

## Boas práticas do uso da técnica de *Structure from Motion*

Bruna Lopes de Paoli<sup>1</sup>  
Carlos Alberto Trindade<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade FUMEC  
Rua Cobre, 200, Cruzeiro, Belo Horizonte – MG  
brunadepaoli@gmail.com

<sup>2</sup> Setor Técnico-Científico da Superintendência Regional da Polícia Federal em Minas Gerais  
Rua Nascimento Gurgel, 30, Gutierrez, Belo Horizonte - MG.  
carlos.cat@dpf.gov.br

**Abstract.** The Federal Police Technical-Scientific Section in Minas Gerais is studying the application, in the forensic analysis of environmental crimes, of the 3D environmental reconstruction technique called Structure from Motion (SfM) to calculate the volume of illegal mineral extraction. This technique allows the extraction of tridimensional information from static images captured in 2D and consists of in taking multiple pictures of a scene from different points of view, allowing creating a 3D structure similar to the studied object from a set of scene pictures, processed by a software. For that, some specifications and procedures must be observed to generate a precise model. The software used to generate the 3D model, Agisoft PhotoScan, has a Help file with several recommendations to picture capture, being here evaluated the capture position, the number and the pictures' resolution. In the present study, pictures from a green area, close to a building area, were captured with low cost digital camera. Models were generated through Agisoft PhotoScan, versão 1.0.4. The technique shows good field description, but it is necessary to understand the running principles to get good results. It was observed that an image good resolution, a larger amount of pictures and many viewpoints, surrounding the object, helps to obtain better models.

**Palavras-chave:** Structure from Motion, SfM, Photogrammetry.

### 1. Introdução

Encontra-se em teste no Setor Técnico-Científico (SETEC) da Superintendência Regional da Polícia Federal em Minas Gerais a aplicação da técnica de reconstrução 3D de ambiente denominada *Structure from Motion*. O emprego da técnica tem por objetivo a realização do cálculo de volume de extração mineral ilegal nas perícias criminais de meio ambiente.

A técnica de *Structure from Motion* (SfM) permite a extração de informações tridimensionais a partir de imagens estáticas capturadas em 2D e consiste na tomada de várias fotos de uma cena a partir de pontos de vista diferentes. Ou seja, a partir de um conjunto de fotografias de uma determinada cena, processadas por um software, cria-se uma estrutura 3D que se assemelha ao objeto de estudo. A grande motivação do uso da técnica SfM nasceu na simplicidade do seu uso e ao baixo custo dos equipamentos utilizados, quando comparado aos demais métodos apresentados, e a boa descrição do terreno por meio de sua representação usando grande quantidade de pontos. Assim, de posse de uma câmera fotográfica e de um equipamento de medição eletrônica de distância, seria possível gerar o modelo de uma cava minerária visando a realização do cálculo de volume de material extraído.

De forma didática, a reconstrução 3D por meio da técnica de SfM pode ser dividida em: determinação de inúmeras feições características em cada imagem, identificação dos emparelhamentos (*matching*) de feições correspondentes, determinação de uma estimativa inicial da estrutura da cena e a movimentação relativa da câmera, otimização das estimativas, calibração da câmera, adensamento da nuvem de pontos (*dense cloud*), e geração do modelo tridimensional por meio de rede triangular.

A técnica SfM pressupõe o cumprimento de determinadas especificações e procedimentos para a geração de um modelo preciso. O arquivo de ajuda do aplicativo utilizado para a geração de modelos 3D, o Agisoft PhotoScan, apresenta inúmeras recomendações para a captura das fotos, sendo selecionadas para estudo a posição de captura, a quantidade de fotografias e a resolução espacial destas fotos. A Tabela 1 apresenta formas corretas de se imagear o objeto a ser levantado segundo este guia de uso.

Tabela 1 – Forma de captura das fotografias segundo o arquivo de Ajuda do programa Agisoft PhotoScan.

