

Experiências de estudos de bens culturais de Mato Grosso utilizando HBIM e fotogrametria

Experiences in the study of cultural heritage in Mato Grosso using HBIM and photogrammetry

¹Luciana Pelaes Mascaro, ²Luciane Cleonice Durante

¹Professora Dra.do Depto. de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, FAET, Cuiabá-MT (mascaro.luciana@gmail.com)

²Doutora em Física Ambiental, Professor Associada IV da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Correa da Costa, 2367, FAET, Cuiabá-MT, (luciane.durante@hotmail.com)

RESUMO: Uma edificação histórica é parte do patrimônio material de uma sociedade e necessita de intervenções ao longo do tempo que garantam a sua preservação. Para implementar essas ações de forma planejada, devem ser realizados levantamentos de seu estado de conservação, em grau e detalhamento que variam conforme o valor histórico, finalidade e complexidade. As técnicas tradicionais de realização desses levantamentos, apoiadas em vistorias, medições, fotografias e registros 2D vem sendo, hodiernamente, substituídas por ferramentas digitais de captura de imagens e construção de modelos apoiados na plataforma BIM. Este artigo tem por objetivo discutir processos de levantamento com tecnologias inovadoras de captura da realidade - fotogrametria, geração de nuvens de pontos, modelagem 3D. A metodologia consistiu na análise das etapas executivas de três estudos que utilizaram diferentes técnicas para consolidar um roteiro de boas práticas de exequibilidade para cada uma delas. A contribuição se dá no fornecimento de subsídios para aplicação em trabalhos futuros, considerando o contexto do estado de Mato Grosso.

Palavras-Chave: Ruína. Diagnóstico. Patrimônio.

ABSTRACT: A historic building is a part of society's material heritage and requires interventions over time to ensure its preservation. To do these actions, surveys of their conservation conditions must be carried out, in a degree and detail that corresponds to the historical value, orientation, and complexity. The traditional techniques for carrying out these surveys, based on inspections, measurements, photographs, and 2D design, have been replaced by digital tools for capturing images and building models supported on the BIM platform. This article aims to discuss survey processes with innovative reality capture technologies - photogrammetry, generation of point clouds, and 3D modeling. The methodology consisted of analyzing the executive stages of three studies that used different techniques to consolidate a roadmap of good practicability practices for each one of them. The contribution is made by providing rewards for application in future work, considering the context of the state of Mato Grosso.

Keywords: Ruins. Diagnosis. Patrimônio.

1. INTRODUÇÃO

Entende-se por patrimônio cultural, os bens “de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira” (BRASIL, 1988).

Este estudo tem como foco o patrimônio material mato-grossense de natureza imóvel, como as cidades históricas, sítios arqueológicos e paisagísticos e bens individuais; e móvel, como coleções arqueológicas, acervos museológicos, documentais, bibliográficos, arquivísticos, videográficos, fotográficos e cinematográficos (IPHAN, s/d). Mais especificamente, trata de aspectos de levantamento de uma edificação histórica tombada, de um sítio arqueológico e de artefatos arqueológicos provenientes de sítios diversos.

Todo o patrimônio material necessita de ações que garantam sua conservação ao longo do tempo. Assim, em se tratando de patrimônio móvel, há a necessidade de locais adequados

de guarda dos acervos e, em se tratando do patrimônio imóvel, fazem-se necessárias ações de manutenção. Segundo BRASIL (2005), algumas etapas devem ser seguidas para executar ações de manutenção para o patrimônio edificado. Dentre elas, as primeiras são a Identificação e Conhecimento do Bem, o Levantamento Físico e a Análise tipológica e, o Diagnóstico, com as etapas de Mapeamento de Danos, Análises do Estado de Conservação, Estudos Geotécnicos e Ensaio e testes.

O Levantamento Físico compreende as atividades de leitura e conhecimento da forma da edificação, obtidos por meio de vistorias e levantamentos, representados gráfica e fotograficamente em campo. Entre a análise tipológica e o diagnóstico há a etapa de prospecção arquitetônica. A análise tipológica mostrará as modificações dos elementos que foram acrescentados a edificação original pela observação realizada no levantamento físico, consolidando, assim, a prospecção arquitetônica por meio da observação do estado de conservação e alterações realizadas na edificação.

O Diagnóstico é a etapa de consolidação dos estudos e pesquisas anteriormente realizados, na medida em que complementa o conhecimento do objeto, analisando de forma pormenorizada determinados problemas ou interesses específicos de utilização do Bem. O Diagnóstico subsidia toda e qualquer ação de intervenção no sentido de manter a integridade do bem.

Tradicionalmente, as técnicas utilizadas para o Levantamento Físico consistem em vistorias e levantamentos, representados graficamente com a utilização de editores de desenho para a produção de plantas baixas, cortes e elevações e, fotograficamente (BRASIL, 2005). Esses métodos possuem limitações para levantamentos de formas mais complexas e irregulares e de precisão, além de exigir contato direto do levantador com a edificação, o que pode representar risco, em caso de instabilidade estrutural do bem (GROETELAARS, 2015). Ademais, os desenhos são elaborados individualmente em plataformas CAD, o que pode gerar inconsistências nos registros, exigindo trabalho de conferência, compatibilização, correção, perda de informação e precisão decorrentes da representação 2D.

A evolução técnica que se apresenta nesta área de estudo é o uso da plataforma BIM, denominado HBIM - *Historic Building Information Modeling*, uma nova abordagem para a documentação e modelagem de estruturas históricas, em que o processo começa com a coleta remota de dados de pesquisa usando um *scanner a laser* terrestre combinado com câmeras digitais (ROSSATO, 2020). Uma variedade de programas de *software* é então usada para combinar a imagem e a data da digitalização. O diferencial inovativo se encontra no fato de que o processo se dá a partir de um modelo tridimensional de nuvem de pontos, resultante do escaneamento *laser* em 3d. Por conseguinte, a este passo serão realizadas modelagens através de software BIM, como o Autodesk Revit 2020. Acerca do escaneamento laser em 3D, Novaes (2018) afirma que é uma técnica que atende a diversas situações de levantamento e de objetos de diversos tipos, dimensões e complexidade variados, de esculturas a centros históricos.

Os modelos gerados em HBIM subsidiam as etapas sequenciais das ações de preservação do bem, seja um projeto de restauro, avaliação do estado de conservação dos materiais e do sistema estrutural, identificação dos agentes degradadores, caracterização dos danos de fundação e danos estruturais, dentre outras. Diversos autores têm descrito o uso da tecnologia 3D *Laser Scanning* e fotogrametria aplicadas às edificações, tais como Boehler, Heinz e Marbs (2001); Dezen-Kempton et al. (2015); Groetelaars (2015); Canuto, Moura e Salgado (2016); Apollonio, Gaiani e Sun (2017); Pratschke (2019) e Rossato (2020), dentre outros.

