

## **DIGITALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL E PATRIMÔNIO CULTURAL: aplicações utilizando tecnologias de baixo custo**

*THREE-DIMENSIONAL DIGITIZATION AND CULTURAL HERITAGE: applications using low-cost technologies*

MONTEIRO, Marcele Queiroz; Graduada; Universidade Federal Fluminense  
marceleqm@id.uff.br

PATZLAFF, Cassiane; Doutoranda; Universidade do Estado do Rio de Janeiro  
cpatzlaff@gmail.com

RIPOLL, Andre Cavedon; Doutor; Universidade Federal Fluminense  
andreripoll@id.uff.br

GIANNELLA, Júlia Rabetti; Doutora; Universidade Federal Fluminense  
juliagiannella@id.uff.br

### **Resumo**

A digitalização tridimensional (DT) possibilita a ampliação do acesso e da difusão do patrimônio cultural ao transpor para o virtual representações físicas de objetos que compõem a cultura material de um grupo, permitindo, a partir disso, reconstruções e interações digitais ou físicas. Nessa conjuntura, o campo do design vem contribuindo de maneira significativa para a adequação de soluções em DT em contextos diversos. Este artigo apresenta os resultados preliminares de uma pesquisa de iniciação científica em andamento sobre a contribuição da DT no registro e acesso do patrimônio cultural material, abordando aspectos conceituais, históricos, tecnológicos e metodológicos de tal procedimento, bem como sua aplicação em diferentes categorias de bens culturais e a condução de um experimento prático de baixo custo. Os resultados apontam para a possibilidade de um fluxo de trabalho por meio da fotogrametria via aplicativo de celular no contexto de artefatos histórico-culturais de pequeno porte.

**Palavras Chave:** digitalização tridimensional; fotogrametria; patrimônio cultural.

### **Abstract**

*Three-dimensional digitization makes it possible to expand access to cultural heritage, by transposing physical representations of objects that make up the material culture of a group into the virtual world, allowing digital or physical reconstructions and interactions. In this sense, the field of design has contributed significantly to the adaptation of implementation solutions to different contexts. This article presents the preliminary results of ongoing research into the contribution of 3D digitization to the registration and access of material cultural heritage, addressing conceptual, historical, technological and methodological aspects of such a procedure, as well as its application in different categories of cultural assets and the conducting a low-cost practical experiment. The results point to the possibility of a photogrammetry workflow using a cell phone application in the context of small historical-cultural artifacts.*

**Keywords:** three dimensional digitization, photogrammetry; cultural heritage.

## 1 Introdução

O conceito de cultura tem recebido uma infinidade de definições (Kroeber; Kluckhohn, 1952). Enquanto o senso comum costuma designar o termo “cultura” para referir-se a artefatos artísticos, enfatizando suas dimensões estéticas, outros discursos e domínios empregam o termo de modo mais aplicado. Nessa última ótica, cultura pode ser compreendida como um portfólio de “coisas” e pensamentos criados pelo homem, incluindo artefatos, comportamentos e crenças que compõem o modo como um grupo de indivíduos vive em sociedade em determinado local e período de tempo. A Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura define patrimônio cultural como “[...] o legado de artefatos físicos e atributos intangíveis de um grupo ou sociedade que são herdados de gerações passadas, mantidos no presente e outorgados para o benefício das futuras gerações” (UNESCO, [201-?]). No Brasil, a Constituição Federal de 1988 substituiu a denominação Patrimônio Histórico e Artístico, até então vigente, por Patrimônio Cultural Brasileiro. Essa alteração incorporou o conceito de referência cultural e a definição dos bens passíveis de reconhecimento:

Nessa redefinição promovida pela Constituição, estão as formas de expressão; os modos de criar, fazer e viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (IPHAN, [s.d.]).

Enquanto o legado histórico-cultural é fruto da produção coletiva, sua preservação profissional na contemporaneidade é organizada, na maioria das vezes, por instituições como galerias, bibliotecas, arquivos e museus (Giannella, 2021). Além da manutenção e preservação, essas instituições dedicam-se à digitalização, catalogação, disponibilização e difusão de coleções para apreciação geral e pesquisa.

Ao mesmo tempo, investigações no campo do patrimônio cultural estão começando a reconhecer a capacidade de o público (que não necessariamente detém conhecimento especializado nos artefatos culturais) se envolver no esforço de documentação de bens patrimoniais. Abordagens lideradas pela comunidade não são novas e alguns setores como a arqueologia já contam com voluntários para possibilitar a documentação sustentável de artefatos patrimoniais (Sá *et al.* 2019). No caso de bens patrimoniais colocados em espaços públicos, argumenta-se que as abordagens de documentação lideradas pela comunidade podem permitir conectar comunidades e seu patrimônio; enquanto fornece sustentáveis abordagens para a documentação que podem apoiar a preservação e conservação desses ativos (*ibidem*). No caso da comunidade de design, argumentamos que esta possui competências e habilidades específicas em digitalização, modelagem tridimensional e visualização que podem contribuir sobretudo para o registro e a difusão de bens culturais materiais.

A preservação do patrimônio cultural é fundamental para a memória, identidade e desenvolvimento das sociedades. Ela garante a preservação da memória e cultura de um povo, conferindo-lhes identidade e alteridade. Para Barros (2011) a memória é mais do que apenas um registro factual do passado, é uma construção complexa moldada por uma variedade de fatores, incluindo a perspectiva individual e o contexto social. É também importante para manter a memória coletiva e valorizar a cultura de um povo, além de ser fundamental para a economia e o turismo, ao gerar renda e empregos para as comunidades locais. Adicionalmente, serve como fonte de inspiração para artistas, escritores, músicos e outros criadores, que podem utilizar obras antigas para criar novas produções culturais.

