

Casos de estudo no “Convento de Cristo”: registo e documentação

Case Studies in “Convento de Cristo”: recording and documentation

Luís Mateus, Victor Ferreira, José Aguiar, Universidade Técnica de Lisboa - CIAUD/Faculdade de Arquitectura

Abstract

Através de aplicações ao Convento de Cristo, discute-se o contributo que a documentação gráfica produzida através da fotogrametria automática, sob a metodologia SFM/MVS (structure-from-motion / multi-view-stereo), e do varrimento laser 3D, pode dar para a melhoria dos processos de registo do património arquitectónico, dando origem a uma documentação base mais fiel ao objecto, e por isso potenciadora dos processos de interpretação e análise a efectuar pelos agentes da Conservação.

Through examples in Convento de Cristo, it is discussed the contribution that graphical documentation produced through automatic photogrammetry, under SFM/MVS (structure-from-motion / multi-view-stereo) methodology, and laser scanning, can represent to the enhancement of the recording processes of architectural heritage, originating a base documentation more reliable, and therefore potentiating later analysis processes that have to be done by conservation agents.

Keywords: Automatic Photogrammetry, Laser Scanning, recording, reflectance, Conservation.

Introdução

A actividade de Conservação da Arquitectura pressupõe um processo de conhecimento exaustivo do bem que se pretende conservar. Esse conhecimento adquire-se através de uma leitura cruzada das fontes documentais e do objecto, através de vários modelos de análise, com vista ao reconhecimento de valores, a serem validados pelo critério da autenticidade (Feiffer, 1989) (Mateus 2012) (ICOMOS, 1994). O enquadramento da produção da documentação gráfica pode ser feito sob três prismas: i) princípios, ii) orientações, e iii) especificações (Wu et al, 2009), do mais geral ao mais restritivo (Bryan et al, 2009). É nossa hipótese que, a utilização das tecnologias da fotogrametria digital automática (FDA) e do varrimento laser 3D (VL3D), utilizadas de modo adequado, contribuem para o potenciar da autenticidade da documentação produzida.

Os métodos e as técnicas de levantamento

O diagrama, adaptado de Mitchell e McCullough (Mitchell & McCullough, 1994) (Figura 1 à esquerda) traduz os caminhos que se podem seguir para obter representações do edifício (maquetas, desenhos em papel, representações digitais). Para obter as várias formas de representação do edifício é preciso considerar métodos e técnicas de registo e levantamento, que se podem agrupar em duas categorias: i) métodos directos, e ii) métodos indirectos (Boehler & Heinz, 1999) ilustrados na figura 1, à direita. No contexto actual, as representações gráficas dos objectos fazem-se através de meios digitais. Os métodos de registo e levantamento tradicionais pressupõem um contacto directo com o objecto, que embora tenham o mérito de forçar a uma relação de proximidade com o objecto arquitectónico, o que é sempre desejável, até mesmo fundamental, implica várias perdas de informação, devido à sua natureza bidimensional e discreta. Hoje há ferramentas variadas que permitem obter de modo mais rápido mais informação acerca do objecto de modo quase contínuo. A FDA, com os recentes desenvolvimentos na automatização de processos, e o VL3D) são duas tecnologias que vêm ganhando cada vez mais protagonismo nos processos de registo dos objectos construídos com vista a produção de documentação variada a integrar nos processos de Conservação, Restauro ou Reabilitação, permitindo produzir uma documentação base menos interpretada e mais rica que, ao ser entregue aos vários agentes do processo de conservação, pode traduzir de uma forma mais fiel e credível a situação actual do objecto.

A fotogrametria digital automática e o varrimento laser 3D

A FDA, sendo uma técnica passiva baseada em imagens, implica a aplicação computacional de modelos matemáticos que permitem uma reconstrução tridimensional digital (Mikhail et al, 2001). Hoje, através da abordagem combinada SFM/MVS (structure-from-motion/multi-view-stereo) este processo é totalmente automático, até à produção de um modelo base, geralmente sob a forma de nuvens de pontos (Snavely

et al, 2006) (Snaveley, 2008). O VL3D é uma técnica activa de levantamento que se baseia na medição de distâncias através de luz laser, com uma cadência regular muito elevada, quase em tempo real (Mills & Barber, 2006). A informação radiométrica das nuvens de pontos de VL 3D traduz o comportamento das superfícies relativamente ao comprimento de onda do laser utilizado no sistema de medição. Diferentes comprimentos de onda implicam respostas distintas das superfícies. Esta característica dos sistemas de VL3D significa um novo potencial para a sua utilização em contexto de conservação (Docci & Docci, 2005).

