



Desenho e Tecnologia

LEVANTAMENTO E MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DE EDIFICAÇÕES TOMBADAS PARA DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO: PRIMEIROS RESULTADOS

*SURVEY AND THREE-DIMENSIONAL MODELING OF LISTED BUILDINGS FOR
HISTORICAL HERITAGE DOCUMENTATION: FIRST RESULTS*

Rosangela Leal Santos¹
Selma Soares de Oliveira²
Bethsaide Souza Santos³
André Nobre⁴
Isabel Fernandes Santos⁵

Resumo: Este trabalho aborda a técnica da Fotogrametria Digital como ferramenta para auxílio na documentação de patrimônio arquitetônico. Utilizou-se programas computacional, surgida a partir do desenvolvimento da tecnologia digital e da ampliação de novos produtos e softwares de restituição fotogramétrica, para a obtenção da geometria da arquitetura de uma edificação histórica e a produção de seu registro gráfico e documental. O estudo de caso baseia-se no levantamento fotogramétrico digital e restituição de imagens da Igreja São José dos Campos de Itapororocas, localizado no Distrito de São José, em Feira de Santana. Uma análise deste processo e de seus resultados obtidos permitiu avaliar questões de custo, agilidade, qualidade, e precisão do produto final.

Palavras-Chave: Patrimônio arquitetônico. Aerofotogrametria. Documentação. Modelagem 3D.

Abstract: This work approaches the technique of Digital Photogrammetry as a tool to aid in the documentation of architectural heritage. Computational programs, arising from the development of digital technology and the expansion of new photogrammetric restitution products and software, were used to obtain the architectural geometry of a historic building and the production of its graphic and documentary record. The case study is based on a digital photogrammetric survey and image restitution of the Church of São José dos Campos de Itapororocas, located in the District of São José, in Feira de Santana. An analysis of this process and the results obtained allowed us to assess issues of cost, agility, quality, and accuracy of the final product.

Keywords: Architectural Heritage. Aerophotogrammetry. Documentation. 3d modeling.

1.INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de modelos digitais tridimensionais 3D aplicados a edificações ligados ao patrimônio histórico está se tornando cada vez mais comum possibilitando a incorporação dessas novas técnicas como um importante implemento à documentação patrimonial, seja pela reconstrução virtual, seja pela possibilidade de criar novas abordagens de visualização científica. A maioria dessas abordagens são convencionais, já amplamente

¹ Professora Adjunta – DTEC/PPGM/UEFS – rosaleal@uefs.br

² Professora Adjunta – DLEA/UEFS – dorea@terra.com.br

³ Professora Auxiliar – DTEC/UEFS - bssantos@uefs.br

⁴ Mestrando em Física – GEPRO/UEFS – andre@uefs.br

⁵ Bolsista PIBIC/CNPq – DTEC/UEFS - isabelfernandes0897@hotmail.com

conhecidas, utilizando tipos de modelagem baseadas em geometria, com o uso de *softwares* como o SketchUp, o Blender ou 3D Studio Max, etc. De qualquer forma, a incorporação dessas novas técnicas exigem a formação de equipes multidisciplinares para abarcar os diferentes aspectos técnicos envolvidos. Muito embora hoje existam equipamentos que permitam a reconstrução 3D de objetos do mundo real tais como scanners a laser, UAV, etc., estes apresentam custos muito elevados quanto a aquisição, operacionalização e processamento dos seus produtos. Por esse motivo, às vezes é necessário resolver essas questões desenvolvendo estratégias específicas de pesquisas que diferem dos procedimentos geralmente seguidos para cenários mais simples. Na verdade, a fotogrametria de múltiplas imagens tornou-se uma ferramenta para documentação edificações do patrimônio histórico, muito mais acessíveis, com um custo e uma metodologia mais econômica do que os procedimentos padrões que utilizam um scanner a laser (McCARTHY, 2014), e por permitir um nível aceitável de precisão na restituição. Na verdade, esta tecnologia que permite a reconstrução do ambiente 3D tornou-se muito útil para a documentação 3D do Patrimônio Cultural (SOLONIA et all., 2014). Recentemente, a crescente difusão de sistemas de veículos aéreos não tripulados (UAV) para muitas aplicações de pesquisa (SIEBERT e TEIZER, 2014; VACCA e SACCO, 2017) tem agregando valor fundamental às soluções fotogramétricas para pesquisas ligadas à documentação patrimoniais.