Em um momento em que a humanidade está sentindo, cada vez mais, a importância e a necessidade de proteção à memória e identidade cultural, faz-se necessária a discussão intensificada sobre as possibilidades que as tecnologias oferecem para o registro e disseminação do patrimônio nacional, abandonado em inúmeras ocasiões e situações. A demanda torna-se ainda mais importante quando somos surpreendidos com notícias sobre obras e monumentos danificados, vandalizados ou furtados. Nesse contexto, podemos citar duas situações recentes no Estado do Rio de Janeiro. Primeiramente, o furto do altar da Capela de Sant'Anna na Fazenda Colubandê, em São Gonçalo, em janeiro de 2017. Nesse caso, o registro e documentação deste bem por meio de tecnologias adequadas, poderia permitir a reconstituição do altar, ainda que não integralmente, o que não ocorreu. Outro caso, mais conhecido, foi o incêndio do Museu Histórico Nacional, em setembro de 2018, que reacendeu a importância da digitalização de acervos. Logo após o desastre, a FAPERJ lançou um edital de apoio emergencial ao Museu Nacional com objetivo de identificar, analisar e recuperar o acervo danificado. Um projeto exitoso nesse sentido é a reconstituição das diversas peças do acervo do museu a partir de técnicas de digitalização, modelagem computacional e impressão 3D (Motta, 2019).

A digitalização pode ser definida como “a conversão de um sinal ou código analógico em um sinal ou código digital” (Lee, 2000). Atualmente considerada atividade habitual, se não obrigatória, na maioria das instituições dedicadas à cultura e memória, a digitalização, por um lado, atende a requisitos de preservação em caso de perdas ou danos da coleção física original e, por outro, promove a difusão, em diferentes escalas, de acervos por meio da visualização de réplicas digitais em ambientes *online* e até mesmo a manufatura de réplicas físicas.

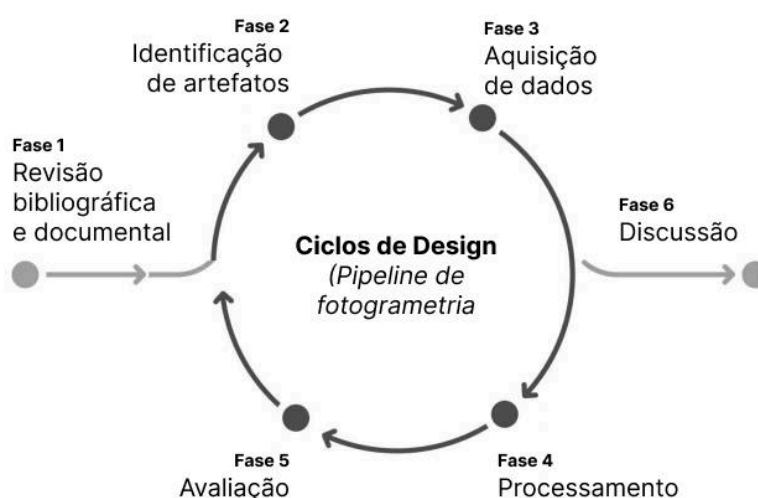
A digitalização tridimensional (DT) é uma tecnologia que contribui para o registro e a ampliação do acesso do patrimônio cultural, ao escanear, com satisfatório grau de precisão, objetos e até mesmo cenas históricas, permitindo sua reconstrução digital e física. Tal registro possibilita a futuras gerações o acesso a uma representação visual aproximada do patrimônio, em caso de perda ou deterioração natural e também sua reconstrução. Além disso, aumenta o alcance do acesso à medida que permite às pessoas distantes do objeto físico terem contato com a réplica digital. Dessa forma, podemos reconhecer a DT como uma ferramenta que potencializa o resgate e a difusão de bens histórico-culturais dos chamados “lugares de memória” (Nora; Khoury, 2012), conceito este criado pelo historiador francês Pierre Nora, para referir-se a museus, acervos, bibliotecas, etc.

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados preliminares de uma pesquisa de iniciação científica em andamento sobre a contribuição da DT no registro e acesso do patrimônio cultural material, abordando aspectos conceituais, históricos, tecnológicos e metodológicos de tal procedimento, bem como sua aplicação em diferentes categorias de bens culturais e a condução de um experimento prático de baixo custo com objetos de pequeno porte. O artigo se estrutura da seguinte forma: no próximo tópico, abordamos os métodos empregados na pesquisa. Em seguida, apresentamos uma revisão sobre técnicas e métodos da DT e suas aplicações. Com as definições conceituais e metodológicas delineadas, demonstramos a condução de um projeto piloto envolvendo DT no Departamento de Design e Tecnologia da Universidade Federal Fluminense. A partir dos resultados obtidos, discutimos os aprendizados e desdobramentos para trabalhos futuros.

## 2 Metodologia

O método proposto é baseado na Pesquisa a Partir do Design – *Research Through Design* (RtD) (Godin; Zahedi, 2014). Adotamos o paradigma de RtD de forma iterativa, ou seja, repetindo ciclos de projeto, compostos por produções teóricas e práticas, registradas por meio de diários de pesquisa, documentação e experimentos. Estabelecemos um conjunto de etapas de produção e pesquisa que se repetem a partir de novas entradas no ciclo, acumulando conhecimento a cada iteração. Assim, podemos reformular constantemente o problema e abordá-lo sob novas perspectivas, com base em novos referenciais elencados na literatura e descobertos ao longo do processo. A Figura 1 resume a estrutura metodológica adotada:

Figura 1 - Estrutura metodológica da pesquisa



Fonte: Os autores

A Fase 1 cobre uma revisão bibliográfica e documental de cunho exploratório (Gil, 2008) com objetivo de constituir um arcabouço teórico-conceitual e ferramental sobre DT no contexto do patrimônio cultural.