No contexto do estado de Mato Grosso, local de realização desse estudo, destacam-se os trabalhos de Lima, Fabricio e Pratschke (2019), Pimenta (2021) e Mascaro (2021), Mascaro et al. (2021), Ribeiro, Volpato e Mascaro (2021) e Oliveira (2022). Esses autores

afirmam que a utilização de tecnologias mais eficientes e ágeis, como o HBIM, embora ainda incipientes, são essenciais numa região como a do território mato-grossense, devido às suas proporções territoriais e a riqueza de seu patrimônio cultural;

A título de exemplo sobre a amplitude do patrimônio mato-grossense, registra-se que o estado conta com cerca de 2.000 sítios arqueológicos; 38 povos com línguas, costumes, cosmogonia, cerâmica, arte plumária e objetos de palha e arquitetura (nem todos registrados), três núcleos urbanos antigos, bens móveis e imóveis isolados tombados, totalizando cerca de 3.000 itens; e sete modos de expressão e saberes registrados como bens imateriais. Apesar da diversidade e da riqueza que compõe o universo cultural mato-grossense, muitos fatores fragilizam sua conservação, dentre os quais podem ser citados as mudanças climáticas, a ocupação do território por agropecuária, o desmatamento, a construção de obras de infraestrutura como hidrelétricas, a exploração de minérios, os órgãos de preservação com penúria de recursos financeiros e humanos e, principalmente, a insuficiência de políticas públicas voltadas para a perpetuação desse patrimônio.

Considerando que o patrimônio cultural é referência identitária de grupos humanos diversos, que a teoria da conservação e restauro nos ensina que a todos se coloca o “*imperativo moral da conservação*” (BRANDI, 2004, p. 31) e que um dos aspectos mais importantes da conservação é a “*sua transmissão para o futuro*” (BRANDI, 2004 p. 30), é fundamental que todas as medidas possíveis sejam tomadas no sentido de conservá-lo. Portanto, se justifica que sejam estudadas e disseminadas, além das formas clássicas, também as novas formas de registro do patrimônio, pois fomentam sua resiliência diante dos riscos existentes.

Diante desse contexto, este artigo tem por objetivo discutir processos de levantamento com tecnologias inovadoras de captura da realidade - escaneamento laser 3D, fotogrametria, geração de nuvens de pontos, modelagem 3D - aplicadas ao levantamento e registro de bens patrimoniais mato-grossenses. Como objetivos específicos apresentam-se descrever os levantamentos realizados: i) em uma edificação no Centro Histórico de Cuiabá, conhecida como Casa Procon; ii) nas ruínas do Arraial de São Francisco Xavier da Chapada, construído no início do século XVIII, localizado no município de Vila Bela da Santíssima Trindade; e, iii) em objetos arqueológicos que são parte do acervo do Instituto Homem Brasileiro (IHB).

O estudo contribui com o aprofundamento das pesquisas sobre o patrimônio cultural mato-grossense e seus suportes, bem como da necessidade de experimentar a utilização de novas metodologias digitais e colaborativas voltadas à sua conservação, bem como disseminar conhecimento sobre esses novos recursos.

2. MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia é qualitativa, no sentido de que se propõe a atingir seu objetivo por meio da análise diferentes técnicas de levantamento e registro de três objetos de estudo que se constituem em patrimônios materiais. Essas técnicas são o levantamento do objeto a partir do escaneamento a laser 3D e a partir da fotogrametria. As análises foram subsidiadas por dados secundários de Mascaro et al. (2021), Mascaro (2021), Oliveira (2022), Pimenta (2021) e Ribeiro, Volpato e Mascaro (2021). Os três objetos de estudo foram descritos abaixo bem como sua respectiva técnica de levantamento:

A edificação conhecida como Casa Procon fica situada no Centro Histórico de Cuiabá, Mato Grosso (Figura 1); foi propriedade de Paulo Murinho até meados de 2002, quando faleceu sem deixar herdeiros; em 2011, foi incorporada aos bens da Prefeitura Municipal de Cuiabá (QUEIROZ, 2014); foi um dos edifícios contemplados pelo PAC Cidades Históricas, programa federal instituído em 2013 e que visava conservar o patrimônio brasileiro em 44 cidades brasileiras tombadas pelo Iphan. O Centro Histórico foi tombado pelo Iphan em 1992

(BRASIL, 1992), pois nele ainda resiste um conjunto de edificações em taipa e adobe construído a partir do século XVIII com descoberta de ouro e instalação dos bandeirantes na região (SIQUEIRA, 2002). A escolha da Casa Procon como objeto de estudo se justifica pelo seu significado e pelo seu precário estado de conservação, que requeria diagnóstico urgente. É válido destacar que, atualmente, o Centro Histórico está em processo de degradação sendo que dos cerca de 400 imóveis em seu perímetro de tombamento, cerca de 50 estão em risco de colapso. Um número ainda maior necessita de intervenção projetual e construtiva, conforme dados levantados em 2019 (MASCARO, 2022). Assim, Mascaro et al. (2021) e Ribeiro, Volpato e Mascaro (2021) tiveram por objetivo realizar o levantamento, o registro, o diagnóstico do estado de conservação da edificação e a elaboração dos mapas de danos. A chamada Casa Procon foi levantada por Pimenta (2021) a partir de escaneamento a laser 3D;

Figura 1 – Edificação conhecida como Casa Procon, no Centro Histórico de Cuiabá-MT, à Rua Pedro Celestino.

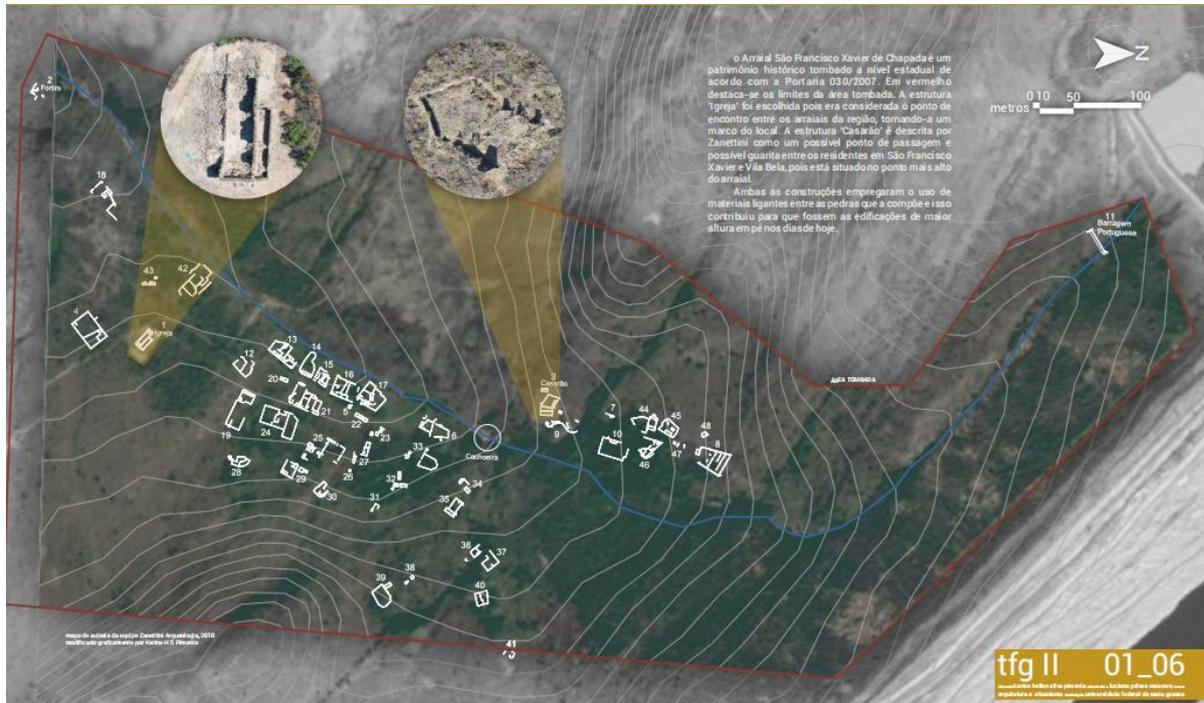


Fonte: Mascaro et al. (2021).

