

INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS DE CONTROLE NA ACURÁCIA POSICIONAL DE NUVEM DE PONTOS OBTIDA POR STRUCTURE FROM MOTION: ESTUDO DE CASO NA FOTOGRAMETRIA TERRESTRE

KALIMA MENDES PITOMBEIRA
Universidade Federal do Paraná - UFPR
kalimapitombeira@hotmail.com

EDSON APARECIDO MITISHITA
Universidade Federal do Paraná - UFPR
mitishita@ufpr.br

ANTÔNIO ADERSON DOS REIS FILHO
Universidade Federal do Piauí - UFPI
areis@ufpi.edu.br

Resumo: A técnica fotogramétrica *Structure from Motion* (SfM) vem sendo amplamente empregada para obtenção da estrutura tridimensional de objetos a partir de imagens [1-2], sem ser necessário conhecer à priori os Parâmetros de Orientação Interior (POIs) do sensor, bem como a posição e orientação absoluta do centro de perspectiva da câmera (CP) no instante de tomada das fotos [3]. O principal resultado obtido da aplicação dessa técnica é uma nuvem esparsa de pontos, geralmente referenciada a um sistema de coordenadas tridimensional local. Para transformar essa nuvem esparsa de pontos para um referencial geodésico ou cartográfico são necessários no mínimo 3 pontos de apoio (X, Y, Z) não alinhados e com detalhes pontuais facilmente identificáveis nas imagens. Estes pontos são necessários para o ajustamento e aplicação de transformação Isogonal, que modela as diferenças de rotações, translações e escala existentes entre os referenciais envolvidos [4-5]. Nas Ciências Geodésicas e Cartográficas, os conceitos de precisão e acurácia posicional são de extrema importância para a grande maioria das aplicações fotogramétricas. Por isso, é fundamental a utilização do ajustamento pelo Método dos Mínimos Quadrados na estimação de parâmetros envolvidos na modelagem matemática realizada. Em contrapartida, o apoio de campo nem sempre é uma tarefa fácil de ser desenvolvida, principalmente em regiões de difícil acesso ou em condições que oferecem risco à saúde humana, podendo ser um trabalho oneroso em certas situações [6]. Nesse sentido, este resumo apresenta os principais resultados do estudo realizado com o objetivo de analisar a influência da quantidade de pontos de apoio (GCP) na obtenção de uma nuvem de pontos com a técnica SFM aplicada na Fotogrametria Terrestre. A região analisada no estudo foi um talude presente no estacionamento do Shopping Rio Poty, em Teresina (PI). Uma câmera NIKON D7000, com sensor CMOS de 23,6 x 15,6mm (4928 x 3264 pixels) e distância focal nominal de 18mm, foi utilizada para o levantamento fotogramétrico terrestre. Um tripé telescópico com nível tubular foi empregado para garantir a estabilidade e nitidez das imagens tomadas. O apoio de campo foi realizado com uma estação total modelo Ruide RTS-822R3 com precisão angular de 2" e posicional de (2+2ppm) mm. Assim, foram implantados nove marcos artificiais na superfície do talude, distribuídos em posições geométricas que se aproximam de uma matriz de três colunas e três linhas, para permitir o uso de pontos de apoio e verificação na investigação realizada. As coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) foram determinadas em um sistema de coordenadas topográfico local. Desse modo, o levantamento foi realizado partindo de um ponto de origem, com coordenadas conhecidas (X0=100,00m; Y0=100,00m; Z0=100,00m). A partir deste ponto as coordenadas 3D dos marcos foram obtidas por Irradiação Topográfica, com a média de 4 determinações, sendo quatro conjuntos de medidas angulares e lineares, obtidos duas com a luneta na posição inversa e duas na direta. Posteriormente, 16 imagens foram tomadas compondo uma faixa de fotos convergentes ao ponto central do talude, com uma sobreposição longitudinal em torno de 80%. A distância média de aquisição das fotos em relação à superfície do talude foi de 36m, resultando em um tamanho médio do pixel no terreno (GSD) de 9,53 mm. Os experimentos fotogramétricos SfM, com diferentes configurações de pontos de apoio no terreno, foram então processados no software Agisoft Metashape v1.5, com o nível de detalhamento "Elevado". Assim, os

