

GEÍSA GAIGER DE OLIVEIRA  
GUSTAVO JAVIER ZANI NÚÑEZ  
ORGANIZADORES

Des  
ign  
pes. em  
qui  
sa. vol 3

GEÍSA GAIGER DE OLIVEIRA  
GUSTAVO JAVIER ZANI NÚÑEZ  
ORGANIZADORES

Des  
ign  
em  
pes.  
qui  
sa. vol 3

Este livro é uma das publicações do Instituto de Inovação, Competitividade e Design (IICD) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ([www.ufrgs.br/iicd](http://www.ufrgs.br/iicd)).

© dos autores – 2020

Projeto gráfico: Melissa Pozatti

---

D457 Design em pesquisa: volume 3 [recurso eletrônico] / organizadores Geísa Gaiger de Oliveira [e] Gustavo Javier Zani Núñez. – Porto Alegre: Marcavisual, 2020.

789 p. ; digital

ISBN 978-65-990001-1-9

Este livro é uma publicação do Instituto de Inovação, Competitividade e Design (IICD) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ([www.ufrgs.br/iicd](http://www.ufrgs.br/iicd))

1. Design. 2. Gestão do Design. 3. Design contra a criminalidade. 4. Gestão de Projetos. 5. Inovação. 6. Tecnologia. 7. Sustentabilidade. 8. Desenvolvimento humano. I. Oliveira, Geísa Gaiger. II. Núñez, Gustavo Javier Zani.

CDU 658.512.2

---

CIP-Brasil. Dados Internacionais de Catalogação na Publicação.  
(Jaqueline Trombin – Bibliotecária responsável CRB10/979)



# Capítulo 29

## Geração de conteúdo em realidade aumentada com o uso de drones na digitalização 3D por fotogrametria: o caso da Igreja do Desterro em São Luís do Maranhão, Brasil

Samuel Benison da Costa Campos, Airton Cattani e Fábio Pinto da Silva

### RESUMO

Neste artigo, é apresentado o processo de trabalho que resultou na digitalização 3D da Igreja de São José Desterro, bem patrimonial pertencente a área tombada pela UNESCO na cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, Brasil. O processo se constituiu em três fases: a aquisição de imagens por fotogrametria com uso de drones (*aircraft*), processamento das imagens para geração de malhas e pós processamento das malhas. Os resultados demonstram a viabilidade no uso deste tipo de equipamento em conjunto com *softwares* que estão se tornando cada vez mais acessíveis e cujos resultados em termos de precisão e produtos alcançados são bem consistentes quando se busca gerar dados para visualização.

**Palavras-chaves:** fotogrametria, digitalização 3D; retopologia; realidade aumentada

### 1 INTRODUÇÃO

Em países em desenvolvimento como o Brasil, além das solicitações naturais à passagem do tempo e as advindas das intempéries do tempo (MIRZA, 2003) (CAMUFFO, 2014), os bens patrimoniais de natureza material estão sujeitos também aos problemas intrínsecos às ingerências da administração pública, o que, por vezes, resulta em avarias ou mesmo a perda do bem, no que prefere ser entendido como ‘fatalidade’.

A fim de evitar este tipo de cenário, os processos de tecnologia destinados a digitalização 3D de artefatos patrimoniais além de uma tendência (AICARDI, CHIANBRANDO, et al., 2018), devem ser entendidos como novos suportes para a proteção desses bens, que possibilitam, além da salvaguarda, meios confiáveis para a formação dos modelos descritos nos livros de tombo (DODEBEI, 2008).

Esses também podem ser utilizados como meio de diálogo com as camadas mais populares (ABREU, 2015) entre outras possibilidades (EL-HAKIN, BERARDIN, et al., 2004).

Entre as alternativas de registro 3D está a fotogrametria por visão computacional, que apresenta inúmeras opções de *softwares* para proceder com as digitalizações. Existem desde soluções proprietárias e fechadas, até abertas e livres cujos resultados promissores transformaram-na numa prática cada vez mais comum (DOSTAL e YAMAFUNE, 2018).