i) O Arraial de São Francisco Xavier da Chapada compõe o conjunto de uma dezena de arraiais de mineração surgidos no início do século XVIII no topo da Serra da Borda (ou Serra de São Vicente), no município de Vila Bela da Santíssima Trindade, em Mato Grosso (Figura 2). Esses arraiais foram notados pela Comissão Rondon em 1917 e estudados por Migliacio (2011), Zanettini (2006) e Trancoso (2013), entre outros. O estabelecimento desses arraiais está associado também à expansão do território da colônia portuguesa à Oeste. A importância de seu estudo se baseia, inclusive, nas relações sociais e de trabalho estabelecidas entre indígenas e negros escravizados e brancos, que resultaram na construção dos arraiais e na modificação da paisagem local. Autores relatam o gradativo abandono dos arraiais a partir da fundação de Vila Bela da Santíssima Trindade, em 1752, até meados do século XIX (MIGLIACIO, 2011). Na década de 1990, o conjunto já estava em ruínas. Devido a sua importância arqueológica e histórica, o Arraial de São Francisco Xavier de Chapada é protegido em nível estadual e federal; foi inserido no Cadastro Nacional de Sítios Arqueológicos (CNSA) em 2010 e está em processo de tombamento (MIGLIACIO, 2011). O arraial possui mais de 40 vestígios de edificações em alvenaria de pedras com fiadas de regularização, onde se pode observar travamentos, cunhas e calços (ROSA, 2013, p. 13); algumas utilizam argamassa e outras são construídas com pedras simplesmente empilhadas;

todas em ruínas. Dentre estas ruínas, duas melhor conservadas foram escolhidas como objeto de estudos: a Igreja e o Casarão e foram levantadas a partir da técnica da fotogrametria.

Figura 2 – Área tombada e ruínas do Arraial de São Francisco Xavier da Chapada, com destaque para as ruínas da Igreja e do Casarão.



Fonte: Zanettini (2011) adaptado por Pimenta (2021).

ii) Em paralelo com o trabalho voltado às edificações descritas, houve a oportunidade de aplicar a técnica de levantamento a partir da fotogrametria a bens móveis (OLIVEIRA, 2022). Um conjunto de objetos arqueológicos - composto por oito artefatos de materiais diversos, sendo dois pequenos recipientes de vidro, três vasos e um cachimbo de cerâmica e duas pontas de machado de pedra - provenientes de diversos sítios arqueológicos mato-grossenses foram disponibilizados para o estudo pelo Instituto Homem Brasileiro (IHB) (Figura 3). Foi possível constatar que artefatos de características diferentes requerem tratamentos diferentes para que o resultado do processo seja satisfatório. Nesta parte do estudo, portanto, a partir da fotogrametria, foram modelados pequenos objetos e os resultados foram comparados à modelagem de objetos grandes e imóveis, como edificações.

Figura 3 – Conjunto de objetos arqueológicos mato-grossenses sob a guarda do Instituto Homem Brasileiro (IHB).



Fonte: Mascaro et al. (2021); Oliveira (2022).

A referida análise da aplicação das técnicas de levantamento e captura de imagem para os registros dos objetos de estudo foi estruturada considerando: i) apresentação do histórico e/ou dados importantes sobre os objetos de estudos, para esclarecer sobre a sua natureza e sua relevância como patrimônio cultural, utilizando revisão de referências (bibliográficas, iconográficas, documentos primários e outros); e, ii) a descrição dos métodos utilizados, com posterior comparação dos resultados, em termos de exequibilidade e perspectivas de utilização no contexto da realidade do estado de Mato Grosso.

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

3.1 Levantamento e modelagem a partir de escaneamento laser 3D: A Casa Procon

A primeira etapa do trabalho na Casa Procon foi realizada em setembro de 2020, com o escaneamento da edificação, utilizando-se de equipamento a laser em 3D, da marca Topcon, com apoio técnico da empresa Embratop Geo-Tecnologias Ltda. Essa tecnologia possibilita efetuar uma varredura precisa e rápida das superfícies dos objetos. Mais especificamente, o seu funcionamento é baseado na emissão e reflexão do feixe de laser na direção do objeto a ser registrado e, quando este atinge uma superfície, parte do laser reflete na direção do sensor, permitindo a mensuração da distância (GROETELAARS, 2015). Esse processo é feito repetidamente até se completar a varredura total da superfície, resultando em um modelo chamado de “nuvem de pontos” ou *point cloud*. O produto gerado a partir do escaneamento da Casa Procon possuía um número de pontos muito elevado, o que exigiu que fosse processada - ou simplificada - pelos técnicos da empresa colaboradora. Após esse procedimento, o arquivo com formato e tamanho adequados foi disponibilizado à equipe da UFMT para que os estudos tivessem início.

Para visualizar o resultado do escaneamento utilizou-se o software da plataforma BIM chamado Revit, que trabalha com nuvens de pontos em formato “. rcs” (Random Control Scene) ou “. rcp” (Rich Chart Builder Project). Consoante com Groetelaars (2015, p. 320) “verificou-se que é possível e vantajoso realizar a modelagem BIM dos principais elementos construtivos diretamente sobre a ‘nuvem de pontos’ no Revit”. Assim, após a abertura e visualização do *point cloud*, optou-se pela elaboração de um modelo digital da edificação a partir dos métodos convencionais no software Revit, tendo como referencial o resultado do escaneamento a laser em 3D. Esse procedimento foi registrado apresentado em detalhes por Ribeiro, Volpato e Mascaro (2021. p. 8).

O passo seguinte foi realizar o seccionamento ou cortes da nuvem de pontos e o ajuste das superfícies geradas pelos cortes. A partir desse procedimento obtiveram-se seis cortes longitudinais e dez cortes transversais, que foram usados para gerar elementos construtivos, abrir vãos de portas e janelas e identificar sistemas, materiais de construção e danos encontrados na edificação. Em seguida, os cortes foram exportados *software* AutoCad para sequência ao trabalho de elaboração das fichas de danos (RIBEIRO, VOLPATO e MASCARO, 2021. p. 9-10).

A nuvem de pontos se mostrou muito útil para visualizar as características da edificação, desde que seja aberta em software adequado, pois o conjunto de pontos da nuvem desfavorece a compreensão de superfícies e volumes. Assim, para aprofundar o trabalho de identificação visual de materiais e danos, a nuvem de pontos foi aberta no *software* Recap PRO da Autodesk. Associando imagens do Recap PRO com os cortes exportados da nuvem de pontos para o AutoCad, foi possível dar início ao processo de identificação de diferentes cores e texturas, correspondentes aos materiais e danos da edificação (RIBEIRO, VOLPATO e MASCARO, 2021, p. 10-11).

A etapa de elaboração das fichas de materiais e de danos foi realizada tendo como referência o sistema normativo proposto por Corrêa e Tirello (2021) e a norma italiana

UNI1182 (RIBEIRO, VOLPATO e MASCARO, 2021. p. 11-12). Foram elaborados três tipos de fichas: i) de identificação de materiais, ii) de identificação de danos e iii) de detalhes de danos, resultando em um material com informações detalhadas sobre a edificação (RIBEIRO, VOLPATO e MASCARO, 2021, p. 13-15). Posteriormente, foram realizadas visitas técnicas para solucionar dúvidas que não puderam ser resolvidas a partir da nuvem de pontos.