Associada a essa demanda crescente, surge a necessidade de ferramentas que permitam que usuários leigos possam criar esses modelos de reconstrução 3D de maneira fácil e eficiente, especialmente para fins visuais e de documentação. Para atender a essa demanda, surgiram alguns *softwares* comerciais, bem como *softwares* de código aberto baseados em modelagem de imagens ou fotogrametria. O *software* de reconstrução 3D baseado em imagem cria uma nuvem de pontos 3D com posições da câmera derivadas de fotografias não calibradas, em que a ação do *software* se resume a determinar as propriedades geométricas dos objetos a partir de imagens fotográficas. Esse processo requer a comparação de pontos de referência ou a correspondência de pixels em uma série de fotografias. A qualidade e o número específico de fotografias são requisitos necessários para permitir que o *software* processe, combine e triangule a superfície a partir dos recursos visuais e, posteriormente, gere nuvem de pontos 3D. A montagem da estrutura a partir do movimento é uma das técnicas mais comuns na abordagem de modelagem baseada em imagem implementada em diferentes *softwares*.

Desta forma, buscou-se nesse presente estudo, realizar um levantamento e restituição aerofotogramétrica da Igreja de São José das Itaporocacas, primeira igreja matriz de Feira de

Santana, localizada hoje no que seria o Distrito de Maria Quitéria (antiga São José das Itapororocas), que, devido a sua posição e localização na sede desse distrito, torna as condições favoráveis ao levantamento da sua fachada externa. Assim iremos avaliar a aplicabilidade dessa técnica na reconstituição dessa edificação bem como os produtos dela derivadas.