E agora disponível como mais recente alternativa de aquisição de imagens, tem-se a fotografia aérea por meio dos veículos aéreos não tripulados (da sigla em inglês, UAVs), conhecidos usualmente por drones (*aircrafts*), entre outras nomenclaturas (NEX e REMONDINO, 2013) (CAMPANA, 2017). Em comparação com o uso de scanners 3D, do ponto de vista operacional, são mais portáteis e na maior parte dos casos tem menor custo, permitem realizar com maior segurança em áreas de difícil acesso ou inacessíveis.

Contudo, é preciso ressaltar que os dados produzidos por leitura a laser produzem uma geometria mais precisa do que a fotogrametria, mas quando o objetivo do registro é apenas de visualização, ou não exige excessiva precisão, a fotogrametria é uma opção bem mais viável para o registro 3D, sobretudo, porque produz de forma confiável texturas mais precisas do que a digitalização a laser (DOSTAL e YAMAFUNE, 2018).

Deste modo, a intenção deste estudo é demonstrar a viabilidade de drones em digitalizações 3D cujo resultado seja a visualização do bem patrimonial digitalizado, uma vez que os resultados por fotogrametria por visão computacional geram resultados visualmente atraentes devido aos mapas de textura provenientes dos detalhes da fotografia (DOSTAL e YAMAFUNE, 2018).

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Equipamentos e Recursos**

Para este estudo, utilizou-se para a captura de imagens um drone modelo Mavic Pro da DJI (Figura 1), que é equipado com sistema GPS, uma câmera com sensor 1/2.3" (CMOS), com pixels efetivos:

12,35 M (Total de pixels: 12,71M), lentes FOV 78.8°, 26 mm (equivalentes ao formato 35mm) (DJI CORPORATION, 2018).

Figura 1 - Modelo de drone utilizado na coleta de dados



Fonte: Obtido a partir de DJI Corporation (2018)

As nuvens de pontos foram geradas no *software* ReCap Photo 2017 da AutoDesk, que é uma extensão do Autodesk ReCap Pro desenvolvido para converter fotografias em modelos 3D. A escolha por este, veio da possibilidade de gerar mapas de texturas baseados em fotos com geolocalização e vistas ortográficas de alta resolução com mapas de elevação (AUTO DESK INC., 2018). Já o pós-processamento das nuvens de pontos foi feito com o *software* Geomagic Studio. Para a retopologia foram usados os *softwares* Blender e o Autodesk Maya. A figura 2 resume as etapas do fluxo de trabalho desta pesquisa.

Figura 2 - Fluxograma de trabalho

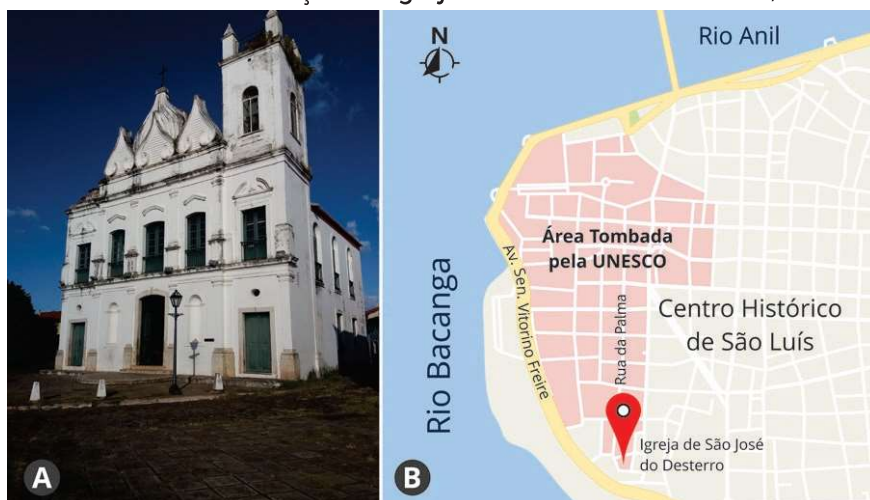


Fonte: Produzido pelos autores (setembro, 2017)

