

Criação de nuvens de pontos a partir da fotogrametria: Análise de sensibilidade

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.77.38>

**Ricardo Vicentin^{1,3}, Ricardo Almeida^{1,2},
Daniela Gutstein³, Clarice Farian de Lemos³, Eva Barreira²**

¹ *Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, Portugal*

² *LFC-CONSTRUCT, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal*

³ *DACOC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil*

Resumo

A crescente importância da representação digital de elementos de construção e suas características em modelos baseados nas metodologias BIM, está a introduzir alterações muito relevantes nas fases de projeto, de construção e de gestão de operações. Em contexto de reabilitação de edifícios, o levantamento do existente assume especial importância, sendo imprescindível a utilização de métodos rápidos e precisos de apoio ao levantamento geométrico do edificado. Existem atualmente diversas técnicas de levantamento aplicáveis à modelação digital, destacando-se a fotogrametria pelo seu baixo custo e facilidade de implementação in-situ.

Neste trabalho, aborda-se um estudo de caso utilizando a fotogrametria digital para a criação de modelos a partir de nuvens de pontos, procurando definir a melhor metodologia aplicável. São avaliadas condições de aplicabilidade, equipamentos, sobreposição das imagens, captura de fotografias e acessibilidade a algumas zonas dos edifícios. Essas condições são relacionadas com a qualidade de detalhes de pontos específicos, como distorções entre medidas obtidas no modelo digital e medidas reais. Utilizou-se o programa Autodesk ReCap e a análise dos resultados permite aferir o impacto da câmara e do número de fotografias utilizadas na geração dos modelos. De forma resumida, o trabalho contribui para a definição do melhor procedimento de captura de fotografias e propõe uma metodologia para implementação em trabalhos futuros. Também foi possível confirmar que a qualidade da nuvem de pontos está não só ligada à quantidade de fotografias utilizadas, mas também ao registo em diferentes ângulos e sobreposição das imagens, iluminação, qualidade do sensor fotográfico e da lente utilizada.

1. Introdução

A crescente utilização de novas tecnologias na engenharia civil é uma oportunidade única para alavancar a qualidade das edificações e planeamento por parte dos diversos intervenientes no setor da construção. Por outro lado, documentar obras e edifícios existentes sempre foi uma necessidade da construção civil, e, com a melhoria da tecnologia, esta tarefa tornou-se muito mais simples. O processo, anteriormente manual, evoluiu para o registo de informações digitais em softwares do tipo CAD e, mais tarde, foram criados os programas de aplicação dos princípios da fotogrametria, que consiste na medição ou registo de informações através do uso de fotografias. Isso significa que é possível gerar um modelo tridimensional das edificações existentes a partir de fotografias tiradas do local.

A fotogrametria é considerada por muitos como a melhor técnica para processamento de dados em imagem, sendo capaz de fornecer para qualquer aplicação desejada informações 3D precisas, com dados métricos e detalhados, com estimativas de precisão e do nível de confiabilidade do modelo. A fotogrametria tem maior aplicação na cartografia, mapeamento, documentação de patrimónios culturais, engenharia reversa, monitoramento e análise de deformação de estruturas, planeamento urbano e outros [1].

Os modelos tridimensionais gerados têm diversos formatos, como por exemplo malhas de triângulos e nuvem de pontos [2], e podem ser usados principalmente para documentação dos projetos existentes, que sofreram alterações ao longo do tempo ou de edificações sem projeto. A fotogrametria tem como objetivo facilitar a documentação destes edifícios e atuar nos projetos e manutenção dos mesmos.

O programa computacional Autodesk ReCap é uma ferramenta que permite compilar as informações das fotografias tiradas num determinado ambiente, interpretá-las matematicamente e criar então um modelo tridimensional da estrutura desejada num formato de nuvem de pontos.

2. Metodologia

2.1. Enquadramento

A metodologia estabelecida para o trabalho assenta na geração de nuvens de pontos do exterior do edifício de estudo. O procedimento incluiu uma análise de sensibilidade relativamente à quantidade das fotografias utilizadas e uma comparação de vários equipamentos para a captura das imagens.