O produto do trabalho contém o diagnóstico da Casa Procon, do qual fazem parte a nuvem de pontos (Figura 4) e o corte dela derivado (Figura 5) e as fichas de seu estado de conservação, elaborados em plataforma BIM. À medida que se identificava os materiais, foi realizada análise histórica das intervenções ocorridas no imóvel ao longo do tempo.

Figure 4 – Nuvem de pontos da Casa Procon obtida por meio de escaneamento a laser 3D.



Fonte: Mascaro et al. (2021).

Figure 5 – Um dos cortes gerado a partir da nuvem de pontos para identificação de materiais e de danos.



Fonte: Mascaro et al. (2021).

3.2 Levantamento e modelagem a partir de fotogrametria: As ruínas

O levantamento e a modelagem das ruínas do Arraial de São Francisco Xavier da Chapada foram feitos a partir da técnica de fotogrametria, que pode ser definida como *"uma técnica que permite extrair das fotografias, as formas, as dimensões e as posições do objeto"* (GROETELAARS, 2015, p. 68). Essa técnica foi adotada pelo fato de não se dispor do scanner laser 3D, porém, a mesma se mostrou suficiente para o trabalho de registro e modelagem de edificações. As edificações levantadas foram as da “igreja” (Figura 6) e a do “casarão” (Figura 7).

Em 2021, foram realizadas duas visitas técnicas ao local, em julho e em dezembro. Em julho, uma equipe de professores, arqueólogos e alunos realizaram trabalhos de observação e levantamento fotográfico do sítio, da “igreja” e do “casarão”. O período de seca favoreceu o trabalho, pois não havia abundância de vegetação nas imediações das edificações. Foi possível observar rachaduras, infestações de insetos e raízes de vegetações instaladas em ambas as ruínas. Além disso, foi dado início ao levantamento fotográfico terrestre e aéreo, com auxílio de um drone (PIMENTA, 2021, p. 2). Em dezembro, foi realizado um levantamento fotográfico complementar, que auxiliou na identificação dos danos, pois mostrou que raízes de plantas aparentemente mortas haviam rebrotado, demonstrando um quadro mais preciso do comprometimento das estruturas de pedra. Esse segundo levantamento serviu, também, para eliminar dúvidas que surgiram após o primeiro levantamento (PIMENTA, 2021, p. 2).

Figura 6 – Ruínas da Igreja e sua alvenaria de pedras, no Arraial de São Francisco Xavier da Chapada.



Fonte: Pimenta (2021).

Figura 7 – Ruínas do Casarão com alvenaria de pedras simplesmente empilhadas.



Fonte: Pimenta (2021).

Os levantamentos fotográficos foram realizados de acordo com metodologias pré-determinadas. O terrestre consistiu em percorrer o perímetro ao redor da edificação, mantendo a mesma distância do objeto, a câmera paralela ao plano das paredes externas e tirando cada fotografia com uma porção de recobrimento em relação à tomada anterior. O aéreo, percorreu um perímetro fixo ao redor da edificação, com a câmera posicionada a 45 graus em relação ao plano das paredes externas, de maneira a captar imagens dos topos das paredes e do interior das edificações. Após os levantamentos, as fotografias com interferência externa como pessoas, galhos de árvore e folhas foram manipuladas digitalmente para não comprometer o modelo final (PIMENTA, 2021, p. 2).

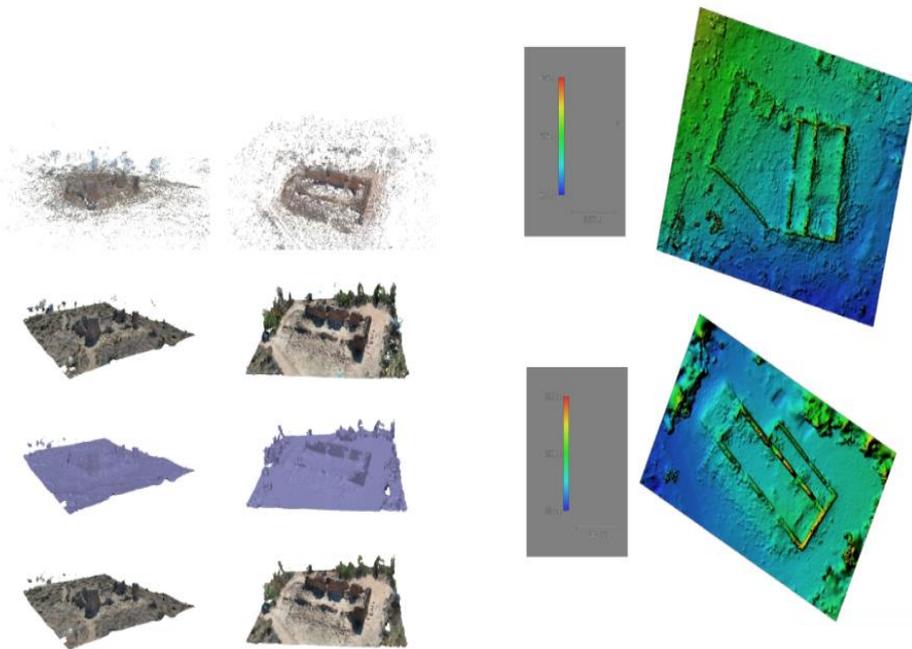
Deve-se observar também as condições climáticas, no caso de ensaios em áreas externas. Dias nublados são perfeitos pois não produzem sombras tão marcadas e, ainda assim, têm uma boa quantidade de luz. Porém, nuvens que se movem geram alternância entre sombras e luzes, o que é prejudicial (LACHAMBRE, LAGARDE e JOVER, 2017, p. 17-19). Deve-se evitar também a chuva, pois ela altera a aparência das superfícies ao longo do tempo, impossibilitando a correspondência de *pixels* por conta dos reflexos da umidade. Além disso, deve-se evitar o vento, pois interfere no ambiente e faz com que objetos leves e elementos ao fundo se movam.

Em seguida, as fotos foram inseridas no *software* PhotoScan que, realizando a identificação de pontos comuns capturados em cada foto, é capaz de gerar nuvens de pontos. Foram geradas uma nuvem de pontos esparsa e uma densa, sendo que a esparsa foi usada para gerar a triangulação, ou seja, a malha que representa as superfícies da edificação. Convém esclarecer que nuvens de pontos são compatíveis com os *softwares* AutoCAD e REVIT (BIM), possibilita a extração de cortes e vistas, viabiliza a percepção de danos e de materiais construtivos e de desníveis presentes nas estruturas. Por outro lado, a malha triangulada permite a obtenção de dados geométricos da volumetria, como medidas, textura e espacialidade e permite a inserção ou extração de elementos, como esquadrias, apoios e outros

(PIMENTA, 2021, p. 2). Ao final desse processo, obteve-se o modelo digital 3D da Igreja e do Casarão (Figura 8).

A etapa seguinte foi a realização dos mapas de danos das paredes e dos pisos da Igreja e do Casarão - processo semelhante ao que foi feito para a Casa Procon - para a identificação de problemas estruturais, como desabamentos, trincas e fissuras; ataques biológicos, como vegetação, raízes, cupins, insetos, líquens e outros (PIMENTA, 2021, p. 3-4). Além desse levantamento, registro e modelagem das edificações escolhidas do arraial de São Francisco Xavier da Chapada, foi possível avançar para a etapa de projeto de escoramento emergencial das duas ruínas em Pimenta (2021).