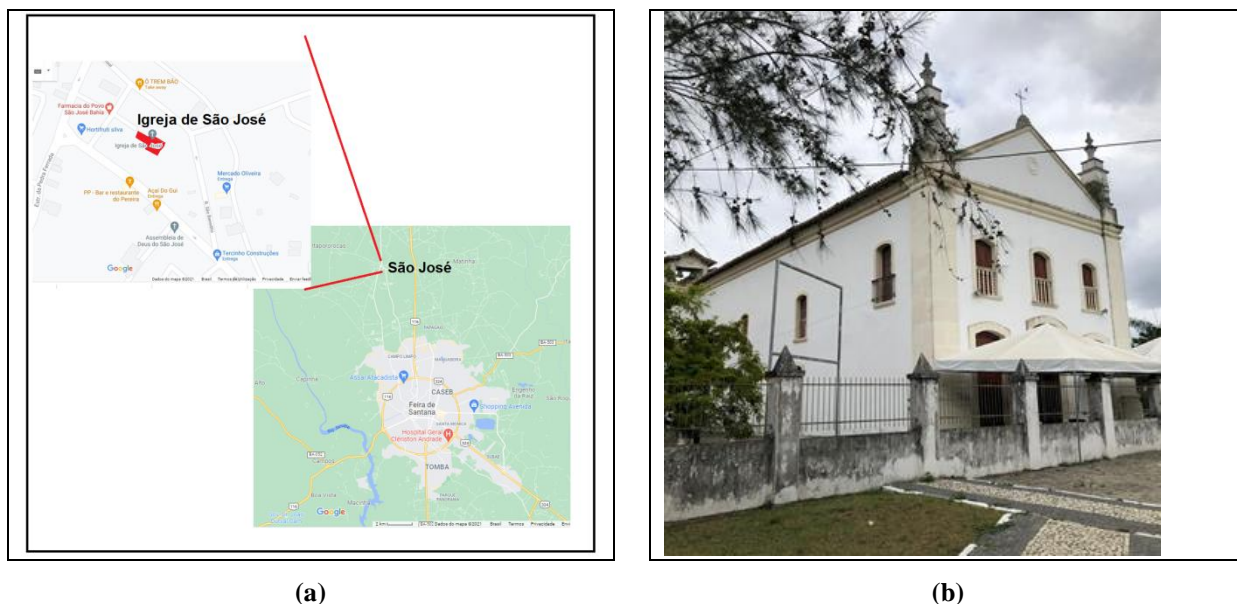
2. A IGREJA E A CIDADE

A Igreja de São José, localizada no Distrito de Maria Quitéria, tem sua história ligada à própria origem de Feira de Santana. A comunidade original era de índios da etnia payayá e que, com a chegada dos sertanistas colonizadores acabaram por desaparecer. A esses índios tem-se a origem do nome original do povoado: São José das Itapororocas, que significa “pedra que faz um grande barulho, pedra que ronca” (POPPINO, 1968). Segundo esse autor, por conta do grande crescimento, decorrente da grande circulação de pessoas e mercadorias com destino ao interior em decorrência desse grande crescimento, a povoação de São José das Itapororocas foi elevada à condição de freguesia (menor divisão administrativa em Portugal e no antigo Império Português, semelhante à paróquia civil) em 1696, por ordem de Dom João Franco de Oliveira, Arcebispo de Salvador. Assim, a paróquia passou a ser denominada São José dos Campos de Itapororoca. Nos primeiros anos do século XVIII, João Peixoto Viegas fragmentou suas terras para vendê-las. Uma dessas fazendas foi comprada justamente pelo Tenente Domingos Barbosa de Araújo e Ana Brandão, e ganhou o nome de Fazenda dos Olhos d’Água. A partir de então, com a feira que se estabeleceu em torno da capela de Sant’Ana e por conta do crescimento econômico fascinante da localidade, Feira de Santana é elevada à categoria de Vila em 1833. Assim, *“Com a criação da Vila Feira de Santana e a instalação da sede municipal em 1833, promoveu-se a transferência da sede paroquial, o que ocorreu pela Lei Provincial nº 234, de 19 de março de 1846, sendo suprimida a paróquia de São José que seria restabelecida pela Lei Provincial de 23 de abril de 1864, no governo de Arcebispo D. Manoel Joaquim da Silveira, da Arquidiocese do São Salvador da Bahia.”* Em 1857, foi criado o Distrito de São José e anexado ao município de Feira de Santana pela resolução provincial 657. Pelo decreto estadual nº 11.089/1938, o município de Feira voltou a denominar-se Feira de Santana e o distrito de São José de Itapororoca passou a denominar-se Maria Quitéria (FREITAS, 2014).

2.1 A Igreja de São José dos Campos das Itapororocas

Assim, salientamos a importância histórica da Igreja de São José no distrito de Maria Quitéria (Figura 1), sendo essa a primeira grande estrutura arquitetônica no município de Feira de Santana. A primeira ocupação das terras ocorre pelos anos 1615. As sesmarias de João Peixoto Viegas datam de 1655 e o ato de concessão já fala da existência da capela, além da casa forte, gado, plantações, sobrado e povoamento (RIOS, 2018). Conforme documentação existente no Arquivo Nacional da Torre do Tombo, em Lisboa, a freguesia de São José foi eclesiasticamente ereta em 1657, criado curato em 1695, sendo confirmada por Alvará Régio de 09 de março de 1696, ano que foi também desmembrada da jurisdição eclesiástica (freguesia) de Cachoeira (POPPINO, 1968). A Igreja de São José dos Campos das Itapororocas é inegavelmente um marco importante da história de Feira de Santana, um verdadeiro registro da história do município.

Figura 1 – Mapa de localização da sede do Distrito de Maria Quitéria (a), com localização da Igreja de São Jose (b) com destaque em vermelho.



Fonte: (a) Goolge Maps; (b) Os autores

3. METODOLOGIA

A implementação e o uso da aerofotogrametria, permite que profissionais de diferentes áreas capturem de forma rápida e fácil modelos de alta qualidade por meio de imagens não

calibradas, capturadas em configurações baratas, sem a necessidade de qualquer hardware especializado ou condições de iluminação cuidadosamente projetadas.

Nesse tipo de atividade de criação de modelos tridimensionais baseados em imagens, o fluxo trabalho segue seis etapas para produzir reconstruções / modelos 3D:

- (1) Aquisição de imagem;
- (2) Detecção, correspondência, triangulação;
- (3) Reconstrução de nuvem de pontos esparsa;
- (4) Geração de nuvens de pontos densa;
- (5) Geração de malha / superfície; e
- (6) Geração de textura

Alguns pacotes de *software* também oferecem edição em nuvem dentro de um único pacote, tornando o usuário independente da capacidade de processamento local. Assim, todo o processo de reconstrução 3D pode ser feito com o suporte de computação baseada em nuvem ou em um PC local; com base no serviço / aplicativo utilizado ou da escolha do usuário.