As Fases 2, 3 e 4, de natureza empírica, correspondem aos ciclos iterativos de Design e, nesta pesquisa, são conduzidas por meio de procedimentos de DT, mais especificamente da fotogrametria, adaptados de Sá *et al.* (2019). A escolha da técnica de fotogrametria se dá por este ser um método “não intrusivo, de baixo custo, facilmente implementável” (Silva, 2022) e pelo acesso facilitado e familiaridade da equipe ao ferramental técnico demandado: aparelhos celulares e uma vasta gama de aplicativos (*apps* para celular) específicos para essa finalidade; máquinas fotográficas convencionais; computadores com boa capacidade de processamento e *softwares* gratuitos. A Fase 2, identificação de artefatos, corresponde ao levantamento, segundo parâmetros de viabilidade, licença e relevância, de uma amostra de artefatos. Tratando-se de um projeto piloto optou-se por trabalhar com artefatos pertencentes à instituição na qual a pesquisa foi conduzida. A fase 3, aquisição de dados, “... inclui a medição da forma e a textura e/ou propriedades fotométricas para representar a forma e aparência do artefato alvo” (ibidem). Também engloba a configuração do espaço, iluminação e instrumentos para digitalização via fotogrametria. A fase 4 trata do “processamento dos dados adquiridos para produção da réplica digital da forma e aparência codificada como modelo 3D” (ibidem). Essa fase culmina com a exportação de um arquivo de modelo 3D com informações de forma, textura e aparência conforme os requisitos e

especificações da saída final inerentes à finalidade pretendida. Neste estudo, trabalharemos exclusivamente com réplicas digitais. Uma vez produzido o modelo 3D, inicia-se a fase 5, para “... avaliar a qualidade do modelo resultante, bem como documentar todo o processo de digitalização resultante” (ibidem). Métricas existentes consideram que o modelo final deve refletir a qualidade da forma resultante e a aparência do objeto em relação ao original. Em nosso estudo, assumimos uma abordagem diferente visto que nosso objetivo não é avaliar a qualidade da réplica digital e sua aderência ao objeto real. Por fim, discutimos os desafios enfrentados, bem como as soluções encontradas e perspectivas para trabalhos futuros.

### 3 Fundamentação teórica

Nesta seção, apresentamos uma sistematização dos métodos, técnicas e aplicações da DT justificando a escolha pela fotogrametria em nosso projeto piloto. Também exemplificamos quatro aplicações de DT a partir da classificação de bens culturais materiais do IPHAN.

#### 3.1 Digitalização Tridimensional: métodos, técnicas e aplicações

A DT atua na captura de dados, modelagem rápida, design de produtos, monitoramento, simulação, entre outros, sendo usada em áreas como design, arquitetura, arqueologia, medicina, automobilismo, educação, entretenimento e museus. Na área médica, auxilia a modelagem de órgãos e tecidos para planejamento cirúrgico, prototipagem de órteses e próteses e estudos anatômicos. Na educação, além de apoiar o ensino de ciência e engenharia, cria modelos educacionais e atividades interativas em 3D para jogos e ambientes virtuais. À medida que a tecnologia evolui e se torna mais acessível, novas aplicações e setores estão descobrindo maneiras de usar a DT em conjunto com a modelagem e visualização 3D para aprimorar seus processos e produtos. Instituições dedicadas à preservação cultural como o *Smithsonian Institute* utilizam esse método de documentação para registrar objetos de suas coleções, garantindo a preservação e oferecendo acesso mais amplo a esses itens (Smithsonian, [s.d.])

No processo da DT ocorre a transposição de informações tridimensionais de objetos ou ambientes físicos para o ambiente virtual. Isso pode ser atingido por meio de diferentes técnicas, sendo a fotogrametria, e os escaneamentos a *laser* e por luz estruturada as mais conhecidas. A grosso modo, o processo de DT, independente da técnica utilizada, envolve a coleta de informações sobre forma, estrutura (podendo incluir ou não elementos de textura e cor) do objeto, resultando em um arquivo 3D que pode ser armazenado, editado e até impresso em 3D. As técnicas de DT investigadas em nosso estudo enquadram-se na categoria principal de tecnologias sem-contato/reflexivas/ópticas, segundo a classificação apresentada por Batista (2014). Dentro da categoria de tecnologias ópticas, podemos sistematizar as técnicas de DT em três principais métodos: passivos, ativos ou híbridos (Silva, 2022).

Os **métodos passivos** utilizam imagens ópticas (imagens coloridas) obtidas de fotografias ou vídeos para reconstrução do objeto em 3D sem demandar a emissão de nenhum tipo de energia ou espectro (Silva, 2022). São utilizados parâmetros como foco, textura, movimento, estereoscopia ou sombras para obter dados 3D de profundidade via computação gráfica. É uma forma de aquisição 3D popular e de baixo custo, pois utiliza equipamentos comuns do dia-a-dia, como câmeras fotográficas digitais e *smartphones* (Batista, 2014).

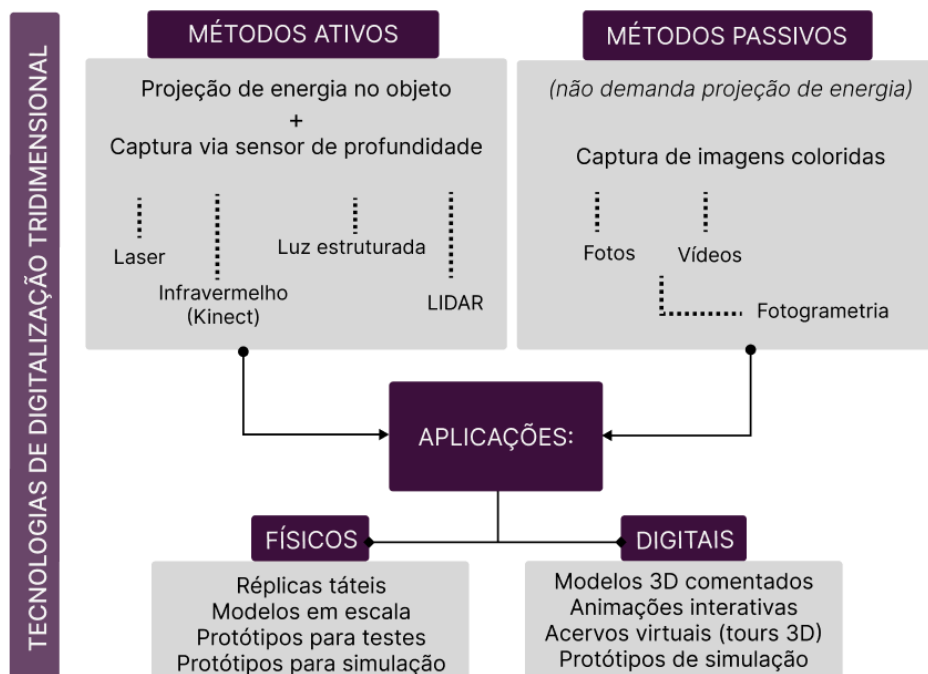
Já os **métodos ativos** capturam a forma por sensores de profundidade e triangulação, utilizando equipamentos que operam princípios de micro-ondas, ultrassom, luz estruturada, etc.