Figura 8 – Processamento das imagens para obtenção do modelo digital 3D: geração da nuvem de pontos, da malha triangulada, da ortofoto e do mapa de elevação.



Fonte: Pimenta (2021).

Os mapas de danos e as observações *in loco* revelaram graves danos às estruturas dos objetos de estudos, tais como trincas com potencial para fragilizar a estabilidade das paredes, grandes cupinzeiros e raízes entranhadas nos vãos da alvenaria pedras. É possível que, tanto os cupinzeiros quanto as raízes estejam contribuindo para manter certas porções de parede agregadas. Porém, ao mesmo tempo, conforme crescem, podem desestabilizar completamente essas mesmas paredes. Assim, nesta última etapa do trabalho, foi realizado um projeto de escoramento emergencial das estruturas, utilizando peças de madeira serrada para constituir uma trama de apoio para as paredes e telados sintéticos (sombrite) para proteger as pedras soltas que ainda se equilibram nos topos das paredes. A modelagem tridimensional gerada pela fotogrametria permitiu que as escoras fossem posicionadas nas cotas adequadas, com altura e inclinação coerentes com as paredes a serem apoiadas. Além disso, a possibilidade de visualizar e simular o projeto completo, em 3D, do escoramento emergencial, permite avaliar aspectos positivos e negativos da proposta de intervenção antes de realizá-la (PIMENTA, 2021, p. 5-6). Poder visualizar, simular e avaliar intervenções dessa natureza em artefatos de valor cultural insubstituíveis significa minimizar riscos e potencializar a resiliência de tais artefatos frente aos riscos impostos pelo tempo e pelas ações humanas. Assim, este foi um resultado importante ao qual se chegou com este trabalho.

3.3 Levantamento e modelagem a partir da fotogrametria: os bens móveis

A técnica utilizada para o levantamento e a modelagem dos bens arqueológicos móveis foi a fotogrametria, por dois motivos: i) já havia sido utilizada, com ótimos resultados, no caso das ruínas do arraial de São Francisco Xavier da Chapada; ii) não houve acesso a aparelhos de scanner laser 3D. Cabe notar que para pequenos objetos é possível utilizar scanner laser 3D manual, mas também não foi possível ter acesso a esse equipamento. Para realização dos levantamentos fotográficos foram realizadas duas visitas técnicas ao IHB, de maneira que os objetos não precisaram sair da instituição de guarda.

A câmera fotográfica e os *softwares* utilizados foram os mesmos utilizados para a modelagem 3D das edificações: câmera profissional Canon EOS Rebel T6i e *softwares* Agisoft Metashape e ReCap.

Os levantamentos fotográficos das edificações mostraram que as fotografias precisavam ter determinadas características e boa qualidade para que gerar bons resultados no momento da modelagem 3D. Esse conhecimento prévio transformou levantamento fotográfico dos objetos móveis em uma oportunidade de aprofundar a compreensão do método de obtenção das fotografias.

Como foram fotografados objetos pequenos em ambiente interno, percebeu-se que as condições ideais puderam ser criadas com o preparo desse ambiente, que foi organizado para permitir a movimentação do fotógrafo ao redor do objeto sem empecilhos. Foi preparada uma iluminação uniforme e difusa, para evitar a interferência da fonte de luz nas fotografias. Por fim, como se tratou de fotografar pequenos objetos que podem ser carregados, o preparo do apoio para o objeto fotografado foi fundamental: todos foram apoiados em uma mesa, mas pode-se utilizar uma base firme que permita a imobilidade ao longo da sessão de fotos. Uma dificuldade encontrada foi que nem todos os objetos permitem o apoio estável sobre a base (OLIVEIRA, 2022, p. 4).

Em seguida, seleciona-se as imagens digitais que serão processadas pelo *software* ReCap Photo para gerar a modelagem 3D. Uma das dificuldades encontradas foi a limitação da quantidade de fotos imposta pela versão educacional de 100 fotos, o que pode comprometer a qualidade dos resultados (OLIVEIRA, 2022, p. 6). Para fins de comparação, utilizou-se também o *software* Agisoft Metashape para gerar os modelos 3D a partir da fotogrametria. A diferença é que na versão *demo* deste *software* não existe limitação na quantidade de fotos, podendo ser utilizadas quantas forem necessárias. Porém, ele não permite que a modelagem produzida seja salva, sendo necessário a repetir processo a cada vez que se fecha um arquivo (OLIVEIRA, 2022, p. 7-8). O procedimento detalhado da utilização dos dois *softwares* utilizados para gerar os modelos dos objetos foi descrito por Oliveira (2022).

Nesses estudos sobre parametrização de pequenos objetos móveis foi importante fazer considerações sobre os materiais dos quais são constituídos. Materiais translúcidos permitem que a luz passe através deles sem que se perceba nitidamente os objetos que estão por trás, fazendo com que a luz no objeto seja percebida de forma diferente de acordo com a posição da câmera fotográfica e mudando a forma como os *pixels* são distribuídos a cada foto tirada, mesmo que o objeto permaneça imóvel. Para os *softwares* de fotogrametria essa característica impõe uma dificuldade, pois é imprescindível que cada foto analisada possua ao menos 50% da foto anterior para criar uma relação de referência entre contraste e profundidade, onde a junção de todos os ângulos observados forma o modelo tridimensional do objeto. Quando há constante variação de *pixels* entre as fotos processadas não é possível, para o *software*, entender a continuidade da superfície analisada, gerando resultados imprecisos e distantes da realidade do objeto. A Figura 9 apresenta uma simples fotografia do artefato e, a da direita, o resultado da modelagem no *software* Metashape (OLIVEIRA, 2022, p. 9).

Os materiais reflexivos permitem o retorno completo ou parcial da luz que incide sobre eles, podendo ser uma reflexão difusa - no caso de superfícies foscas - ou regular, onde

se pode ver a formação de imagens refletidas. Na fotogrametria, deve-se evitar a escolha de superfícies reflexivas regulares, pois o *software* considera a imagem na sua totalidade, sem distinguir a reflexão da superfície em si, tornando os resultados ruins. Esse conceito também se aplica a bases de apoio como vidro, espelhos e afins, quando os *softwares* consideram a reflexão da base como outro objeto, gerando um modelo tridimensional duplicado. A Figura 10 apresenta o resultado da modelagem de um objeto de superfície uniforme com leve reflexão, sendo a imagem da direita um exemplo de modelo inconclusivo (OLIVEIRA, 2022, p. 9).

Figura 9 – Foto (à esquerda) e modelagem no software MetaShape (à direita) de um objeto em vidro translúcido.



Fonte: Oliveira (2022).

Figura 10 – a) Foto (à esquerda) e modelagem no software Metashape (à direita) de objeto em barro de superfície uniforme e reflexiva: observa-se os defeitos no modelo.



Fonte: Oliveira (2022).

Para ser fotografado é necessário que o objeto permaneça imóvel para evitar mudança de referência dos *pixels* entre as fotografias. A única maneira de manter a estabilidade do objeto móvel é apoiando o mesmo em uma base, de modo que toda informação dos pontos da superfície de apoio seja perdida e resulte em um objeto parcialmente modelado. A Figura 11 apresenta como o *software* não pôde modelar o fundo do vaso.

Figura 11 – Modelo digital 3D do objeto sem fotografias da sua base de apoio. Vê-se o defeito gerado pela lacuna de informações.