seguintes *layouts* de pontos de apoio foram testados: 3 GCP (cantos superior esquerdo, superior e inferior direito); 4 GCP (nos quatro cantos da faixa); 5 GCP (nos quatro cantos da faixa e um na região central superior); 6 GCP (nos quatro cantos da faixa e dois na região central superior e inferior). A quantidade de pontos de apoio nos quatro experimentos realizados, variam de 3 a 6, mas os três marcos, posicionados aproximadamente em linha no centro da faixa, foram pontos de verificação em todos os experimentos. Os POIs da câmera, obtidos nos processamentos realizados, foram estimados seguindo o modelo de Conrady-Brown, por calibração em trabalho, isto é, foram calculados simultaneamente aos parâmetros de orientação exterior (POEs) no ajustamento por MMQ. As exatidões tridimensionais foram consideradas em função do EQM (Erro Quadrático Médio) 3D, calculado com as discrepâncias tridimensionais nos pontos de verificação. Assim, o EQM 3D foi de 1,37 cm para o experimento com 3GCP, 1,21cm com 4GCP, 1,10cm com 5GCP e 1,05 com 6GCP. Com base nesses valores é possível constatar que, na configuração com maior número de pontos de apoio, a exatidão alcançou valor mais próximo à resolução do GSD. Esses resultados eram esperados, pois dos quatro experimentos, a distribuição com 6 pontos de apoio, considerando o comprimento da faixa (16 fotos), é a que melhor fixa as conexões entre fotos, reduzindo as deformações causadas pelas imprecisões das medidas nos pontos de ligação. Entretanto, observa-se uma redução de somente 2mm no EQM entre o uso das configurações de 4 e 6 GCP. Esses valores sugerem que, para aplicações na Fotogrametria à curta distância utilizando o método fotogramétrico SfM, o número de GCP pode ser reduzido para quatro, sendo um em cada canto do bloco/faixa, sem prejuízos significativos na acurácia tridimensional dos pontos de verificação, dependendo da dimensão desse bloco/faixa de fotos e da aplicação realizada. No entanto, vale ressaltar que nos dias atuais a tecnologia GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite)/INS (Sistema de Navegação Inercial), tem alcançado cada vez mais novos caminhos na automação de processos correlacionados com a minimização de pontos de apoio nos processos fotogramétricos. Neste sentido, trabalhos futuros relacionados a esse estudo terão por objetivo realizar experimentos na utilização de coordenadas dos centros de projeção como sendo pontos de apoio, obtidos diretamente com a integração GNSS/INS no instante da tomada das fotos.

Palavras-chaves: Exatidão posicional, Fotogrametria à curta distância, Erro Quadrático Médio.

Referências

- [1] CARRERA-HERNÁNDEZ, J. J.; LEVRESSE, G.; LACAN, P. Is UAV-SfM surveying ready to replace traditional surveying techniques?. **International Journal of Remote Sensing**, v. 41, n. 12, p. 4820-4837, 2020.
- [2] COOK, Kristen; DIETZE, Michael. A simple workflow for robust low-cost UAV-derived change detection without ground control points. **Earth Surface Dynamics**, v. 7, p. 1009-1017, 2019.
- [3] WESTOBY, M. J. et al. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. **Geomorphology**, v. 179, p. 300-314, 2012.
- [4] SMITH, M. W.; CARRIVICK, J. L.; QUINCEY, D. J. Structure from motion photogrammetry in physical geography. **Progress in Physical Geography**, v. 40, n. 2, p. 247-275, 2016.
- [5] JAMES, M. R.; ROBSON, S. Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera. **Journal of Geophysical Research**, v. 117, n. F3, 2012.
- [6] TURNER, D.; LUCIEER, A.; WALLACE, L. Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 52, n. 5, p. 2738-2745, 2013.