Sensores capturam o reflexo no objeto das projeções luminosas de pontos, linhas, texturas ou padrões (dentro ou fora do espectro visível de luz), a fim de calcular sua forma geométrica por triangulação (Silva, 2022). São exemplos desse método, que poderão vir a compor o projeto, *scanners* 3D de infravermelho, como o Kinect, *scanners* de triangulação a *laser*, aparelhos celulares com LiDAR<sup>1</sup>, e *scanners* de luz estruturada. A principal vantagem do uso de métodos com sensores de profundidade é a rápida aquisição de dados tridimensionais que gera a visualização em tempo real, ou quase, do objeto sendo digitalizado (ibidem). Em geral, são equipamentos de custo elevado se comparado com métodos passivos. São mais utilizados para a reconstrução apenas das superfícies (sem cores), pois essas características são melhor obtidas via imagens fotográficas.

Os **métodos híbridos** se utilizam da combinação de técnicas dos métodos ativo e passivo para contornar limitações de cada abordagem. Como detalhado por Silva (2022), as técnicas baseadas em imagens fornecem melhores características de cor, enquanto métodos ativos, como o uso de *scanners* a laser ou luz estruturada, retornam as formas dos objetos com maior precisão.

Além de sistematizar as técnicas de DT a partir dos seus métodos de aquisição de dados, podemos diferenciar os resultados a partir da utilização das saídas de um processo de digitalização. **Réplicas físicas** de artefatos e até mesmo de ambientes tridimensionais podem ser produzidas por meio da fabricação digital (e.g. impressão 3D). Já as **réplicas digitais** podem ter aplicações em visualizadores *web* como aqueles presentes no Sketchfab<sup>2</sup>, em realidade aumentada (AR) ou em realidade virtual (VR). Essas últimas possibilidades podem ser oportunidades de projetar experiências imersivas e/ou simulações com as réplicas tridimensionais.

Figura 2 - Sistematização dos principais métodos, técnicas e aplicações da DT



Fonte: Os autores

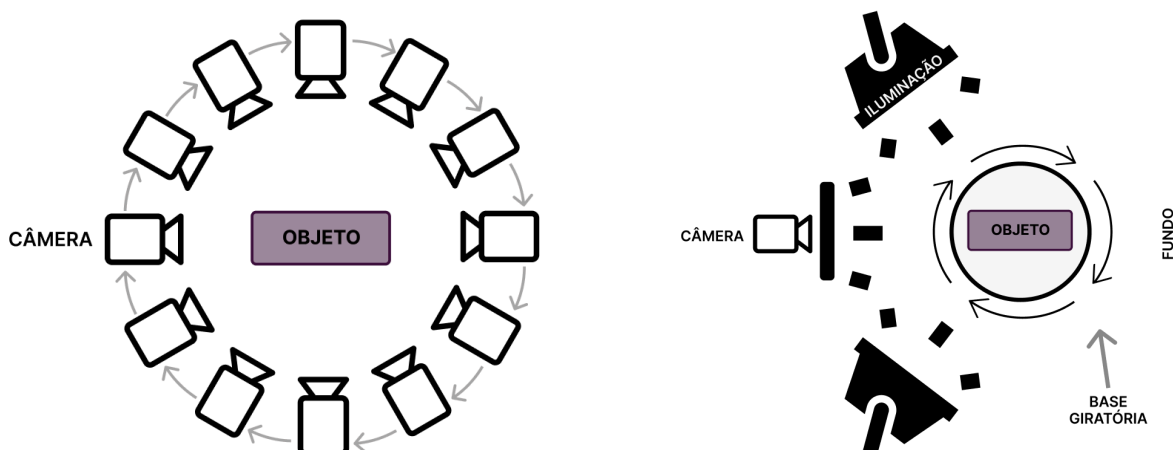
<sup>1</sup> LiDAR (*Light Detection and Ranging*) é uma tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida de modo a obter a distância e/ou outra informação a respeito de um determinado objeto distante.

<sup>2</sup> Sketchfab é uma plataforma *online* que permite aos usuários compartilhar, visualizar e interagir com modelos 3D.

Cada técnica apresenta vantagens e desvantagens se comparada a outras. Para fins exploratórios neste estudo foi selecionada a fotogrametria por ser uma técnica relativamente simples, intuitiva e de baixo custo. A fotogrametria iniciou-se na França em 1849, quando estudiosos perceberam o potencial da fotografia no mapeamento topográfico (Da Silva, 2015). Aimé Laussedat e Albrecht Meydenbauer foram considerados os dois principais pioneiros, sendo o primeiro considerado “Pai da Fotogrametria”. Deste último, podemos destacar o uso da técnica para documentar edifícios, possibilitando a reconstrução completa em caso de destruição, situação que foi possível observar recentemente em duas situações: a reconstrução 3D da Catedral de Notre-Dame, localizada em Paris, após o incêndio em 2019 e a reconstrução 3D do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, também acometido por um incêndio em 2018.

O processo de fotogrametria se dá com a captura de diversas imagens com o auxílio de câmeras fotográficas digitais, ou mesmo câmeras de celulares, em torno de um objeto ou cena, capturando o máximo de detalhes de diferentes ângulos. Esse procedimento pode acontecer basicamente de duas formas: com a câmera em movimento, mantendo o objeto fixo e com a câmera fixa, rotacionando o objeto por meio de uma base giratória (Figura 3). Em seguida as fotografias são inseridas em *softwares* especializados que fazem o processamento das mesmas, gerando o modelo 3D que é a reconstrução digital do objeto físico.