2.2. Equipamentos

Foram utilizados três equipamentos para a captura das fotografias: uma câmara fotográfica digital, modelo Sony Cyber-shot DSC-W330; um o smartphone Apple iPhone 11 Pro Max; e uma câmara do tipo DSLR, marca Canon, modelo EOS Rebel T6.

A Tabela 1 mostra uma síntese das principais características técnicas dos equipamentos.

	Resolução	Sensor	Alcance focal	Abertura
(1) Sony Cyber-shot DSC-W330	14.1 megapixels	CCD de 1/2.3"	26 mm a 105 mm	F2.7 - F5.7
(2) Apple iPhone 11 Pro Max	12 megapixels	CCD de 1/2.55"	26 mm a 52 mm	F1.8 - F2.4
(3) Canon EOS Rebel T6	18 megapixels	CMOS de 1/3.5"	38 mm a 76 mm	F4.5 - F5.6

Tabela 1
Características dos equipamentos utilizados para a captura das fotografias.

2.3. Caso de estudo

O objeto de estudo é uma residência do tipo sobrado, localizada num bairro residencial na cidade de Campinas, São Paulo, Brasil. A residência foi projetada em 2003 e conta com 4 quartos, sala de estar, cozinha, lavanderia, dispensa, sala de televisão, lavabo, garagem, varanda e área de lazer.

O alçado principal da casa tem aproximadamente 22 metros de comprimento (Figura 1).



Figura 1
Caso de estudo – alçado principal.

2.3. Procedimento de ensaio

Na captura das fotografias foi sempre garantida uma sobreposição de imagem de pelo menos 50% em todas as imagens, conforme indicado na literatura [3]. A primeira tarefa do ensaio foi selecionar a hora do dia mais adequada para capturar as imagens. Nessa escolha, alguns aspetos foram tidos em consideração, nomeadamente: a incidência de luz não deve ser muito alta para que não prejudique as imagens da

câmara e devem ser evitadas sombras sobre o edifício. Neste sentido, a recolha das imagens foi efetuada cerca das 16h, quando ainda há incidência solar direta, mas com intensidade moderada.

Escolhido o horário, foi então definido um procedimento de ensaio, que inclui o trajeto a ser percorrido e a identificação dos pontos onde deveriam ser tiradas as fotografias, conforme representado na Figura 2.



Figura 2
Posições estabelecidas para a captura das fotografias.

Foram estabelecidos três grupos de fotografias: o primeiro com 25 fotografias; o segundo com 50 fotografias; e o terceiro com 75 fotografias.

As imagens obtidas não sofreram nenhum pré-processamento, de modo a não condicionar a comparação entre os equipamentos de captura das fotografias. Desta forma, os ajustes foram todos realizados antes de captar as fotografias e de forma automática, como a definição da abertura, ISO e exposição. A qualidade da imagem foi sempre a maior permitida por cada equipamento.

Após a captura de todas as imagens, avançou-se para a criação dos modelos de nuvem de pontos, utilizando-se, para tal, o programa Autodesk ReCap Photo.

Para facilitar e quantificar a comparação entre os modelos gerados, foram selecionados dois elementos do edifício (beirado da cobertura superior esquerda e beirado da cobertura inferior direita) e o respetivo comprimento foi adotado como indicador numérico de comparação (Figura 3).



Figura 3
Elementos para comparação: a) cobertura superior esquerda; b) cobertura inferior direita.

3. Resultados

A Figura 4 sintetiza os resultados obtidos nos diferentes ensaios, sendo possível observar o impacto quer da utilização de conjuntos de fotografias de diferentes dimensões, quer dos diferentes equipamentos usados para captar as imagens.

As Figuras 5 e 6 mostram o pormenor relativo aos beirados da cobertura superior esquerda e da cobertura inferior direita, cujos comprimentos foram utilizados como indicador para a avaliação da qualidade/rigor dos modelos.