Aplicações ao Convento de Cristo

Desde o ano de 2009 que a Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa (FAUTL), primeiro através de um projecto de investigação financiado pela FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), e na sequência deste, através do grupo de investigação ArchC_3D: Documentação e Estudos de Conservação e Restauro (<http://archc3d.fa.utl.pt/archc3d.html>), tem vindo a desenvolver uma colaboração estreita com o Convento de Cristo (figura 2), através do desenvolvimento de um conjunto de acções de documentação e registo que visam apoiar acções de intervenção concretas. Nesse âmbito, destacamos os levantamentos efectuados: i) no Pátio dos Carrascos, para apoio à análise estratigráfica de suporte ao projecto de arquitectura para uma nova cafetaria, ii) na Nave Manuelina, para apoio às acções de conservação das superfícies exteriores, e iii) nos Paços do Infante, para apoio à análise estratigráfica de suporte ao projecto de arquitectura para uma nova recepção do convento. Para além destas acções, foram ainda ensaiados procedimentos para levantamentos de larga escala totalmente automatizados e baseados em imagens: i) levantamento integral do volume exterior do convento de Cristo, e ii) levantamento do centro histórico de Tomar. Agrupamos a discussão seguinte em três tópicos: i) as imagens de reflectância de VL3D como suporte de análises, ii) a complementaridade entre o VL3D e a FDA, e iii) o levantamento de grande escala com recurso a imagens aéreas de baixa altitude.

As imagens de reflectância de varrimento laser 3D como suporte de análises

A utilização mais conhecida do VL3D prende-se com a captura da configuração geométrica de um lugar ou objecto. Os sistemas de VL3D são activos, isto é, utilizam a sua própria fonte de radiação para medir e registar a envolvente. Essa radiação, em forma de luz laser, tem um comprimento de onda específico que pode ir desde o verde (entre os 500 e os 600nm - nanómetros) até ao infra-vermelho (por volta dos 1500 nanómetros). Este intervalo é o mais corrente nos sistemas comercializados (Mateus 2012). No Convento de Cristo foram utilizados dois sistemas de VL3D: i) o sistema Ilris 3D da Optech, com um laser de 1500nm, e ii) o sistema Z+F Imager 5006, com um laser de 683nm (figura 3) resultando em diferentes características patentes nas imagens de reflectância. Da comparação entre as imagens de reflectância, verifica-se que as qualidades que se observam na imagem de infra-vermelho (1500nm) são bastante distintas do que se pode observar a olho nu. Um dos aspectos mais relevantes na interpretação desta imagem foi a constatação que as zonas mais escuras correspondentes a juntas identificavam reparações nas mesmas feitas com cimento. Já no caso da imagem vermelha (683nm) foi possível verificar uma maior correspondência com a percepção da mesma a olho nu, o que se pode explicar pelo facto de se ter utilizado um laser com comprimento de onda dentro da banda do visível. Nesta imagem, aspectos como a sujidade ou a colonização biológica tornaram-se mais evidentes. Pelo facto de se dispor de diferentes imagens correspondentes a diferentes comprimentos de onda, foi possível aplicar técnicas de processamento de imagem que são usualmente aplicadas nas ciências de informação geográfica. Assim, foi calculado o NDVI (normalized difference vegetation index) e foi feita uma análise ACP (análise em componentes principais). Com o NDVI, foi possível classificar a superfície em quatro níveis de actividade clorofilina (figura 3, em baixo à esquerda), verificando-se correspondência quando confrontados os resultados com o objecto. Na análise ACP foi possível concatenar um conjunto de características da superfície e colocar em relevo zonas de actividade biológica e de escorrências (imagem da 1ª componente) e diferentes padrões de juntas e distinção de materiais (imagem da 2ª componente).

A complementaridade entre o varrimento laser e a fotogrametria automática

Na zona da Nave Manuelina, e a pretexto de uma intervenção de conservação de superfícies, foi feito um levantamento de todas as superfícies exteriores. Neste levantamento começou por se utilizar o VL3D com imagens fotográficas associadas para a obtenção da textura. Verificou-se no entanto que, pelas dificuldades de acesso, a informação recolhida ficou um pouco limitada (figura

4, em cima à esquerda). Por exemplo, não foi possível aceder às coberturas com o sistema VL3D. O modo de suprimir essa falta de informação consistiu na utilização de imagens aéreas de baixa altitude recolhidas com um sistema montado num balão e num avião (figura 5, em cima). Através da metodologia SFM/MVS (software Visual SFM – <http://www.cs.washington.edu/homes/ccwu/vsfm/>) foi possível gerar um modelo de nuvens de pontos que (figura 4, em cima à direita) permitiu assim colmatar a lacuna deixada pelo vazio no modelo de VL3D, dando assim origem a uma documentação mais completa. A Janela Manuelina (figura 4, em baixo) foi igualmente restituída por FDA. O facto desta documentação não ser interpretada até este ponto, permite que os materiais que se venham a produzir com base nela, para informar as acções dos vários agentes da intervenção de conservação, seja mais fiel ao objecto e assim permitir uma maior autenticidade no reconhecimento dos valores eventualmente presentes.