Descrição	Forma errada	Forma correta
Superfície alongada		
Área interna		
Objeto isolado		

## 2. Metodologia

Foram capturadas fotografias de uma área de ajardinamento, adjacente a uma área construída (Figura 1) utilizando uma câmera fotográfica marca Panasonic, modelo DMC-FZ200,

distância focal de 25 mm (distância focal referenciada a 35mm), sem aplicação de zoom. Foram gerados modelos por meio do programa Agisoft PhotoScan, versão 1.0.4. Utilizou-se os parâmetros de calibração da câmera fotográfica calculados pelo próprio aplicativo. Os resultados foram comparados a partir da comparação visual entre modelos.



Figura 1 – Área de estudo.

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. Quantidade de fotografias

É sabido por meio da teoria que envolve a fotogrametria que, para a criação do modelo 3D a partir de fotografias em 2D, é necessário pontos homólogos em no mínimo duas fotografias tiradas de um mesmo objeto em pontos de vista diferentes. Ou seja, para que se obtenham os resultados desejados é necessário que se tomem fotografias do espaço objeto de vários pontos diferentes, com o intuito de rodeá-lo para se obter a imagem de vários ângulos diferentes. Quanto maior o número de pontos identificados, melhores serão os resultados finais.

Foram gerados dois modelos distintos utilizando 32 e 16 fotografias. É nítido que quando se utiliza muitas fotos, o modelo se assemelha à imagem que enxergamos nas fotografias, ou com mais detalhes. Isso é possível devido ao número de pontos que são alinhados pelo software e porque à medida que se aumentam as fotos, aumentam-se também o número de pontos comuns nas fotos, o que fornece mais precisão ao modelo.

As Figuras 2 e 3 mostram o posicionamento das fotografias e as Figuras 4 e 5 os modelos gerados em cada uma das situações.



Figura 2 – Posicionamento das 32 fotografias em relação à área de estudo.

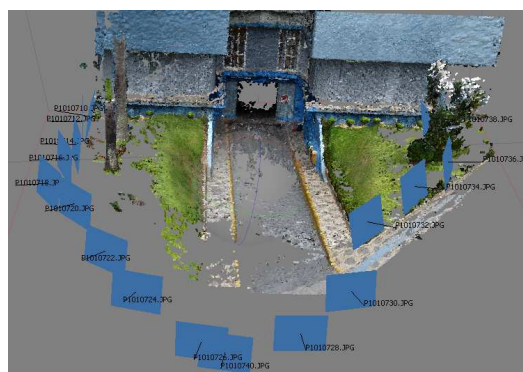


Figura 3 – Posicionamento das 16 fotografias em relação à área de estudo.



Figura 4 – Modelo gerado com 32 fotos.

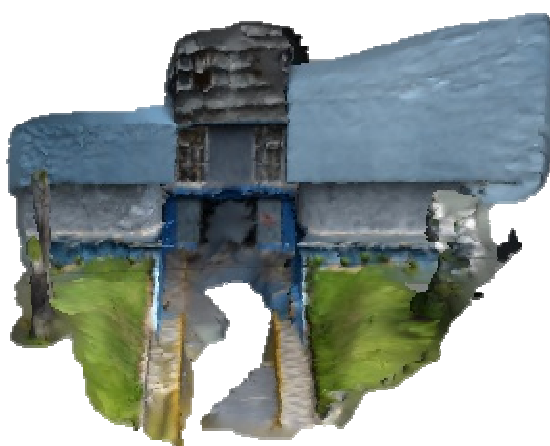


Figura 5 - Modelo gerado com 16 fotos.

### 3.2. Posição das fotografias

Como já discutido, a técnica SfM pressupõe a mudança do ponto de vista por ocasião da captura da imagem. Assim, as fotografias nunca devem partir de apenas um ponto mudando-se apenas os ângulos entre as fotografias. Foi realizado um teste retirando fotografias da área de estudo com pouca variação do ponto de vista. O programa gerou um modelo, mostrado na Figura 6, com 3.345 pontos. Observa-se incapacidade do aplicativo de modelar a superfície adequadamente.



Figura 6 – Modelo gerado com fotografias tiradas de um mesmo ponto de vista

### 3.3. Resolução espacial das fotografias

A resolução espacial das fotografias está diretamente ligada à quantidade de informações passíveis de serem identificadas em cada uma delas. É de se esperar que uma imagem com menor resolução espacial apresente uma quantidade menor de pontos característicos identificados. Foram gerados três modelos utilizando as mesmas fotografias, porém com resoluções diferentes, a seguir descritos.