Figura 3 - Processo de fotogrametria com câmera em movimento (à esquerda) e com câmera fixa (à direita)



Fonte: Os autores

### 3.2 Classificação do patrimônio cultural e exemplos de DT

Como parte do nosso objetivo de pesquisa, buscamos evidenciar como a DT pode ser aproximada do campo do patrimônio cultural a fim de atuar em prol de seu registro e acesso.

O patrimônio cultural pode ser dividido em duas categorias: material e imaterial. A Organização das Nações Unidas para a Educação (UNESCO) e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) são organizações que visam preservar e proteger o patrimônio cultural em todo o mundo. Essas organizações definem o patrimônio material composto por bens tangíveis com valor cultural, histórico, arqueológico, artístico, arquitetônico, científico, social ou tecnológico. Enquanto o patrimônio imaterial abrange práticas, representações, expressões, conhecimentos e técnicas reconhecidas por comunidades, grupos e indivíduos como parte de seu patrimônio cultural. Complementarmente, o IPHAN divide e define o patrimônio material em quatro categorias de bens: **Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico, Histórico, Belas-Artes e Artes**

**Aplicadas** (IPHAN, [s. d.]). Para concretizar a prática de preservação, o IPHAN institui os instrumentos *tombamento* e Livros do Tombo:

Tombamento é o mais antigo instrumento de proteção em utilização pelo Iphan, tendo sido instituído pelo Decreto Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, e proíbe a destruição de bens culturais tombados, colocando-os sob vigilância do Instituto. Para ser tombado, um bem passa por um processo administrativo, até ser inscrito em pelo menos um dos quatro Livros do Tombo instituídos pelo Decreto: Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico; Livro do Tombo Histórico; Livro do Tombo das Belas Artes; e Livro do Tombo das Artes Aplicadas. (IPHAN, [s.d.]).

Tendo em vista as possibilidades de aplicação da DT na área de patrimônio cultural e as quatro categorias de bens estabelecidas pelos Livros do Tombo, identificamos e descrevemos quatro exemplos de digitalização tridimensional encontrados em nossa revisão bibliográfica e documental, cada um referente a uma das classificações. Em nosso recorte, selecionamos estudos que envolvem a digitalização de bens culturais nacionais por entender que são pesquisas menos repercutidas e que merecem visibilidade. A seguir apresentamos os quatro estudos analisados.

### 3.2.1 Fortim de São Pedro do Boldró

Este exemplo pertence à categoria de bens Arqueológicos, Etnográficos e Paisagísticos. O Fortim de São Pedro do Boldró é um dos fortins que compõem o Sistema Fortificado do Conjunto Histórico do Arquipélago de Fernando de Noronha, tombado em 22 de junho de 2017 como Patrimônio Cultural do Brasil (IPHAN, [s. d.]). Foi construído em 1757 em Fernando de Noronha-PE para reforçar o sistema de fortificação portuguesa na parte norte da ilha. O processo de DT desse patrimônio foi composto por nove etapas que percorreram desde o marco temporal para o levantamento de dados, até o processo de modelagem 3D e a criação da réplica para fruição em realidade virtual. Foram digitalizadas plantas baixas dos fortins e um mapeamento convertido para o sistema de coordenadas geográficas de latitude e longitude, para facilitar a leitura e a compatibilidade com os *softwares* utilizados no processo de modelagem digital. A pesquisa tem como objetivo a análise do uso da reconstrução digital em 3D de bens culturais em ruínas como uma ferramenta de preservação de memória (Cavalcanti, 2019).

Figura 4 - Modelo 3D do Fortim de São Pedro do Boldró. Digitalização de ruínas remanescentes (à esquerda) e reconstrução digital (à direita)



Fonte: Cavalcanti, 2019

### 3.2.2 Elementos de fachada da UFRGS

Este exemplo enquadra-se na categoria de patrimônio Histórico. Os prédios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), considerada a primeira universidade do Brasil com



fundação em 1895, são tema do estudo, realizado em 2018, por pesquisadores e estudantes da UFRGS, tendo em vista propósitos pedagógicos e de preservação de patrimônio (Muniz; Silva; Kindlein Júnior, 2018). A DT foi realizada utilizando a técnica de luz estruturada, que consiste em projetar um padrão de luz sobre o objeto a ser digitalizado e capturar as deformações desse padrão com um *scanner*. Para alcançar as partes mais altas do prédio, foi utilizado um extensor e um andaime. O processo de digitalização 3D realizado no estudo incluiu quatro etapas: 1) pesquisa dos elementos históricos; 2) planejamento da digitalização 3D; 3) digitalização 3D e; 4) tratamento dos dados obtidos que geraram modelos 3D completos (potenciais para réplicas físicas) e reduzidos (para visualização virtual em repositórios 3D). Além disso, a localização, dimensões e formas dos elementos foram levadas em consideração para o planejamento do processo de digitalização. Por meio da DT foram gerados modelos que podem ser manipulados livremente e visualizados em um número ilimitado de pontos de vista.

Figura 5 - Comparação entre a foto real da Janela do Observatório (A) e réplica virtual 3D (B)



Fonte: Muniz, Silva e Kindlein Júnior, 2018

### 3.2.3 Esculturas de Aleijadinho em Minas Gerais

Enquadrando-se à categoria Belas Artes, o projeto “Aleijadinho 3D”, conduzido em 2013 por pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP), teve como finalidade o registro e disseminação das obras do renomado escultor brasileiro Antônio Francisco Lisboa, conhecido como Aleijadinho. Este projeto buscou criar versões digitais de obras do século XIX consideradas Patrimônio Mundial da UNESCO, viabilizando visitas virtuais e interações em um ambiente imersivo. A digitalização das esculturas foi realizada em Congonhas e Ouro Preto (MG) e seus dados foram disponibilizados em um repositório virtual.

