem permite medições de coordenadas e cotas de um terreno, geração de modelos digitais de elevação, imagens ortorretificadas e malhas tridimensionais, além de possibilitar o cálculo de volume de pilhas de estoque, pilhas de rejeito, depósitos, resíduos, aterros e etc.

Figura 2 – Nuvem de pontos densa vista em perspectiva de 30°. A nuvem apresenta aproximadamente 23 milhões de pontos.



Fonte: do autor, 2017.

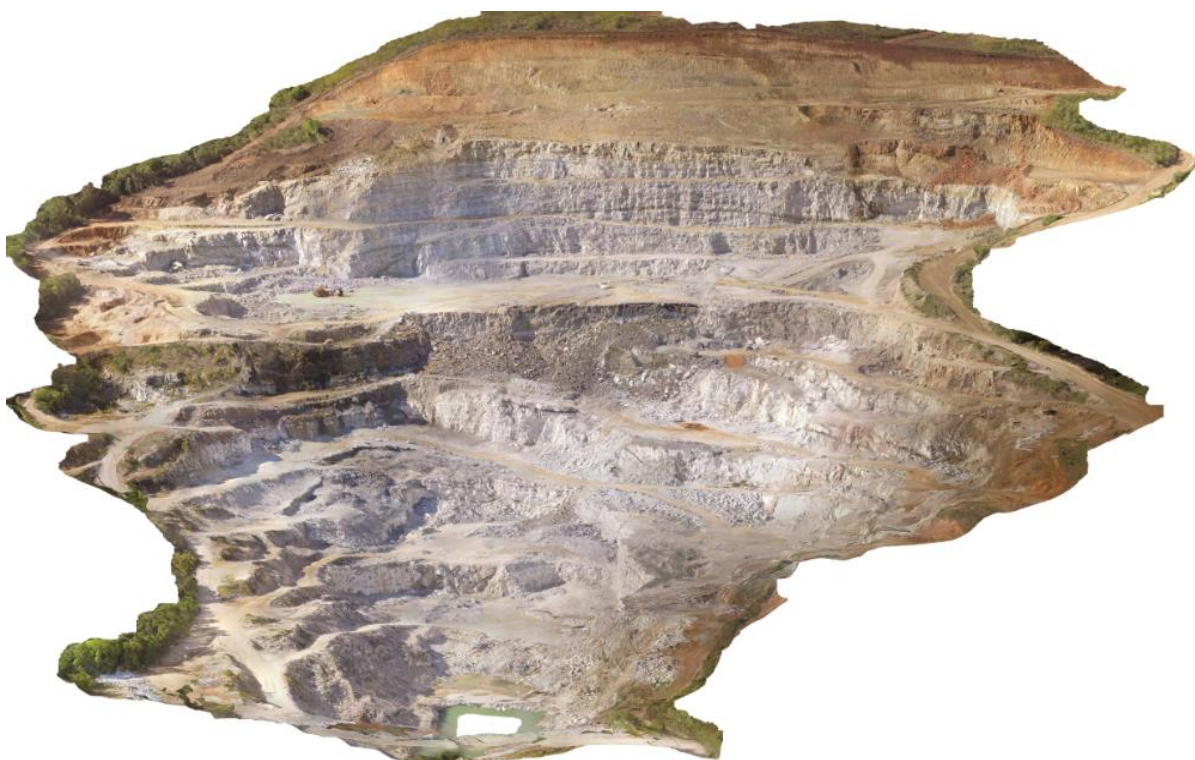
O Modelo Digital de Superfície (MDS) é também um conjunto de pontos com coordenadas conhecidas em um determinado sistema de referência cartográfica, com elevação conhecida. No MDS estão representados todos os objetos existentes acima do terreno, tais como edificações, veículos, pilha de materiais, etc. O MDS é de grande valia em projetos de engenharia e infraestrutura, inspeções de plantas industriais, análises volumétricas, etc.

Diferente do MDS, o Modelo Digital de Terreno (MDT) desconsidera qualquer fator de interferência sob a área de análise. A principal finalidade do MDT é voltada à topografia, onde a partir da obtenção deste produto se faz possível extrair curvas altimétricas do terreno

de maneira semiautomática. As curvas de nível permitem a mensuração de áreas e volumes, bem como análises topográficas e a criação de mapas de declividade com alta precisão.

Por fim é gerado o mosaico de ortofotos onde as feições das imagens são projetadas ortogonalmente, com escala constante, não apresentando os deslocamentos devidos ao relevo e à inclinação da câmera. Uma ortofoto (Fig. 3) permite a criação de mapas de atualização da cava, vetorização e identificação visual de elementos/objetos.

Figura 3 – Ortofotomosaico da porção sul de uma mina de calcário. A imagem original apresenta uma resolução de 9876 x 6115 pixels.



Fonte: do autor, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos gerados através da utilização de VANTS e do fluxo de trabalho Structure from Motion vão além dos apresentados neste trabalho. Um ponto chave é a agilidade com os quais são produzidos, vale ressaltar que a aquisição de fotos, o processamento das imagens e construção dos modelos pode levar alguns poucos dias dependendo da magnitude do projeto, enquanto campanhas de levantamento topográfico podem durar algumas semanas. Outra questão importante é a viabilidade dos serviços, uma vez que as ferramentas necessárias para gerar tais produtos requerem investimento consideravelmente menores quando comparados a equipamentos como o *laser scanner*, por exemplo.

Contudo, as facilidades que essa nova ferramenta pode proporcionar ao universo da mineração e das geociências como um todo, ainda são modestas. Os usos dos produtos gerados com esta técnica dependem apenas da criatividade do profissional. Com o incentivo desta prática dentro de universidades, será possível expandir os horizontes conhecidos e desenvolver ainda mais ideias que permitam a otimização dos serviços que conhecemos hoje.

REFERÊNCIAS

CARRIVICK, J. L.; SMITH, M. W.; QUINCEY, D. J. **Structure From Motion in the Geosciences**. Londres, Reino Unido: John Wiley & Sons, Ltd., 2016.

COELHO, F. L. C. T.; BRITO, J. L. N. e S. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007. 196p.

CORRADETTI, A., et al., **Distribution and arrest of vertical through-going joints in a seismic-scale carbonate platform exposure (Sorrento peninsula, Italy): insights from integrating field survey and digital outcrop model**. Journal of Structural Geology. 108. Pg 121-136. Setembro de 2017.

TAVANI, S.; CORRADETTI, A.; BILLI, A. **High precision analysis of an embryonic extensional fault-related fold using 3D orthorectified virtual outcrops: The viewpoint importance in structural geology**. Journal of Structural Geology 86. Pg 200-210. Março de 2016.