A partir dos resultados pode-se observar a evolução da qualidade dos modelos gerados em função do aumento do número de fotografias utilizadas. É possível afirmar que, para o caso apresentado, a análise de sensibilidade em relação à quantidade de fotografias utilizadas para a criação de nuvens de pontos mostrou que o aumento do número de fotografias inseridas se traduziu no aumento da qualidade do modelo.

Além da quantidade de fotografias, a escolha do equipamento a ser utilizado também afetou o resultado obtido. Mesmo com o uso de uma câmara profissional, a escolha de uma lente não adequada pode limitar o ângulo das fotografias tiradas e impedir a criação de uma nuvem de pontos completa.

Assim, é possível concluir que a sobreposição é indispensável para a geração de um bom modelo, mas por si só não garante um bom resultado, já que é preciso que as imagens contenham informação suficiente para que o programa possa identificar alguns pontos em comum e gerar uma nuvem de pontos com qualidade.



Figura 4
Matriz com a comparação dos resultados.

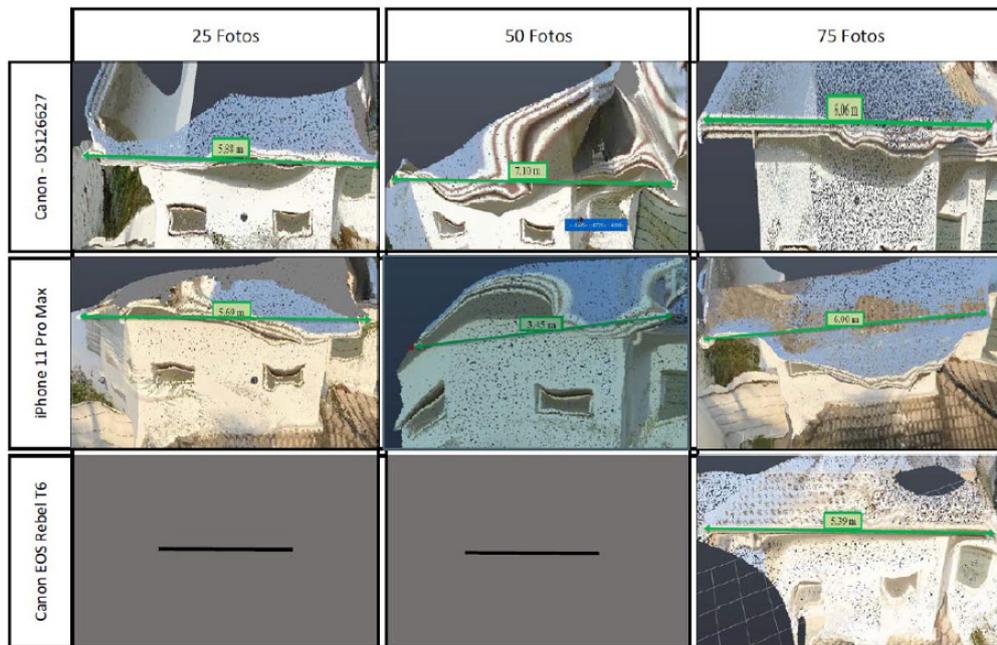


Figura 5
Matriz com a medida do beirado da cobertura superior esquerda.