3.1 O software utilizado

O Metashape (PhotoScan Agisoft Metashape) é um *software* comercial russo de baixo custo, e que reconstrói automaticamente modelos 3D texturizados, com alta precisão, utilizando fotos digitais (métricas e não métricas) de um objeto ou cena, estando disponível nas versões Standard e Pro. Este programa funciona em sistemas operacionais Windows, Mac OS e Linux em um PC local e, portanto, todos os dados permanecem com o usuário.

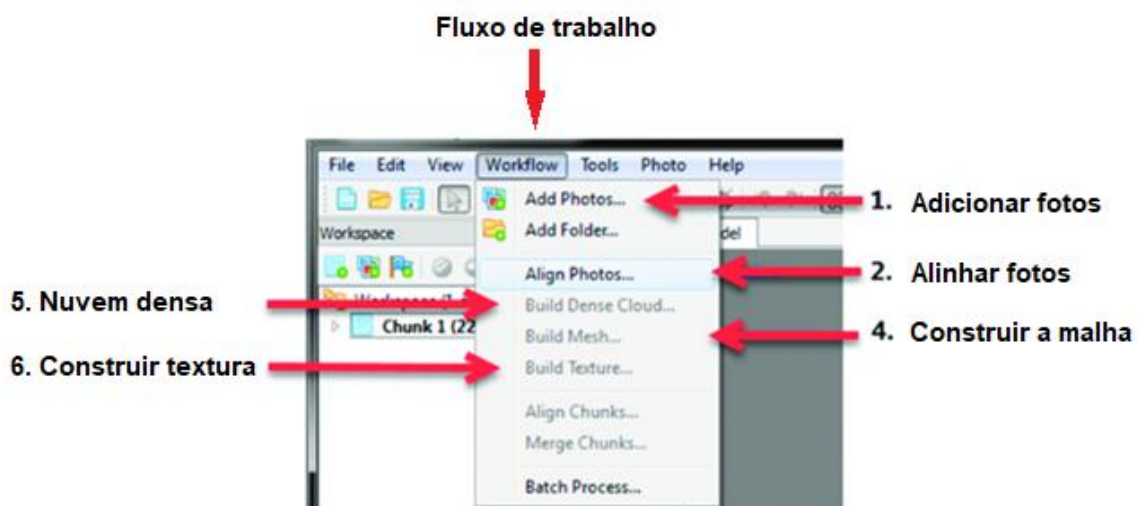
3.2 O processamento

O *software* computa as fotografias, realizando o alinhamento das fotos, segundo o plano de vôo, baseado nas informações posicionais fornecidas pelas coordenadas captadas pelo GPS interno do drone, alinhando as fotos e construindo a geometria da cena, criando uma nuvem de pontos inicial (*Tie Points*). Essa nuvem inicial pode ser editada, eliminando-se pontos desnecessários, cortando ou removendo objetos flutuantes extras antes de criar uma nuvem de pontos mais densa (Figura 2). A nuvem de pontos densa (*Dense Cloud*), é criada por interpolação dos pontos esparsos (*Tie Points*) a qual se pode, nessa etapa do processamento, determinar o grau/nível da interpolação a ser aplicada (normal, média, alta). Em seguida, se cria uma rede de vetores, ligando os pontos, através de uma malha triangular (*mesh*).

Novamente, se pode realizar mais uma eliminação de feições desnecessárias, aperfeiçoando o modelo, o qual já se reconhece a feição do objeto reconstituído, embora a mesma possa ainda apresentar falhas, rugosidades e buracos. A última etapa é a reconstituição da textura, no qual o objeto se apresenta reconstituído em sua totalidade. Eventualmente, a depender do interesse e/ou capacidade do usuário, pode se exportar o objeto para um outro *software* de edição gráfica, para melhorar ou retocar o resultado o final.

O modelo final em 3D pode ainda ser exportado em vários formatos (OBJ, 3DS, VRML, COLLADA, PLY, FBX, DXF, e PDF), e ainda tem a opção de ir para uma nova etapa de edição e renderização em outro *software* de edição gráfica, como o Blender, o Adobe Illustrator , o Unreal Engine ou mesmo o Terragen.