A tecnologia de DT utilizada (escaneamento por defasagem de *laser*) permitiu procedimentos não invasivos e de alta precisão, resultando em malhas 3D detalhadas das obras. Entre as etapas do processo podemos destacar: 1) definição dos elementos para a digitalização; 2) aquisição de ferramentas para digitalização; 3) digitalização 3D; 4) preparação de dados (pós-digitalização); 5) manipulação/correção de malhas; 6) modelagem 3D; 7) coloração das obras; 8) união das obras em arquivo único (que foram tratadas individualmente nos processos anteriores). Devido ao grande fluxo turístico no local no momento da digitalização, o processo de segmentação e remoção de ruído das obras foi dificultado por algumas partes das obras não terem

vido escaneadas e alguns detalhes também não foram coletados, o que demandou maior tempo e conhecimento dos pesquisadores nas etapas 5 e 6.

Figura 6 - Comparação entre a foto real dos Doze Profetas no Santuário do Bom Jesus de Matosinhos (à esquerda) e o modelo virtual 3D exibido *online*<sup>3</sup> (à direita)

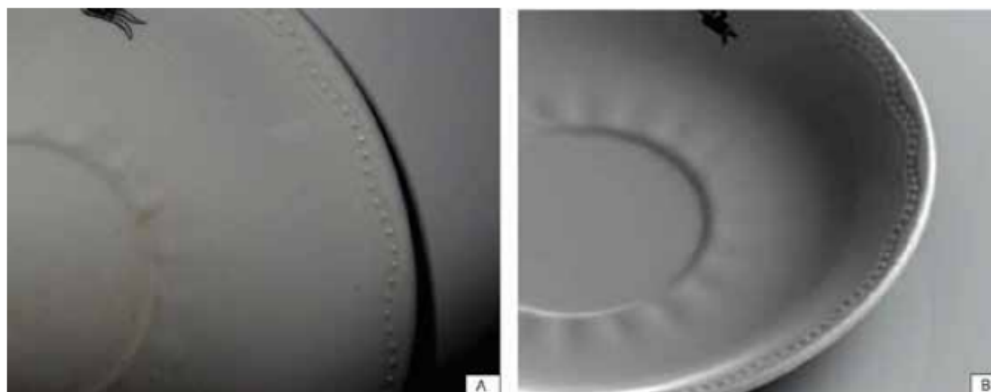


Fonte: Rodrigues *et al.*, 2013

### 3.2.4 Objetos do acervo do Museu de Porto Alegre

Este exemplo enquadra-se dentro da categoria de Artes Aplicadas. O Museu Joaquim José Felizardo, construído entre 1845 e 1855 para servir de residência de verão para o português Lopo Gonçalves – vereador e comerciante da cidade na época – está localizado em Porto Alegre-RS e é referência em acessibilidade para PCDs. Visando a preservação do patrimônio e a acessibilidade dos objetos de acervo – que consistem em objetos da casa e da Confeitaria Rocco, como louças, talheres e outros utensílios – utilizou-se a tecnologia de escaneamento 3D para produzir réplicas precisas (Richetti; Silva; Roldo, 2022). O processo de digitalização ocorreu em cinco fases: 1) seleção dos artefatos culturais; 2) desenvolvimento de um método de digitalização 3D; 3) processamento de dados e geração de modelos virtuais; 4) construção dos modelos físicos com impressão 3D e; 5) comparação entre a peça original e o modelo.

Figura 7 - Comparação de detalhes com ênfase na estrutura superficial do pires cerâmico. Objeto original (A) e modelo virtual renderizados e concluídos após a digitalização (B)



Fonte: Richetti, Silva e Roldo, 2022

<sup>3</sup> O repositório *online* pode ser acessado em: <<http://www.aleijadinho3d.icmc.usp.br/>>. Acesso em jul. 2024.

## 4 Projeto piloto de DT

O projeto piloto reflete o escopo de um estudo mais amplo dedicado à investigação e prática da DT e virtualização de acervos niteroienses. Este projeto, por sua vez, insere-se dentro da linha de pesquisa “Tecnologias e linguagens para registro, visualização e difusão do patrimônio cultural” do Laboratório de Artefatos Físicos, Digitais e Algorítmicos – Lafda-UFF. Ao recortar a região geográfica, desejamos utilizar a inteligência e a expertise de docentes e discentes da Universidade Federal Fluminense para o desenvolvimento de projetos aplicados que possam promover soluções relacionadas aos desafios da Cidade. Ao definir este projeto como piloto, queremos reforçar o caráter experimental e incremental que caracteriza a abordagem metodológica do *Research Through Design* – RtD (Godin & Zahedi, 2014).

Por meio de um *pipeline* de fotogrametria, a condução do projeto piloto prevê quatro fases que serão detalhadas a seguir, a saber: **identificação, aquisição de dados, processamento e avaliação**. A denominação dada para as diferentes fases do processo de DT leva em conta o *pipeline* proposto por Sá *et al.* (2019). Nossa pesquisa possui caráter essencialmente exploratório e pedagógico, buscando olhar para o espaço acadêmico como um local de construção de memórias e patrimônios a serem documentados e difundidos.

### 4.1 Identificação

Com base nos estudos anteriores e visando reconhecer contextos concretos de aplicação da DT, foi possível identificar na Universidade Federal Fluminense (UFF), potenciais artefatos passíveis de serem digitalizados tridimensionalmente e enquadrados nas categorias de bens culturais do IPHAN. Buscou-se realizar este levantamento com uma diversidade de escalas dos objetos, a fim de identificar seu potencial para um estudo piloto de DT por meio da técnica de fotogrametria, e identificar lacunas técnicas para a digitalização que demandariam complementação de outros métodos de captura, como sensor de profundidade de baixo custo (*Kinect*), dispositivos que possuam a tecnologia LiDAR e, até mesmo *drones*, para capturas aéreas, a serem investigados futuramente.

#### 4.1.1 Orla do Campus Gragoatá

Em nosso entendimento, a orla do Campus Gragoatá da UFF, com sua vista para a Baía de Guanabara e pontos turísticos do Rio de Janeiro como o Cristo Redentor e o Pão de Açúcar, pode ser enquadrada como potencial patrimônio de natureza Arqueológica, Etnográfica e Paisagística devido ao seu valor paisagístico. A propósito, o Monumento Natural Pão de Açúcar, Morro do Leme e o Corcovado integram o conjunto paisagístico denominado Rio de Janeiro: Paisagens Cariocas entre a Montanha e o Mar, reconhecido em 2012 pela Unesco como Patrimônio Mundial Cultural e Natural (IPHAN, [s. d].).