## 2.2 Bem digitalizado

O patrimônio edificado escolhido para a digitalização 3D foi a igreja de São José do Desterro graças à sua relevância no cenário da cidade (Figura 3), pois é uma das mais antigas de São Luís, capital do estado brasileiro do Maranhão. Dentro da historiografia local, é citada durante o período em que os holandeses tentaram estabelecer uma colônia na região (LIMA, 2002), na ocasião foi levada a ruína, mas sendo reerguida novamente ainda por mais três vezes, sempre motivada pelo desejo da comunidade de seu entorno em mantê-la presente no cenário da cidade.

Figura 3 – Fachada e Localização da Igreja de São José do Desterro, São Luís – MA.



Fonte: (A) Registro fotográfico produzido pelos autores (agosto, 2018); (B) Adaptado a partir do *Google Maps* (agosto, 2018).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Registros Fotográficos

Os registros fotográficos ocorreram após a autorização escrita da direção do Museu Histórico e Artístico do Maranhão, órgão do Governo do Estado a quem compete a responsabilidade pela conservação do bem patrimonial. No período de 24 de agosto a 12 de setembro de 2018 foram feitos 1039 registros fotográficos, para fins de sistematização e em função da intensidade dos ventos e raios solares, as coletas sempre aconteceram no período da manhã, entre às 09:00 às 10:00 (UTC – 3).

Cabe ressaltar que os registros fotográficos aéreos do artefato patrimonial foram facilitados com esse tipo de digitalização 3D, pois

o modelo de drone utilizado possui entre os seus modos de voo, um chamado 'ponto de interesse'. Este modo facilita o processo fotogramétrico, pois estabelecendo-se três parâmetros (ponto focal de interesse, altura e raio), o equipamento descreve uma trajetória circular em torno do objeto marcado enquanto o operador pode realizar o registro fotográfico (Figura 4). Nesse sentido, equipamentos com esse tipo de auxílio favorecem o uso de pessoas com pouca experiência em pilotagem de UAVs.

Figura 4 - Exemplo dos registros fotográficos



Fonte: Registros fotográficos produzido pelos autores (agosto, 2018)

### 3.2 Processamento das fotos e geração das Malhas 3D

Esta etapa é realizada buscando três objetivos principais (1) identificar os contornos (2) identificar os objetos relevantes, e (3) minimizar as informações sem importância. Uma das principais vantagens, e justificativas para o uso nesta pesquisa do software da Autodesk é permitir que o processamento ocorra em nuvem, tornando-o acessível a qualquer sistema operacional que possua um navegador com suporte a WebGL. No entanto, a licença de uso acadêmico do *ReCap Photo* permite o uso máximo de 100 fotografias, o que representa 10% da versão PRO.

Como estratégia para a otimização dos resultados, as fotos foram separadas em grupos a fim de gerar seis malhas: 1) Da igreja como um todo; 2) Da fachada principal; 3) Da torre; 4) Da fachada lateral direita; 5) Da porta principal da Igreja; 6) Da porta lateral. As



nuvens de pontos geradas foram editadas no *software Autodesk ReCap*, no qual ruídos da digitalização e elementos desnecessários capturados, como ruas, árvores, outras edificações e pessoas, foram removidos. Como resultado final, a primeira malha permitia retratar todo o formato da edificação, enquanto que as demais se destinavam a retratar os detalhes mais significativos que porventura ficaram com baixa resolução na primeira (Figura 5).