Fonte: Oliveira (2022).

Assim, ideal seria fazer o objeto flutuar para viabilizar a fotografia de todas as suas superfícies, até mesmo do fundo, para que o modelo tridimensional fique completo. Uma estratégia seria a suspender o objeto com fios de nylon transparente. Porém, apesar de fino e transparente, o fio de nylon permanece visível no resultado final do modelo tridimensional, sendo necessário removê-lo das fotos antes da modelagem - através de um *software* de edição de fotos (como o Adobe Photoshop, por exemplo) -, ou, após a modelagem, no próprio *software* de modelagem. A técnica também depende do formato, peso e dimensão do objeto, sendo mais indicado em casos em que exista uma alça, gancho ou maneira de pendurá-lo, sem que a integridade do objeto seja colocada em risco e para simplificar a etapa de remoção dos fios de nylon das fotos (OLIVEIRA, 2022, p. 10-11).

Em virtude do método de processamento do *software* por correlação de pixels, é recomendável que os objetos escolhidos possuam uma superfície com características distinguíveis e não uniformes, caso contrário o programa não consegue coletar informações suficientes para gerar a volumetria. Artifícios como a utilização do Disco de Newton como base, no momento da captação das fotografias pode favorecer o processamento do *software*. É útil também a utilizar de folhas coloridas nas paredes do cenário ou em paredes externas, como utilizado nas ruínas do arraial de São Francisco Xavier da Chapada (OLIVEIRA, 2022, p. 10-12).

3.4 Procedimentos comuns aos objetos móveis e imóveis

A técnica de levantamento e modelagem a partir da fotogrametria impõe cuidados que devem ser observados tanto para a captura de imagens de objetos móveis como para imóveis. Por exemplo, em relação às configurações da câmera, os autores Lachambre, Lagarde e Jover (2017, p. 3-96) observaram alguns fatores que contribuem para a obtenção de imagens adequadas para a fotogrametria, tais como: nitidez; abertura e velocidade do obturador; ISO; formato RAW; e alta resolução das imagens. Observar e controlar as configurações da máquina fotográfica relativas aos fatores citados resultou, por um lado, em melhores fotografias e, por outro, ajudou a identificar os motivos (fatores) pelos quais algumas fotografias e/ou modelagens apresentaram resultados ruins (OLIVEIRA, 2022, p. 4).

Outro aspecto que se deve ressaltar é que alguns objetos impõem dificuldades para serem modelados a partir de fotogrametria, pois suas características físicas são desfavoráveis, sejam eles móveis ou imóveis, pequenos ou grandes. Nesse sentido, Lachambre, Lagarde e

Jover (2017, p. 3-96) apontam as principais características de um objeto. Uma delas é que o objeto não deve se mover durante a captura das imagens, pois o movimento impossibilita a correlação da posição dos pixels. Caso o objeto tenha tendência ao desequilíbrio, é preciso fixá-lo ou apoiá-lo. Outras ainda podem ser citadas: o objeto não deve ser reflexivo, pois um objeto brilhante ou com reflexos fortes impossibilita a correlação da cor dos pixels de sua imagem; o objeto não deve possuir transparência, pois ela impossibilita a correlação tanto da cor quanto da posição dos pixels de sua imagem; o objeto não deve possuir uniformidade de cores, pois ela impossibilita a correlação da cor dos pixels de sua imagem .

Finalmente, ao se realizar a captura das imagens dos objetos alguns cuidados devem ser tomados - sejam eles móveis ou imóveis -, tais como: i) evitar captura de informações variáveis, como pessoas ou animais que se movem e, caso apareçam, é desejável eliminá-los em um software de edição como o Adobe Photoshop ou similar; ii) deve-se evitar que o objeto seja movimentado durante a sessão ou que uma sombra (própria do fotógrafo ou de outros elementos) interfira no objeto fotografado, pois o software utiliza o contraste das imagens digitais como referência de profundidade para gerar o modelo, necessitando que essa referência permaneça igual ao longo do processo; iii) capturar imagens com recobrimento de 50% a 90% da foto anterior, evitando grandes mudanças de direção, para que o software identifique vários pontos de sobreposição (OLIVEIRA, 2022, p. 5).

3.5 Sobre as técnicas de captura de imagem

Os Quadros 1 e 2 apresentam a sequência do processo utilizado nas três técnicas de escaneamento 3D e fotogrametria, respectivamente, contendo os aspectos relevantes de cada etapa que devem ser observados visando consolidar as melhores práticas em trabalhos futuros.

Destaca-se que, para ambas as técnicas se recomendam as seguintes práticas em relação à gestão do processo:

- Estabelecer previamente os softwares a serem utilizados e as respectivas licenças de uso.
- Prever hardwares com configurações suficientes para manipulação da nuvem de pontos e dos modelos digitais;
- Prever Ambiente Comum de Dados para armazenamento e compartilhamento de informações do modelo;
- Qualificar a equipe nos softwares a serem utilizados; e,
- Qualificar a equipe não processo de trabalho e as informações requeridas em cada etapa.

Quadro 1 – Etapas do processo de levantamento pela técnica de fotogrametria e boas práticas.

Etapas do processo	Fotogrametria
Em ambiente a céu aberto por meio de máquina fotográfica digital	<ul style="list-style-type: none"> - Percorrer com a máquina digital o perímetro da edificação, mantendo distância fixa do objeto, com a câmera paralela ao plano das paredes externas e tirando cada fotografia com uma porção de recobrimento de 50% a 90% em relação à tomada anterior; - As fotografias com interferência externa como pessoas, galhos de árvore e folhas devem ser manipuladas digitalmente para não comprometer o modelo final
Em ambiente interno por meio de máquina fotográfica digital	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar o ambiente interno: controlar a iluminação artificial e providenciar base de apoio para objetos pequenos; - A depender da forma dos objetos, montar dispositivos de suspensão seguros para possibilitar fotografar os fundos dos objetos - A depender dos materiais e das texturas dos objetos avaliar se os <i>softwares</i> serão capazes de compreender e associar as fotos para gerar os modelos 3D
Por meio de drone	<ul style="list-style-type: none"> - Em se tratando de edificações, complementar o levantamento fotográfico terrestre com o levantamento aéreo para disponibilizar aos <i>softwares</i> informações partes superiores e internas das edificações; - Percorrer com o drone equipado de câmera fotográfica digital o perímetro da edificação, mantendo distância fixa do objeto, com a câmera posicionada à 45 graus ao plano das paredes externas - As fotografias com interferência externa como pessoas, galhos de árvore e folhas devem ser manipuladas digitalmente para não comprometer o modelo final.
Geração da nuvem de pontos	<ul style="list-style-type: none"> - Por meio de software (exemplo: Scan 3D), realizar a identificação de pontos comuns capturados em cada foto. - Gerar nuvem de pontos esparsa para elaborar a triangulação, ou seja, a malha que representa as superfícies da edificação, visando obter dados geométricos da volumetria, como medidas, textura e espacialidade e permite a inserção ou extração de elementos, como esquadrias, apoios e outros. - Gerar nuvem de pontos densa para identificar materiais e danos.

Quadro 2 – Etapas do processo de levantamento pela técnica de escaneamento 3D e boas práticas.