Figura 8 - Orla do Campus Gragoatá, UFF



Fonte: Extraído de UFF Campus Gragoatá (2017, 33s.)

#### **4.1.2 Chalé da Escola de Arquitetura**

O Chalé da Escola de Arquitetura da Universidade Federal Fluminense (EAU-UFF), localizado no Bairro de São Domingos, em Niterói, pode ser considerado um patrimônio da categoria Histórica. De autoria e data de construção incertas, o primeiro registro que há do chalé é uma representação datada entre 1958 e 1861 em que aparece uma edificação que provavelmente é o chalé (Bernardino, 2018). O edifício passou por uma série de proprietários até que, na década de 60, tornou-se propriedade da Universidade Federal Fluminense. Em 1972, parte do chalé foi demolido para construção do prédio da Engenharia.

A comunidade acadêmica teve uma importante contribuição para o tombamento desse Bem (ibidem). O processo de tombamento estadual iniciou-se em 1978, junto ao Instituto Estadual do Patrimônio Cultural (INEPAC), mas, o que obteve-se de imediato, foi apenas um tombamento provisório. Somente em 2011, concedeu-se o tombamento definitivo. Sobre o edifício, a Coordenação de Administração Patrimonial da UFF descreve:

O Chalé é um exemplar de moradia em estilo romântico, o qual se encontrava em voga no Brasil, no terceiro quartel do século XIX. Possui a fachada avarandada, encimada por frontão triangular ornamentado com lambrequins de madeira e rendilhado de ferro. Construtivamente, a edificação apresenta técnica tradicional das espessas paredes de alvenaria, mesclando-a com estruturas de ferro fundido na varanda, apresentando acabamentos de cantaria nas cercaduras dos vãos e, ainda, assoalhos e forros em Pinho de Riga (CAP-UFF, 2020).

Figura 9 - Chalé da Escola de Arquitetura (EAU-UFF)

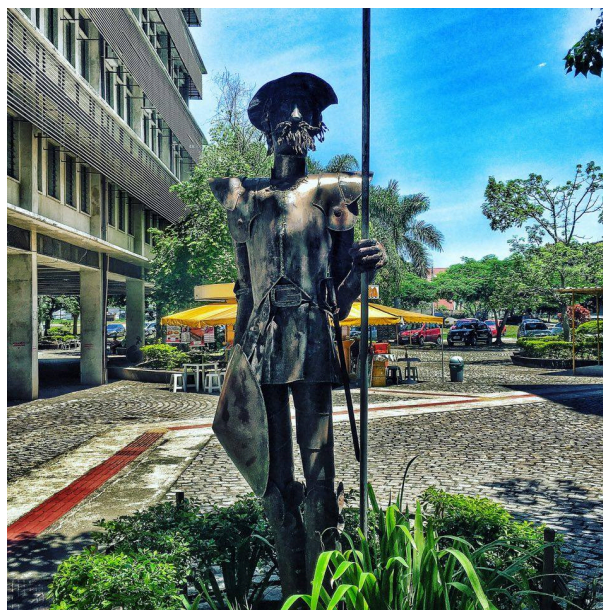


Fonte: Os autores

#### 4.1.3 Escultura Cavaleiro da Triste Figura

Atualmente localizada no Instituto de Letras, no Gragoatá, a escultura pode ser classificada como um patrimônio de Belas Artes por ser uma manifestação artística não utilitária. Confeccionada em metal leve pelo artista uruguaio Julio Maturro, a escultura foi presenteada à Universidade Federal Fluminense em 2005, em razão do Programa Interlatinidades (UFF, 2005). A escultura possui aproximadamente três metros de altura e recebe o nome de *Cavaleiro da Triste Figura* em alusão ao famoso personagem Dom Quixote, da obra de Miguel de Cervantes.

Figura 10 - Escultura Cavaleiro da Triste Figura



Fonte: Projeto de Preservação da Memória, Instituto de Letras, UFF

#### 4.1.4 Artefatos de sala de aula

Em uma perspectiva transversal, podemos enquadrar artefatos criados em contextos de ensino-aprendizagem como potenciais acervos pedagógicos e culturais. Nesse contexto, as máscaras resultantes da disciplina Tópicos Especiais em História da Arte e do Design do curso Desenho Industrial (GDI-UFF) podem ser categorizadas como artefatos de Artes Aplicadas, devido ao seu caráter utilitário dentro do contexto da disciplina. Ao final do semestre, alguns estudantes levam as máscaras consigo enquanto outros doam para o acervo da disciplina ministrada pela Professora Renata Vilanova. As máscaras são produzidas a partir do conceito de ancestralidade, baseado em civilizações reais ou fictícias e possuem materiais e acabamentos diversos como, por exemplo, gaze engessada, papel machê, tinta acrílica ou guache, verniz, entre outros.

Figura 11 - Máscaras do acervo de ensino-aprendizagem



Fonte: Os autores

A decisão final pela escolha dos objetos a constituírem o conjunto de obras para o projeto piloto levou em consideração uma série de oportunidades e desafios observados, chegando-se ao conjunto de máscaras como objeto ideal para o projeto piloto. Destacam-se como relevantes aqui a escala dos objetos, de fácil acesso e manejo para um projeto piloto, e a diversidade de situações problema para a resolução técnica e assim aperfeiçoamento da abordagem a partir dos aprendizados do projeto piloto.

Este objeto, por se tratar de múltiplos itens, ainda constitui uma coleção, oferecendo ainda a oportunidade de reflexão sobre as possibilidades de experiência de um acervo digitalizado, estabelecendo as bases para futuras aplicações em museus e outras instituições, promovendo a democratização do acesso à cultura, possibilitando a documentação, preservação e visualização imersiva de acervos diversificados.

## 4.2 Aquisição de dados tridimensionais

A etapa de aquisição de dados tridimensionais “refere-se ao uso de dispositivos para capturar dados de objetos em uma cena, como sua geometria e cor” (Silva, 2022). Engloba definições de instrumentos e configurações do espaço, bem como processo de DT em si.