Figura 5 – Renderização em cores e suas respectivas malhas 3D após processamento no *Autodesk ReCap Photo*



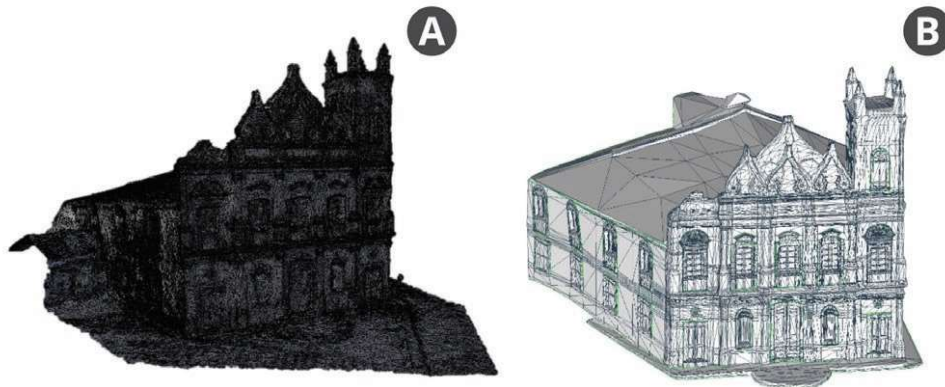
Fonte: Registro fotográfico produzido pelos autores (outubro, 2018)

### 3.3 Processamento e Retopologia das malhas 3D

O processamento e retopologia das malhas 3D é realizado a fim de converter os modelos de alta resolução (*high poly*) em malhas com menor densidade (*low poly*), ou seja, adaptar modelos mais complexos, com grande número de polígonos, para uma versão mais simplificada mantendo as mesmas características visuais. Com esse procedimento os detalhes são transformados em imagens 2D chamadas de Mapas de Textura, o que compacta o tamanho do arquivo, tornando-o mais fácil de ser trabalhado e utilizado em outros *softwares* e permite novas aplicações, como no caso desta pesquisa, para visualização de conteúdo em realidade aumentada.

O arquivo original da igreja, em formato WRP, possuía 14,7 GB e 9.423.500 triângulos (Figura 6), precisou ser editado no *Geomagic Studio*, já que apresentava resolução muito baixa em algumas das janelas e na geometria das paredes ligadas às edificações próximas à igreja.

Figura 6 – Formato dos arquivos em malha: A) *high poly*; B) *low poly*



Fonte: Registros produzidos pelos autores (novembro, 2018)

Essa malha foi usada para criar um modelo simplificado para desenvolver a retopologia e extração dos mapas de textura (normais e cor difusa), que após exportada em formato OBJ para o *Maya* gerou um arquivo com 205 MB, com 1.348.716 triângulos e 678.606 vértices.

A importação foi feita em porções separadas (piso, paredes, telhado e janelas), que possuíam um mapa de cor associado que serviram de base para configurar o modelo final.

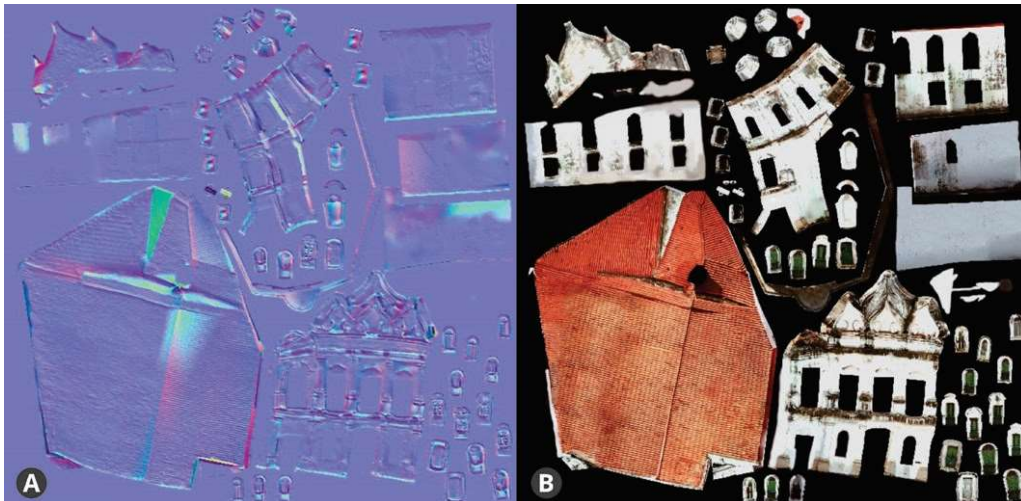
Dados os problemas de resolução em algumas janelas, foi usada uma malha comum a cada modelo, a partir da que apresentava melhor resolução, sendo estas replicadas nas posições correspondentes.