Etapas do processo	Escaneamento 3D
Escaneamento 3D	<ul style="list-style-type: none"> - Planejar previamente a densidade da nuvem de pontos, de acordo com os objetivos do modelo. - Planejar os pontos de locação do scanner, de forma a cobrir toda a edificação, em termos de tempo de levantamento e superfícies. <ul style="list-style-type: none"> - Verificar condições de segurança do equipamento nos pontos de locação e do operador.
Construção do modelo	<ul style="list-style-type: none"> - Definir a forma de construção do modelo, de acordo com a finalidade a que se destina, por meio das seguintes possibilidades: <ol style="list-style-type: none"> a) importação da nuvem para os softwares BIM (Exemplo: Revit da Autodesk) e o reconhecimento automático de superfícies, obtendo-se modelos mais realísticos, b) desenho sobre a nuvem de pontos, obtendo-se modelos 2D simplificados (exemplo: software CAD).
Identificação de materiais	<ul style="list-style-type: none"> - Associar a imagem dos cortes aos materiais das superfícies por meio de software (exemplo: Recap PRO da Autodesk).
Mapa de danos	<ul style="list-style-type: none"> - Associar a imagem dos cortes às patologias das superfícies (exemplo: Recap PRO da Autodesk).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido descreveu o aprendizado decorrente do escaneamento com laser digital 3D da Casa Procon, em Cuiabá-MT. A experiência mostrou vantagens na utilização das novas tecnologias – plataforma BIM e modelagem digital - de levantamento e documentação do patrimônio material, tais como a precisão, a confiabilidade e a velocidade de obtenção dos dados a respeito da edificação. Além disso, a reunião de informações diversas em arquivos organizados e associados evita a dispersão e a perda dessas informações. O material produzido sobre o objeto de estudo constituiu uma base com modelo digital 3D e desenhos específicos sobre sistemas construtivos, materiais de construção e danos, que vão facilitar a elaboração de projetos para futuras intervenções e, também, a continuidade deste tema de pesquisa

Dentre as desvantagens em relação ao escaneamento a laser 3D estão o custo elevado, a necessidade de equipe especializada para operar o equipamento e definir o posicionamento prévio do equipamento, que deve ser realizado a fim de gerar uma nuvem de pontos adequada. Ademais, para manipular e processar nuvem de pontos, os computadores precisam ter capacidade suficiente para executar os softwares e seu desempenho deve ser satisfatório para que o andamento do processo não seja prejudicado ou inviabilizado.

Observou-se que as fichas de materiais e de danos, produzidas a partir de cortes retirados da nuvem de pontos, foram eficientes para representar a realidade, pois apresentaram informações de forma confiável pois apresentou precisão de medidas e de características. Os defeitos observados, tanto na nuvem de pontos quanto nos desenhos dela derivados, foram decorrentes de obstáculos (vegetação, pessoas, objetos) e a regiões muito expostas à iluminação no momento do escaneamento da edificação; porém, foram corrigidos após verificação in loco para aperfeiçoar o modelo digital 3D e os desenhos dele derivados.

A experiência mostra que, apesar de algumas dificuldades, o material gerado é rico, preciso, se constitui como documentação consistente e será referência para ações de conservação do bem edificado. Como continuidade, se coloca a possibilidade de utilizar a metodologia HBIM para aperfeiçoar o modelo digital 3D, associando a ele novos dados. Dessa forma, se contribui para capacitar profissionais para atuarem com HBIM e melhorar o trabalho da conservação do patrimônio cultural em Mato Grosso.

Pode-se dizer que o levantamento, registro e modelagem das ruínas do Arraial de São Francisco Xavier da Chapada foram facilitados pela utilização dos novos recursos tecnológicos dos quais tratam este trabalho. Com apenas duas visitas ao local foi possível levantar dados suficientes para gerar a modelagem digital das duas maiores estruturas encontradas no vilarejo, o que, certamente, não seria possível com os métodos tradicionais de levantamentos de medidas, croquis e anotações. A documentação atual sobre as ruínas da Igreja e do Casarão, além de se constituírem como testemunho, também permite elaborar simulações de intervenções visando perpetuar a existência das ruínas.

Além do registro e da modelagem, as análises decorrentes das observações e as pesquisas sobre o arraial permitiram avançar nas reflexões sobre sua conservação. Questões a respeito do atual e o futuro estado de conservação do sítio arqueológico e de suas ruínas foram colocadas. Por exemplo, verificou-se que existem muitas raízes de plantas que, ao mesmo tempo em que ameaçam desagregar as pedras das alvenarias, também ajudam a mantê-las unidas, o que obriga a refletir sobre técnicas de conservação para essas ruínas. O mesmo foi pensado para os cupinzeiros. Além dessas, questões mais abrangentes foram formuladas: Em que medida a ocorrência de queimadas e chuvas intensas anuais prejudicam a conservação das ruínas? Quais medidas devem ser tomadas para a consolidação das alvenarias? Enfim, estas e outras questões só puderam ser elaboradas pois houve o estudo do

estado de conservação das duas ruínas do arraial. As estratégias para respondê-las necessitam ser aprofundadas e fariam parte de um plano de conservação para o sítio arqueológico.

De maneira geral, em relação à fotogrametria e modelagem de objetos pequenos (patrimônio móvel), o estudo detalhado dos procedimentos contribuiu para o entendimento dos passos e dos requisitos técnicos necessários para alcançar bons resultados.

Existem alguns tipos de superfícies, formas e volumes que impõem dificuldades em ser fotogrametrizadas, como vidros translúcidos, espelhos e volumes esféricos ou ovalados. Isso mostra uma fragilidade dos *softwares* e das técnicas para apoiar objetos, que devem ser aperfeiçoadas. Mesmo assim, experiência mostrou que os registros podem ter grande qualidade e similaridade com o objeto real e, portanto, a técnica deve ser utilizada e aperfeiçoada. Outra dificuldade no registro de pequenos objetos é a base de apoio: uma edificação nunca terá um fundo a ser mostrado enquanto um objeto sempre deverá ser mostrado na sua totalidade. Assim, estratégias para apoio e suspensão devem ser experimentadas, respeitando o critério da segurança, pois trata-se de objetos de valor cultural que não podem sofrer danos devido acidentes. Dessa forma, é possível concluir que topos e bases são os ângulos que impõem maiores dificuldades no momento da fotogrametria de objetos de valor cultural.

Conclui-se que o método da modelagem digital 3D a partir de fotogrametria mostra elevado potencial para registro de bens culturais materiais, móveis e imóveis, ao passo que a modelagem a partir do escaneamento laser 3D, embora também apresente grande potencial, exige a utilização de equipamentos caros, o que a torna de difícil acesso neste momento e em Mato Grosso. Vale observar que o material gerado precisa sempre ser organizado e armazenado em uma base digital segura, etapa que também parte do universo da aplicação das novas tecnologias ao campo da conservação e do registro do patrimônio cultural.

De maneira geral, em relação ao levantamento e modelagem de edificações (patrimônio imóvel) e de objetos pequenos (patrimônio móvel) a partir de escaneamento digital 3D e de fotogrametria, o estudo detalhado dos procedimentos contribuiu para o entendimento dos passos e dos requisitos técnicos necessários para alcançar bons resultados em ambos os casos.

Finalmente, é válido destacar que através desta pesquisa, alunos e pesquisadores se envolveram no aprendizado das novas técnicas de registro do patrimônio material. Houve enriquecimento da experiência acadêmica através de visitas técnicas, diálogos com profissionais e especialistas de outras áreas, bem como desenvolvimento de relatórios e trabalhos finais de graduação (TFG). O tema abre novos horizontes de atuação profissional, pois o HBIM é uma metodologia de trabalho em expansão no Brasil e, no Estado de Mato Grosso, apenas começa a ser explorada.