Figura 2 – Apresentação do fluxo de trabalho, em sequencia, do software de processamento das fotografias aéreas



Fonte: os autores

3.4 O drone utilizado

Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizado um drone multirrotor Phantom 4 Pro V2.0 da DJI com controle de vôo.(Figura 3). Esse é um dos drones mais utilizados, devido ao seu custo/benefício. É capaz de gravar vídeos em 4K a 60fps e fotos em 20 MP. Seu sensor de obstáculos em cinco direções oferece segurança extra e o controle remoto conta com uma tela integrada, garantindo controle e precisão, permitindo visualizar em tempo real as fotos que estão sendo obtidas, e um acompanhamento contínuo de todo o processo pelo usuário. Possui uma excelente estabilidade de vôo, apesar de seu tamanho e peso reduzido (1,4 kg). Ele é capaz de resistir a ventos de até 10 m/s (36 km/h), o que é muito importante a

depende da altura do voo, além de ser capaz de chegar a velocidades de até 72 km/h em boas condições, percorrendo distâncias de até 7km, funcionando por até 30 minutos com uma única carga (bateria). Está equipado com uma câmera provida de uma lente grande-angular otimizada com f/2.8.

Figura 3 - Phantom 4 Pro V2.0 da DJI com controle de voo



Fonte: <https://www.dji.com/br/phantom->

4 RESULTADOS

O levantamento foi realizado dia 19/06/2021 (sábado), aproveitando uma janela de tempo com Sol, sendo o inverno um período chuvoso na região de Feira de Santana e que, devido às características do aparelho (tamanho, peso, circuitos elétricos expostos) não é recomendável realizar atividades em dias em que ocorram precipitações pluviométricas (Figura 4).

Foi feito o plano de voo, através do aplicativo Drone Deploy, onde se delimitou a área a ser levantada (Figura 4(a)) e, em seguida transferido para o drone. Na figura 4(b), podemos observar a montagem do drone no pátio da igreja. Na Figura 5 vemos o drone sobrevoando a igreja, seguindo o plano de voo. Na tabela 1, podemos verificar algumas informações fornecidas sobre o voo realizado.

Tabela 1 – Características do voo realizado dia 19/06/2021

Características do voo	
Equipamento	Phantom 4-DJII
Altura do voo	45 m
GMS/resolução	1,9 cm/pixel
Duração do voo	5' 48"
Número de fotografias	79

De volta ao laboratório, as fotos foram transferidas do cartão de memória para o computador e serem processadas pelo software, seguindo as etapas descritas no ítem 3.2

Figura 04 – Coleta de imagens através de voo aerofotogramétrico com drone Phantom 4, dia 19/06/2021.

(a) Plano de voo (b) Montagem do drone multirotor.



Figura 5 – Voo do drone sobrevoando a Igreja de São José das Itapororocas (circulado em vermelho), realizando o levantamento aerofotogramétrico.



Fonte: os autores

Na Figura 6 e 7, pode se observar as diferentes etapas da reconstituição aerofotogramétrica da Igreja de São José.

Figura 6 – Produtos gerados pelo processamento das imagens coletas no vôo aerofotogramétrico. (a) e (b) Nuvem de pontos esparsa (*Tie Points*); (c) e (d) Nuvem de pontos densa (*Dense Cloud*), frontal e lateral.