O levantamento de grande escala com recurso a imagens aéreas de baixa altitude

No âmbito da colaboração da FAUTL com o Convento de Cristo, foram ainda realizados vários voos com recurso a plataformas aéreas de baixa altitude e não tripuladas (figura 5, em cima), capturando em vários instantâneos toda uma informação de conjunto que, só por si, já é de elevado valor. Acrescenta-se a possibilidade de estas imagens poderem ser processadas com vista à obtenção de informação tridimensional (figura 5, em baixo) de modo a capturar toda a estrutura do objecto, permitindo uma análise de escala quase urbana.

Conclusões

A qualidade e autenticidade da documentação produzida em relação a um bem patrimonial é um factor determinante para os valores que podem ser reconhecidos a partir da sua análise bem como para o seu entendimento e compreensão. A utilização do VL3D da FDA, utilizados de modo adequado, permite potenciar este factor de qualificação da documentação. A utilização do VL3D, considerando as imagens de reflectância, surge como um novo potencial de extracção de informação. Imagens de reflectância correspondentes a comprimentos de onda distintos, traduzem qualidades distintas das superfícies. Estas imagens podem ser utilizadas individualmente como suporte de uma interpretação visual ou podem ser processadas em conjunto para extrair nova informação. O processamento de imagens fotográficas para a obtenção, de modo quase automático, de informação tridimensional veio revolucionar os processos de documentação. Trata-se de um processo altamente versátil que permite a integração de plataformas aéreas de baixa altitude permitindo documentar zonas dos objectos que, de outro modo, seriam de acesso difícil ou impossível, como é o caso de coberturas.

Referências Bibliográficas

- Bryan, P. Blake, B., Bedford, J. (2009). *Metric survey specifications for Cultural Heritage*. UK, English Heritage.
- Docci, M., (2005). *L'uso delle riflettanza: un nuovo capitolo per il restauro delle superfici*. In *Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'architettura e dell'ambiente*. Roma: Gangemi editore, pp. 48-51.
- Feiffer, C. (1989). *Il progetto di conservazione*. Milão: Franco Angeli Libri s.r.l..
- ICOMOS. (1994). *Nara document on authenticity*.
- Mateus, L. (2012). *Contributos para o projecto de Conservação, Restauro e Reabilitação. Uma metodologia baseada na fotogrametria digital e no varrimento laser 3D terrestres*. Lisboa, FAUTL. (tese de doutoramento).
- Mills, J. Barber, D. (2006). *An addendum to the metric survey specifications for English Heritage – The collection and archiving of point cloud data obtained by terrestrial laser scanning or other methods*. UK, English Heritage.
- Mikhail, E., Bethel, J., McGlone, J. (2001). *Introduction to modern photogrammetry*. EUA: John Willey & sons.
- Mitchell, W. J., McCullough, M. (1994). *Digital Design Media: A guide for the 21st century*. New York, NY. Willey and Sons.
- Snavely, N., Seitz, S., Szelisky, R. (2006). *PhotoTourism: Exploring image collections in 3D*. *ACM Transactions on Graphics, proceedings of SIGGRAPH 2006, Volume 25, Issue 3*. pp.835-846
- Snavely, N. (2008). *Scene Reconstruction from Internet Photo Collections*. University of Washington. (tese de doutoramento).

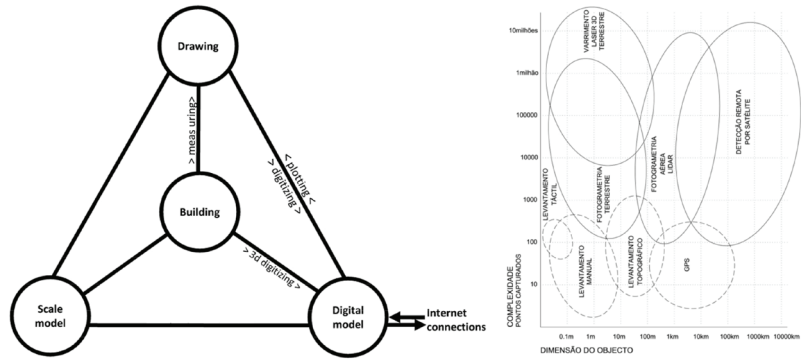


Figura 1. Direita: Diagrama ilustrativo dos processos para a produção de representações gráficas do edifício existente (adaptado de Mitchell e McCullough). Esquerda: Classificação dos métodos de levantamento e sua adequação aos objectos em função da dimensão e complexidade (adaptado de Hoehler e Heinz); métodos directos (traço interrompido) e métodos indirectos (traço contínuo).