5. REFERÊNCIAS

APOLLONIO, F.I., GAIANI, M. SUN, Z **A Reality Integrated BIM for Architectural Heritage Conservation, in: Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage.** Hershey: IGI Global, p. 31-65, 2017.

BOEHLER, W., HEINZ, G., MARBS, A. The potential of non-contact close range laser scanners for Cultural heritage recording. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF CIPA, 18, 2001, Postdam, **Proceedings...** Postdam: Cipa, 2001.

BRASIL. Senado Federal. **Constituição da república federativa do Brasil.** Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Portaria Federal nº 10, de 04 de novembro de 1992. Disponível em: <https://legislativo.camaracuiaba.mt.gov.br/Arquivo/Documents/EXT/202206201701534701.pdf>. Acesso em: 17 dez, 2022.

BRASIL, Portaria nº 92, de 5 de julho de 2012. **Aprova o regimento interno do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**. Diário Oficial da União nº 131, Seção 1, pág.6. Brasília-DF, 09 de julho de 2012. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/Acesse_o_Regimento_Interno_na_integra_aqui.pdf. Acesso em: 03 dez. 2022.

BRASIL. Ministério da Cultura. **Instituto do Programa Monumenta Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural**. Elaboração José Hailon Gomide, Patrícia Reis da Silva, Sylvia Maria Nelo Braga. _ Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005.

CANUTO, C. L., MOURA, L. R., SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 7, n. 4, p. 252-264, 2016.

CORREA, R. H., TIRELLO, R. A. (Coord.). Sistema Normativo para mapas de danos em edifícios históricos aplicados à Lidgerwood Manufacturing. In: **VI Colóquio Latinoamericano sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial**, 2012, São Paulo. Anais...VI Colóquio Latinoamericano sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial. São Paulo: Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, 2012. v. 1. p. 44-26.

DEZEN-KEMPTER, E., SOIBELMAN, L., CHEN, M.; MÜLLER, A. V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 10, n. 2, p. 113-124, 2015

GROETELAARS, N. J. Criação de modelos BIM a partir de “nuvem de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. **Patrimônio Material**. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/276/>. Acesso em 03 dez. 2022.

LACHAMBRE, Sébastien; LAGARDE, Sébastien; JOVER, Cyril. **Photogrammetry Workflow**. [S. l.: s. n.], junho 2017. 97 p. Disponível em: https://unity3d.com/files/solutions/photogrammetry/Unity-Photogrammetry-Workflow_2017-07_v2.pdf?_ga=2.109395973.1026124403.1669645720-125927412.1669645720 Acesso em: 28/11/2022

LIMA, F. B.; FABRICIO, M. M.; PRATSCHKE, A. Recomposição do projeto original e fotogrametria do existente: um registro para a Matriz de Vila Bela da Santíssima Trindade. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1, 2019, São Carlos. **Anais...** São Carlos: IAU-USP, 2019

MASCARO, L. P. **Ações relacionadas à preservação do patrimônio material e ambiental em Mato Grosso**. 2022. 12 f. Relatório de Extensão – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2022.

MASCARO, L. P., DURANTE, L. C. MIRANDA, C. S., OLIVEIRA, M. **Aplicação da metodologia HBIM (Heritage Building Information Modeling) à modelagem 3D de edificação histórica de Cuiabá.** 05 f. Projeto de Extensão – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

MASCARO, L. P. **Novas tecnologias para inventariação, conservação e difusão do patrimônio material.** 13 f. Projeto de Pesquisa – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2021.

MATO GROSSO. Portaria 030 de 18 de julho de 2007. **Dispõe sobre o tombamento do Complexo Arqueológico Histórico do Arraial de São Francisco Xavier.** Diário Oficial da União nº de 2012

MIGLIACIO, M. C. (Org.) **Complexo Arqueológico Histórico Arraial de São Francisco Xavier: instrução do processo de tombamento – IPHAN.** Cuiabá: Entrelinhas, 2011. (Não publicado).

NOVAES, M. V. F. **A tecnologia e seu lugar na metodologia de restauro: O 3D Laser Scanning como forma de documentação arquitetônica e sua aplicação no restauro do Palacete Tereza Lara em São Paulo.** Dissertação de Mestrado em Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. 293p.

OLIVEIRA, T. M. G. **Experiência de aprendizado da modelagem tridimensional de artefatos de interesse cultural a partir de fotogrametria.** Relatório de Bolsa de Extensão Tecnológica (FAPEMAT). Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, agosto 2022.

PIMENTA, K. H. S. **Arraial de São Francisco Xavier da Chapada: o uso da tecnologia para estudo e resguardo.** Trabalho Final de Graduação (TFG). Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso, 2021.

PRATSCHKE, A. **O barco, o mar e o timoneiro: processos de projeto e cibernética na cultura digital.** Livre-Docência, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, IAUUSP, 2018.

QUEIROZ, J. C. **Galindo diz em coletiva que "Cuiabá recebe presente histórico".** In: Prefeitura de Cuiabá, Cuiabá, 2014. Disponível em: <https://www.cuiaba.mt.gov.br/secretarias/comunicacao/galindo-diz-em-coletiva-que-cuiabarecebe-presente-historico/2135> . Acesso em: 19 nov. 2022.

RIBEIRO, A. E. B.; VOLPATO, A. C. C.; MASCARO, L. P. **Patrimônio Arquitetônico e Tecnologia: estudo de uma edificação histórica na cidade de Cuiabá/Mt.** In: Seminário Arquitetura Vernácula/Popular. **Anais...** Salvador, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/arqvernpop/393966-PATRIMONIO-ARQUITETONICO-E-TECNOLOGIA--ESTUDO-DE-UMA-EDIFICACAO-HISTORICA-NA-CIDADE-DE-CUIABAMT>. Acesso em: 05 dez 2022.

ROSA, C. F. M. F. F. **Caracterização de alvenarias de pedra antigas.** Dissertação (Mestrado). Programa de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2013.

ROSSATO, L. **When Brazil and India were modernist. Processes of digital documentation for the preservation of 20th century architectures.** Maggioli Editore: Roma, 2020.

SIQUEIRA, E. M. **História de Mato Grosso. Da ancestralidade aos dias atuais.** Cuiabá: Entrelinhas, 107p., 2002.

SISTEMA DE EXPEDIÇÃO DE CERTIDÃO DE MATO GROSSO. SEC-MT. Vila Bela da Santíssima Trindade – Arraial São Francisco Xavier. Disponível em: <https://www.ipatrimonio.org/vila-bela-da-santissima-trindade-arraial-sao-francisco-xavier/#!/map=38329&loc=-15.006655,-59.955116,17>. Acesso em: 03 dez. 2022.

TRONCOSO, L. P. S. **Um Estudo Arqueometalúrgico dos Artefatos Resgatados do Arraial de São Francisco Xavier da Chapada.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arqueologia Universidade de São Paulo, 2013.

ZANETTINI, P. E. **Projeto Fronteira Ocidental - Arqueologia e História - Vila Bela da Santíssima Trindade/MT. Relatório Final da Fase 3 - Cadastro de Sítios Arqueológicos.** [s.l.]: Zanettini Arqueologia, 2006.

ZANETTINI, P. E. **Projeto São Francisco - Monitoramento Arqueológico - Ano de 2010.** [s.l.]: Zanettini Arqueologia, 2011.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.