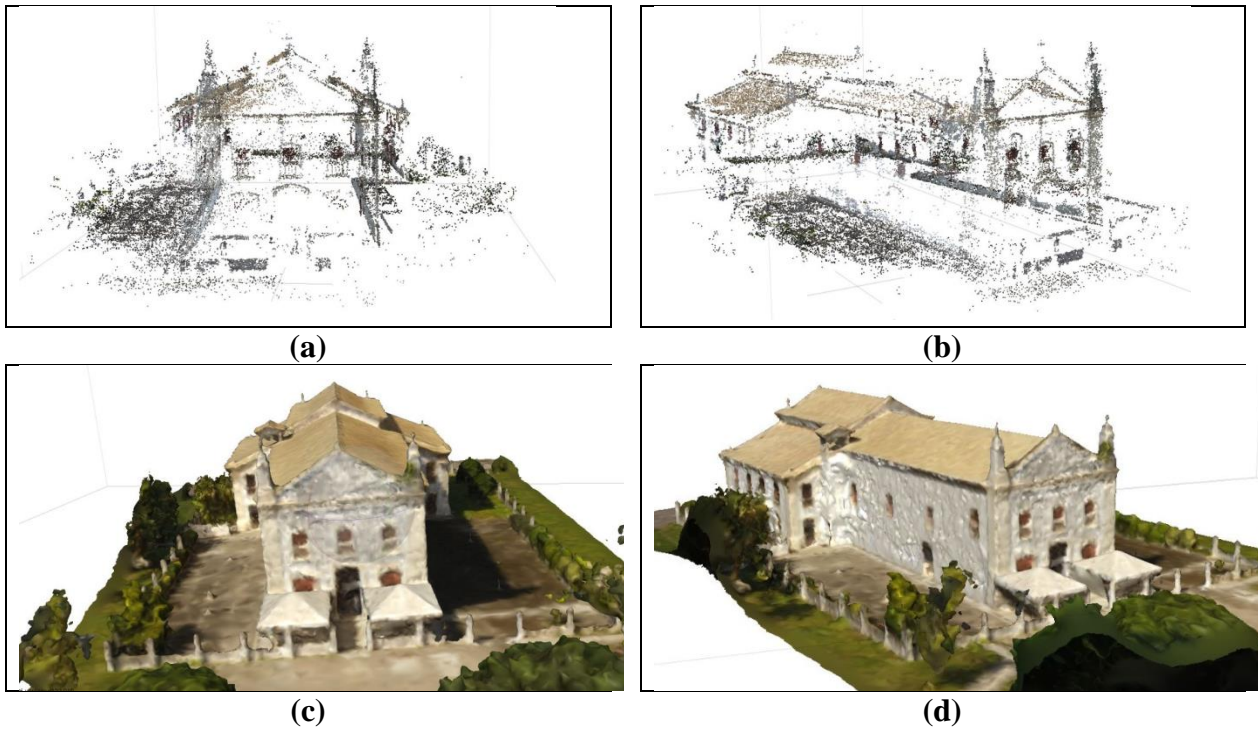
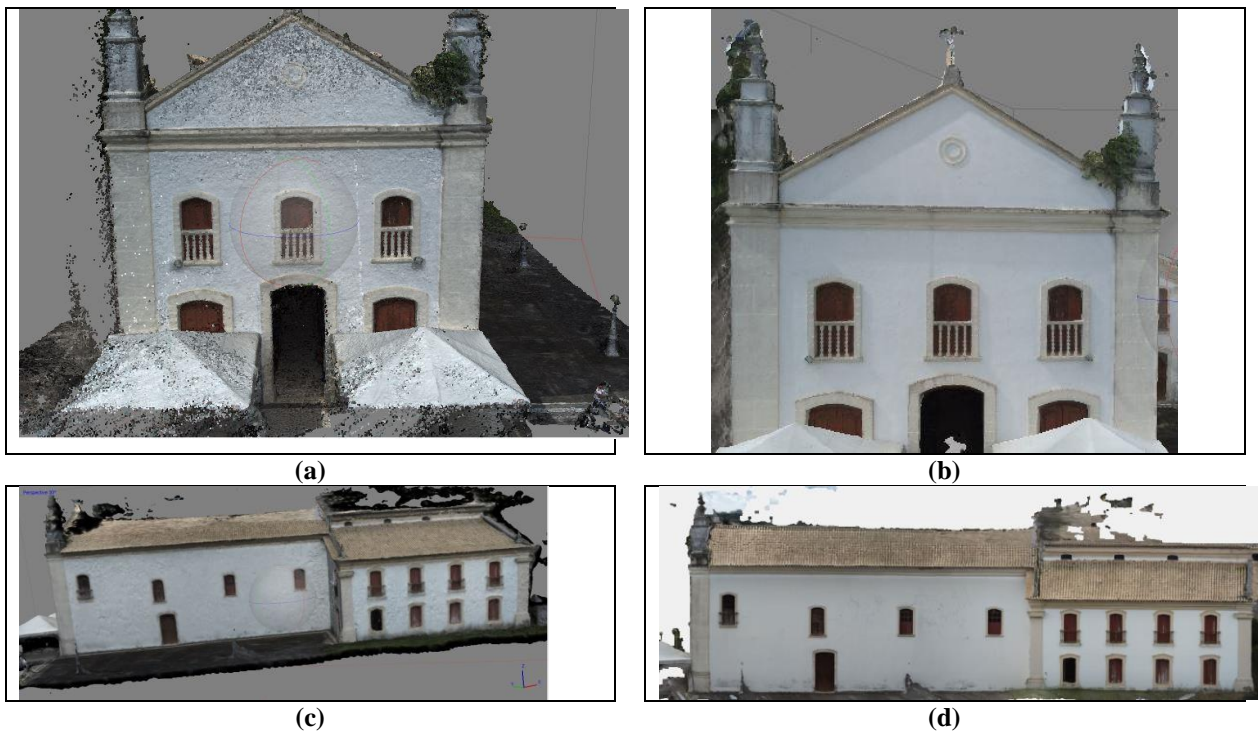


Figura 7 – Produtos gerados pelo processamento das imagens coletas no vôo aerofotogramétrico. (a) e (c), imagem frontal e lateral da Igreja de São José com o formato de nuvem densa (*Dense Cloud*); (b) e (d) Imagem texturizada.