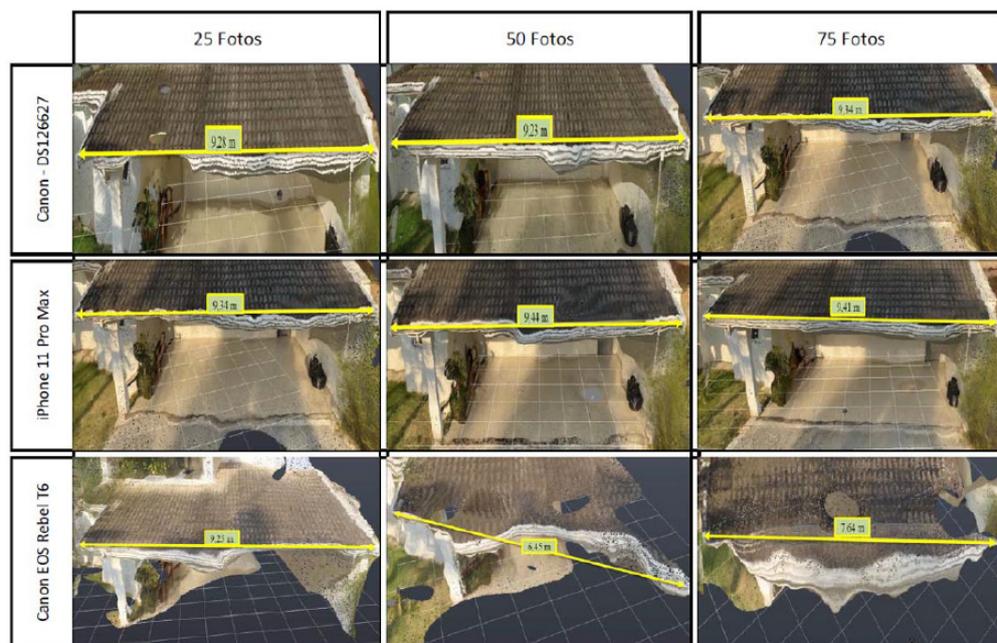


Figura 6
Matriz com a medida do beirado da cobertura inferior direita.

4. Discussão e conclusões

Para o caso de estudo apresentado, o fator preponderante da qualidade do modelo foi o número de fotografias usadas na criação do modelo. A sobreposição das singularidades garante que o programa consiga interpretar todas as informações necessárias para criar um objeto com um bom nível de semelhança com a realidade.

Por outro lado, a câmara utilizada deve ter abertura angular da ordem de F1.8 a 3.0, dependendo do tamanho e distância do objeto focalizado. A incidência solar não

deve ser direta pois pode gerar reflexo e ruídos nas imagens, prejudicando o resultado final do modelo criado.

Levando em consideração a escolha correta da câmara e da hora do dia para se realizar o ensaio, sugerem-se as seguintes orientações para a captação das fotografias:

1. Deve-se selecionar a opção de foco manual, caso esteja disponível no dispositivo;
2. Escolher o ponto de início do ensaio, preferencialmente na extremidade do edifício;
3. Posicionar a câmara paralelamente ao eixo horizontal principal e ajustar o foco corretamente para então tirar a primeira fotografia;
4. Rodar a câmara em torno do seu eixo vertical alguns graus no sentido do objeto em estudo, procurando incluir cerca de 60% do conteúdo da imagem anterior, e tirar uma nova fotografia;
5. Repetir o passo 3 até que se haja fotografias da totalidade do objeto do ensaio;
6. Mover a câmara aproximadamente 1 metro para o lado e repetir os passos 3, 4 e 5 até que se chegue ao lado oposto do inicial;
7. Quando possível, repetir o procedimento de tomada de fotografias para um nível mais elevado, para registrar as zonas mais altas do edifício e a cobertura.

Referências

- [1] F. Remondino and S. El-Hakim, "Image-based 3D Modeling: A Review", *The Photogrammetric Record*, vol. 21, pp. 269-291, September 2006.
- [2] L. Sanhudo; N.M.M. Ramos, J.P. Martins, R.M.S.F. Almeida, E. Barreira, M.L. Simões, V. Cardoso, "A Framework For In-Situ Geometric Data Acquisition Using Laser Scanning For Bim Modelling", *Journal of Building Engineering*, vol. 28, 101073, 2020, doi:10.1016/j.jobe.2019.101073.
- [3] A. Barnes, Adam, "Four Basic Steps Of A Close-Range Photogrammetry Project", Cast Technical Publications Series, Number 7561, 2011.