A reconstrução da igreja, em malha de menor densidade, iniciada no *Blender* e finalizada no *Maya*, gerou um arquivo formato OBJ de 1,83 MB, com 12.020 quadriláteros e 12.899 vértices. Áreas maiores, como o telhado e as paredes laterais, exigiram menor número de polígonos, ao passo que as janelas e a fachada, por ter maior quantidade de detalhes, acabaram sendo modeladas com polígonos menores.

Uma vez concluída a modelagem, a malha da igreja foi dividida em regiões para a geração dos mapas uv (planificação), os quais usaram como base o modelo simplificado importado para atribuição de cor e textura original à malha reconstruída (*baking*). Os

mapas gerados obtidos, formato JPG e dimensões 4096 x 4096, foram corrigidos no Photoshop para eliminação de falhas observadas no mapa de normais e no mapa de cor difusa (Figura 7).

Figura 7 – Mapas de textura gerados: A) mapa de normais; B) mapa de cor difusa

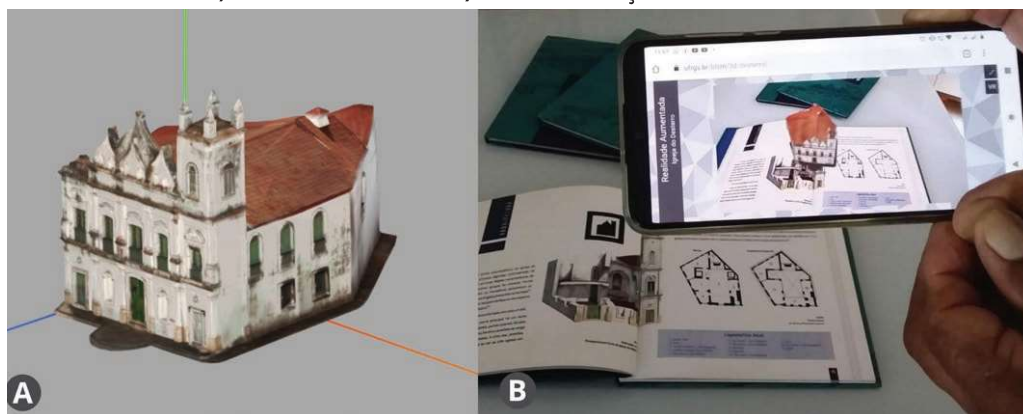


Fonte: Registros produzidos pelos autores (julho, 2019)

Em ambos os mapas, foi necessário construir parte da parede dos fundos, inexistente no modelo em função dos prédios próximos que obstruíam a total captação, portanto, ela não foi obtida durante o processo de *baking*, sendo usadas as demais paredes para amostragem.

Ao final da edição foram obtidos os seguintes arquivos: mapa de normais com 1,35 MB (originalmente 12,4 MB) e mapa de cor difusa de 1,35 MB (originalmente 11,9 MB), além do modelo da igreja em formato OBJ de 1,83 MB e do arquivo de material formato MTL. Os mapas de textura foram reduzidos para otimização de tempos de *download* e de renderização. Após estas etapas o modelo (conjunto de 4 arquivos com 4,53 MB) ficou pronto para ser utilizado para aplicação como conteúdo de realidade aumentada num livro sobre a Igreja do Desterro destinado à educação patrimonial (Figura 8).