5 CONCLUSÕES

O processo de obtenção de dados e da modelagem 3D da Igreja de São José das Itaporocas, descrito neste artigo, mostra um exemplo de como é possível fazer um levantamento em um curto espaço de tempo e então gerar a restituição fotogramétrica de um prédio histórico, fortemente conectado com a paisagem ao seu redor. O nível de detalhamento do levantamento e a precisão na medição obtida nesta operação não são suficientes para monitorar as estruturas do monumento, mas, ao mesmo tempo, são suficientes para criar um modelo 3D representativo e exaustivo da estrutura arquitetônica, útil para a fruição e a difusão de conhecimento do bem cultural, assim como das especificações necessárias para sua documentação. Este modelo também é compatível para carregamento em aplicativos interativos 3D e Sistemas de Informações Geográficas *online*, que são muito úteis para compartilhar modelos na *web*. Na verdade, a documentação e a distribuição da informação digital de um bem cultural é uma tarefa fundamental para melhorar a conservação de todo patrimônio histórico.

Certamente, a precisão posicional do levantamento poderia ser aumentada usando uma rede topográfica de referência no nível, com um GPS geodésico. Mas, por problemas técnicos, devido à pandemia, optou-se por utilizar apenas o GPS embutido no drone e aceitar suas configurações. Os resultados desta experimentação podem ser considerados uma referência para casos semelhantes orientados para a valorização de um bem cultural.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Mariana; CASADO, Tatiana C. A aplicação da fotogrametria em patrimônio Capixaba: a fachada da Igreja de São Gonçalo, Vitória, ES. **Anais do V Seminário Ibero-Americano Arquitetura e Documentação** Belo Horizonte – de 24 A 26 de Outubro de 2017.

FREITAS, Nacelice Barbosa. O descoroamento da Princesa do Sertão. **Tese de Doutorado em Geografia**. Aracajú: UFS, 2014.

KUO, Vanessa Sosnierz; AMORIM, Arivaldo Leão de. Levantamento fotogramétrico de 14 edificações: principais limitações encontradas na modelagem geométrica da Igreja do Monte, em Cachoeira – BA. In: Arq.Doc_2010 - Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o Uso de Tecnologias Digitais, 2010, Salvador. **Anais Arq.Doc_2010**. Salvador: FAUFBA, 2010. v. 1.

McCARTHY, J.; Multi-imagephotogrammetry as a practical tool or culturall heritage survey and community engagement. **J. Archeol. Sci.** v. 43, 2014, pag. 175-185 (2)

POPPINO, Rollie E. **Feira de Santana**. Salvador: Itapuã, 1968

RIOS, Matheus. **São José das Itaporocas (Maria Quitéria): passado e presente**. Em 17 de dezembro de 2018. < <https://feirenses.com/sao-jose-das-itaporocas/>> . Acessado em 14/02/2020

SALONIA, P.; SCOLASTICO, S.; POZZI, A.; MARCOLONGO, A. Leti Messina, T. Multi-scale cultural heritage survey: quick digital photogrammetric systems. **J. Cult. Herit.**, 10S, 2014, e59-e64.

SCIANNA, A.; LA GUARDIA, M. Survey and photogrammetric restitution of monumental complexes: issues and solutions - the case of the Manfredonic Castle of Mussomeli. **Heritage**, v. 2, 2019, pag. 774-786.

SIEBERT, S.; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **J. Archeol. Sci.** v. 41, 2014, pag. 1-14.

SILVA, Gabriela Linhares da; SILVEIRA, Melina Monks da; SANTOS, Karoline Broering; HEIDTMANN Jr., Douglas Emerson D. Utilização da Fotogrametria Digital no Levantamento do Patrimônio Edificado De Laguna. **Anais do 27º Seminário de Iniciação Científica da UDESC**. Florianópolis: UDESC. 2017.

VACCA, G.; SACCO, A. The use of nadir anf oblique UAV image for building knowledge. **ISPR Int. J. Geo-Inf.** V,6, 2017, pag. 393