O conjunto de 32 fotografias com 4000 x 3000 pixels cada uma gerou um modelo 3D com 17.881 pontos na nuvem densa (adensamento dos pontos). Tal nuvem de pontos, mostrada na Figura 7, apresentou pequeno número de pontos em posições equivocadas.



Figura 7 – Modelo gerado a partir do uso de 32 fotografias com resolução de 4000 x 3000 pixels. Área destacada mostra presença de pontos posicionados de forma errônea no modelo.

O segundo modelo foi gerado com fotografias com a resolução espacial de 2000 x 1500 pixels e foram identificados 17.147 pontos referentes à nuvem densa. Apesar de ter sido identificado número semelhante de pontos, considerando o modelo anterior, verificou-se um erro muito maior na estimativa de pontos no modelo (Figura 8).



Figura 8 – Modelo gerado a partir do uso de 32 fotografias com resolução de 2000 x 1500 pixels. Área destacada mostra presença de pontos posicionados de forma errônea no modelo.

Por fim, o último modelo gerado, com imagens de 800 x 600 pixels, identificou somente 2998 pontos, gerando superfície mais simples do que a dos demais modelos (Figuras 9 e 10).

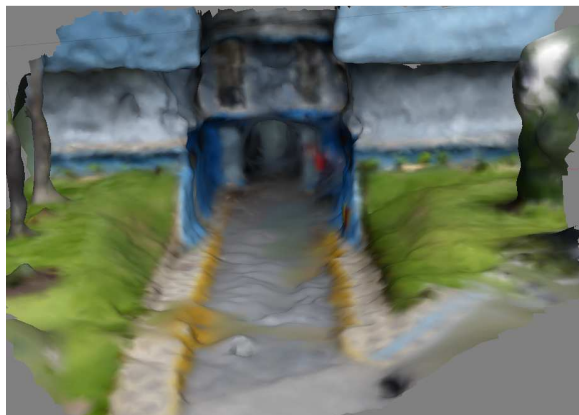


Figura 9 – Modelo gerado com imagens com a resolução espacial de 800 x 600 pixels.



Figura 10 – Modelo gerado com imagens com a resolução espacial de 4000 x 3000 pixels.

#### 4. Conclusões

A grande motivação para o uso da técnica SfM no Setor da Criminalística Federal em Minas Gerais nasceu da simplicidade do seu uso e ao baixo custo dos equipamentos utilizados, quando comparado aos métodos tradicionais de levantamentos topográficos. Verifica-se que a técnica apresenta boa descrição do terreno, porém é necessário entender os princípios de funcionamento para a obtenção de bons resultados. O presente artigo ainda é inicial e carece de aprofundamento a fim de certificar quais são os parâmetros necessários para se assegurar que a técnica é de fato precisa, principalmente descrevendo o conjunto de procedimentos indispensáveis a serem seguidos no campo.

Este artigo fornece um conjunto inicial de boas práticas a serem empregadas no uso da técnica. Constatou-se que uma melhor resolução das imagens favorece a obtenção de modelos com melhor conformação. A quantidade de fotografias também é um fator importante a ser considerado no uso da técnica. O melhor comportamento do modelo, a partir do aumento do número de imagens, é esperado, tendo em vista a obtenção de um conjunto maior de pontos, que será utilizado na estruturação da geometria 3D e na correção das distorções das lentes. Por fim, a mudança do ponto de vista é essencial para a geração do modelo, pois quanto maior o número de pontos identificados, rodeando o espaço objeto, melhores serão os resultados finais.

#### 5. Bibliografia

FILHO, L. O. S. **Apostila III Curso de introdução às técnicas de fotogrametria em perícias de local**. Brasília, Academia Nacional de Polícia, 2014, 92 p.

Guerreiro, Rui Felipe Cardoso, **Modelos 3D densos a partir de imagens com sobreposição parcial: fatorização com dados desconhecidos**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

Structure from Motion from Tracked Points, Lecture 16. Disponível em: <<https://cseweb.ucsd.edu/classes/sp04/cse252b/notes/lec16/lec16.pdf>>. Acesso em: 09/10/2014.

Arquivo de Ajuda do aplicativo PhotoScan. Acesso em: 10/10/2004.