Figura 8 –Malhas 3D após processadas para utilização em livro com Realidade Aumentada: A) Resultado Final B) Demonstração da AR em funcionamento



Fonte: Registros fotográficos produzido pelos autores (abril, 2020)

Este uso da Realidade Aumentada como interface para disseminação de conteúdo em Patrimônio cultural foi motivado por diversas experiências que tem contribuído significativamente para a conservação, ao promover educação e sensibilização, dos elementos patrimoniais (SOOD, 2012). Em diferentes localidades ao redor do mundo, as experiências nascem com as mais diversificadas premissas, desde o registro, para fins de arquivo e recuperação, melhoria da experiência de divulgação do conteúdo cultural, como para permitir inclusão e autonomia aos apreciadores/visitantes, o que, segundo Puyuelo et al. (2013, p. 172) “[...] fornece recursos *in sitio* que facilitam uma visita expandida, promovendo assim o conhecimento intuitivo baseado em fruição do lugar [...]”.

Ainda no contexto educacional, a realidade aumentada oferece várias vantagens, entre as quais: a capacidade para encorajar o aprendizado cinestésico; pode suportar os alunos inspecionando o objeto 3D ou materiais de aulas de uma variedade de perspectivas ou ângulos diferentes para melhorar sua compreensão; aumenta o nível de engajamento e motivação dos alunos nas atividades acadêmicas e; permite fornecer informações contextuais, ou seja, dados sobre objetos reais da cena relacionados com a atividade de aprendizagem (DIAZ, HINCAPIÉ e MORENO; 2015).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modelos de drones com, GPS e de modo de voo de assistência ao piloto facilitam tanto na coleta dos dados fotogramétricos, como

permitem que mesmo operadores iniciantes sejam capazes de realizar o registro. Além disso, o GPS contribui para definir os dados GPCs (*Ground Control Points*) em qualquer coordenada, no caso de *softwares* fotogramétricos que importam esses dados automaticamente para georreferenciamento.

A facilidade quanto à logística deste tipo de equipamento representa um ganho de tempo, além de permitir que, nos casos que sejam necessários, apenas uma única pessoa possa realizar a coleta de dados.

De maneira geral, as especificações da câmera do drone utilizado na pesquisa possibilitaram realizar a fotogrametria sem prejuízo da resolução, considerando a densidade das nuvens de pontos obtidas. A malha final (*low poly*) possui tamanho/resolução cerca de 100 vezes menor do que a original (*high poly*).

Na fotogrametria há atualmente uma diversidade de softwares capazes de realizar as digitalizações, porém, a maioria depende da capacidade de processamento do computador utilizado, o que pode ser um importante gargalo para a qualidade do modelo 3D. A partir deste estudo, destaca-se que optando por *softwares* proprietários, como o *Autodesk ReCap Photo* que realiza os cálculos para a digitalização em nuvem, permite-se que o sistema fique livre desse processamento.

Facilitando o processo de obtenção de um modelo 3D, a etapa de modelagem em softwares 3D pode se tornar a mais complexa de todo o desenvolvimento. Contudo, podem ser utilizados softwares mais amigáveis para quem já trabalha com projetos gráficos, especialmente comuns ao Design Visual.

Após o processo de retopologia, o modelo 3D de baixa resolução que é gerado, pode ser aplicado em diferentes usos, tais como animações ou projetos de realidade aumentada que favorecem uma experiência mais imersiva, mesmo àqueles que não tenham acesso ao bem patrimonial em si.