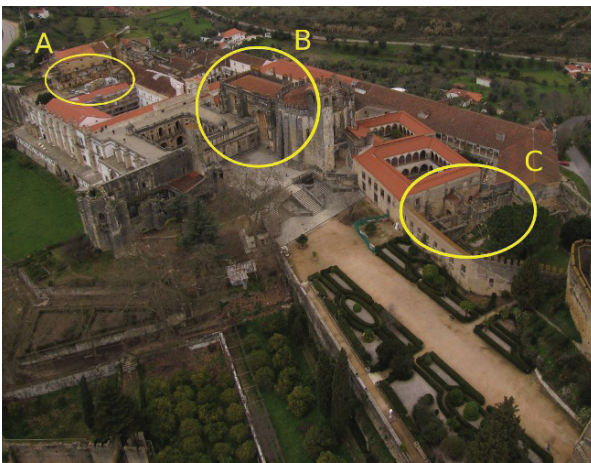


Figura 2. Convento de Cristo: (A) Pátio dos Carrascos, (B) Nave Manuelina, (C) Paços do Infante.

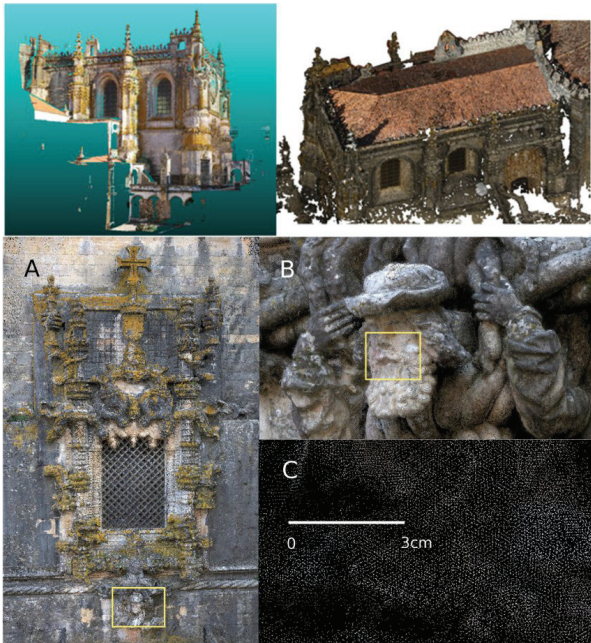
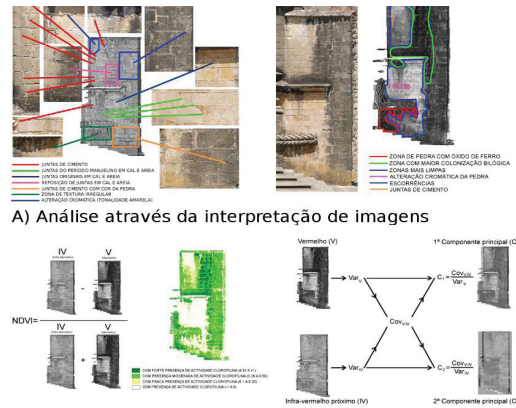


Figura 4. Em cima: Nave Manuelina (nuvens de pontos de varrimento laser 3D à esquerda; nuvens de pontos fotogramétricas à direita). Em baixo: Janela Manuelina - nuvens de pontos fotogramétricas (A - vista geral, B - detalhe de elemento escultórico, C - pormenor da nuvem de pontos).



B) Análise através do processamento de imagens

Figura 3. A leitura das superfícies através de imagens de reflectância. Em cima à esquerda: Análise das superfícies através da interpretação de imagens de varrimento laser no comprimento de onda de 1500 nanómetros. Em cima à direita: Análise das superfícies através da interpretação de imagens de varrimento laser no comprimento de onda de 683 nanómetros. Em baixo à esquerda: Cálculo do NDVI (normalized difference vegetation index). Em baixo à direita: ACP (análise em componentes principais).



Figura 5. Em cima: Plataformas aéreas de baixa altitude. Em baixo: Orto-imagem do modelo de nuvens de pontos gerado por fotogrametria automática.