Como trabalho futuro, sugere-se a continuidade do estudo considerando a avaliação do modelo 3D obtido junto a usuários. Pretende-se avaliar a influência da incorporação de tecnologias como a realidade aumentada em livros voltados à educação patrimonial.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, R. Patrimonialização das diferenças e os novos sujeitos de direito coletivo no Brasil. In: TARDY, C.; DODEBEI, V. **Memória e novos patrimônios**. Marseille: OpenEdition Press, 2015. p. 67-93. Disponível em: <<https://books.openedition.org/oep/868>>. Acesso em: 15 Novembro 2018.
- AICARDI, I. et al. *Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach*. **Journal of Cultural Heritage**, 32, July-August 2018. 257-266. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S129620741630423X>>. Acesso em: 27 November 2018.
- AUTO DESK INC. **Auto Desk Recap**. 2018. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/ Recap/overview>>. Acesso em: 27 November 2018.
- CAMPANA, S. *Drones in Archaeology. State-of-the-art and Future Perspectives*. **Archaeological Prospection**, 24, n. 4, 2017. 275-296. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/arp.1569>>. Acesso em: 28 November 2018.
- CAMUFFO, D. **Microclimate for cultural heritage: Conservation, restoration, and maintenance of indoor and outdoor monuments**. 2ª. ed. [S.l.]: Elsevier, 2014.
- DIAZ, Christian; HINCAPIÉ, Mauricio; MORENO, Gustavo. *How the Type of Content in Educative Augmented Reality Application Affects the Learning Experience*. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 75, p.205-212, 2015. Elsevier BV. ISSN: 1877-0509. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.239>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091503700X>>. Acesso em: 05 maio 2017
- DJI CORPORATION. **Mavic Pro specs**, 2018. Disponível em: <<https://www.dji.com/mavic/specs#downloads>>. Acesso em: 27 November 2018.
- DODEBEI, V. **Digital virtual: o patrimônio no século XXI**. In: VERA DODEBEI, R. A. ( ). *E o patrimônio?* Rio de Janeiro: Contra capa, 2008.
- DOSTAL, C.; YAMAFUNE, K. *Photogrammetric texture mapping: A method for increasing the Fidelity of 3D models of cultural heritage materials*. **Journal of Archaeological Science: Reports**, 18, 2018. 430-436. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352409X17306892>>. Acesso em: 20 November 2018.
- EL-HAKIN, S. F. et al. *Detailed 3D reconstruction of large-scale heritage sites with integrated techniques*. **IEEE Computer Graphics and Applications**, May-June 2004. 21-29. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/1318815/authors#authors>>. Acesso em: 27 November 2018.
- LIMA, C. D. **Caminhos de São Luís: ruas, logradouros e prédios históricos**. São Luís: Livraria Siciliano, 2002.
- MIRZA, M. M. Q. *Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt?* **Climate Policy**, v. 3, n. 3, p. 233-248, 2003. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.3763/cpol.2003.0330?scroll=top>>.
- NEX, F.; REMONDINO, F. **UAV for 3D mapping applications: a review**. **Applied Geomatics**, 6, n. 1, 2013. 1-15. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12518-013-0120-x>>. Acesso em: 28 November 2018.
- PUYUELO, Marina; HIGÓN, José Luís; MERINO, Lola; CONTERO, Manuel. *Experiencing Augmented Reality as an Accessibility Resource in the UNESCO Heritage Site called "La Lonja"*, Valencia. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 25, p. 171-178, 2013. Elsevier BV. ISSN: 1877-0509. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.021>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091301226X>>. Acesso em: 10 abr. 2017.
- SOOD, Ragaf. **Pro Android Augmented Reality**. New York: Springer, 2012. 329 p. ISBN 978-1-4302-3945-1.

**Como citar este capítulo (ABNT):**

CAMPOS, S. B. da C.; CATTANI, A.; SILVA, F. P. da. Geração de conteúdo em realidade aumentada com o uso de drones na digitalização 3d por fotogrametria: o caso da Igreja do Desterro em São Luís do Maranhão, Brasil. In: OLIVEIRA, G. G. de; NÚÑEZ, G. J. Z. **Design em Pesquisa** – Volume 3. Porto Alegre: Marcavisual, 2020. cap. 29, p. 534-545. *E-book*. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>. Acesso em: 15 ago. 2020 (exemplo).

**Como citar este capítulo (Chicago):**

Campos, Samuel Benison da Costa, Airton Cattani and Fábio Pinto da Silva. "Geração de conteúdo em realidade aumentada com o uso de drones na digitalização 3d por fotogrametria: o caso da Igreja do Desterro em São Luís do Maranhão, Brasil." In *Design em Pesquisa - Volume 3*, edited by Geísa Gaiger de Oliveira and Gustavo Javier Zani Núñez, 534-545. Porto Alegre: Marcavisual. <https://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>.