### 4.2.1 Definições de instrumentos e configurações do espaço

Visando definir parâmetros para condução da fotogrametria e adquirir aprendizados em relação a esse processo, o Laboratório realizou a atividade “*Workshop de Introdução à fotogrametria aplicada ao patrimônio cultural*”, ministrada por uma das colaboradoras integrantes em fevereiro de 2024. A partir dos testes realizados, definiu-se os seguintes instrumentos e procedimentos:

Quadro 1 - Ferramental: instrumentos técnicos, objetivos e detalhamento

Instrumentos	Objetivo e detalhamento
Mesa com fundo infinito	Neutralizar o objeto a ser fotografado do seu fundo. Duas cores de fundo foram escolhidas (branca e parda) para melhor contrastar com as cores/texturas das máscaras
Softboxes (2) e ring light (1)	Iluminar o objeto de modo difuso, preferencialmente se aproveitando também de iluminação natural
Base giratória	Rotacionar o objeto, mantendo a câmera fixa e estabilizada, evitando também variações de iluminação
Base para sustentação da máscara	Sustentar o objeto de modo inclinado a partir de uma haste de forma que as partes frontal e posterior da máscara sejam digitalizadas. Algumas máscaras foram apenas apoiadas na haste, enquanto outras precisaram de maior estabilidade sendo fixadas com massa adesiva para que não caíssem durante a rotação da base giratória
Tripé para celular com regulagem de altura e angulação	Estabilizar o celular para permitir a capturas de fotos em rotação completas em torno do objeto a partir de ao menos duas alturas/inclinações. O tripé foi posicionado à frente do ring light de modo a favorecer o enquadramento da cena, visto que o aplicativo utilizado não conta com opções de zoom
Smartphone com aplicativo Polycam	Capturar imagens e gerar modelos 3D dos objetos a partir do aplicativo Polycam. Utilizamos três smartphones Samsung de modelos distintos, a serem especificados no quadro adiante. A opção por utilizar diferentes modelos de celular se deu em virtude do caráter exploratório da pesquisa
Notebook com software Blender	Realizar tarefas de pós-processamento (limpeza e refinamento) no modelo 3D dos objetos

Fonte: Os autores

Importante destacar duas decisões em nossos procedimentos. Em primeiro lugar, a opção por manter a câmera estática e rotacionar o objeto a partir de uma base giratória. Essa opção deve-se ao fato de buscarmos manter a iluminação o mais constante possível e poder fixar a máquina fotográfica sobre um tripé, evitando oscilar a mesma. Esta configuração também garante condições homogêneas e o controle de parâmetros externos aos objetos quando se procede à

digitalização de coleções. No caso deste projeto, pode-se avaliar o desempenho desta configuração em relação a uma pluralidade de texturas, cores e acabamentos de superfícies.

Em segundo lugar, foi tomada a decisão por capturar as imagens dos objetos a partir de aplicativos específicos para *smartphones*, capazes de gerar o modelo 3D no sistema do próprio aplicativo (em nuvem) a partir das fotos tiradas diretamente com o aparelho. Dentre os aplicativos de escaneamento 3D existentes, optamos pelo Polycam, em sua versão gratuita. O processo de DT pelo aplicativo requer no mínimo 20 fotos e suporta no máximo 150 por projeto, enquanto a faixa ideal de fotos indicada é entre 50-100 (Polycam, [s. d.]). A plataforma conta com acesso *web* e suporta compartilhamento dos modelos via link, além de possibilitar o *download* dos arquivos de modo gratuito no formato .glb, um formato de arquivo padrão para cenas e modelos 3D.

A Figura 12, a seguir, exemplifica a configuração do espaço e instrumentos para digitalização de uma das máscaras.

Figura 12 - Configuração definida para o processo de DT por fotogrametria



Fonte: Os autores

#### 4.2.2 Processo de digitalização com aplicativo Polycam

Foram selecionados quatro modelos de máscaras como objeto de pesquisa. Cada máscara apresenta características únicas (em termos de cor, textura, geometria, materiais e complexidade) que proporcionam resultados distintos no processo de digitalização, abrindo um leque de possibilidades para a análise e avaliação da técnica. A Figura 13 apresenta a visualização resultante do processo de digitalização das quatro máscaras antes dos pós-processamento (tratamento) dos modelos no Blender. Pode ser notada a presença das bases que auxiliaram no processo de captura.



Figura 13 - Modelos 3D brutos das digitalizações das máscaras Dell'Arte, Folha, Vida e Morte e Caveira



Fonte: Captura de tela do Polycam web

O Quadro 2 apresenta as características dos modelos digitais resultantes da digitalização de cada uma das máscaras do conjunto selecionado.

Quadro 2 - Detalhes da captura de cada digitalização

Nome <sup>4</sup>	Máscara Dell'Arte	Máscara Folha	Máscara Vida e Morte	Máscara Caveira
Dispositivo utilizado	Samsung SM-M146B	Samsung SM-S901E	Samsung SM-A525M	Samsung SM-S901E
Tamanho do arquivo	3.1 MB	5.1 MB	3.9 MB	4.8 MB
Detalhamento	Raw	Médio	Raw	Médio
Método de captura	<i>Photo mode</i>	<i>Photo mode</i>	<i>Photo mode</i>	<i>Photo mode</i>
Fotos	46	66	38	50
Vértices do modelo	33.7k	25k	32k	25k
Link para visualizador web	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Link</a>

Fonte: Os autores

### 4.3 Processamento

A etapa de processamento dos dados adquiridos visa converter as imagens capturadas em uma réplica similar ao objeto real. Essa etapa tradicionalmente envolve o uso de *softwares* de fotogrametria como o 3DF Zephyr<sup>5</sup>, que, a partir de diversas imagens do objeto sob diferentes ângulos, reconstruem sua forma, textura e aparência.

<sup>4</sup> O Polycam usa inteligência artificial para reconhecer e classificar objetos nas suas imagens, gerando automaticamente legendas descritivas e *tags* para os objetos escaneados.

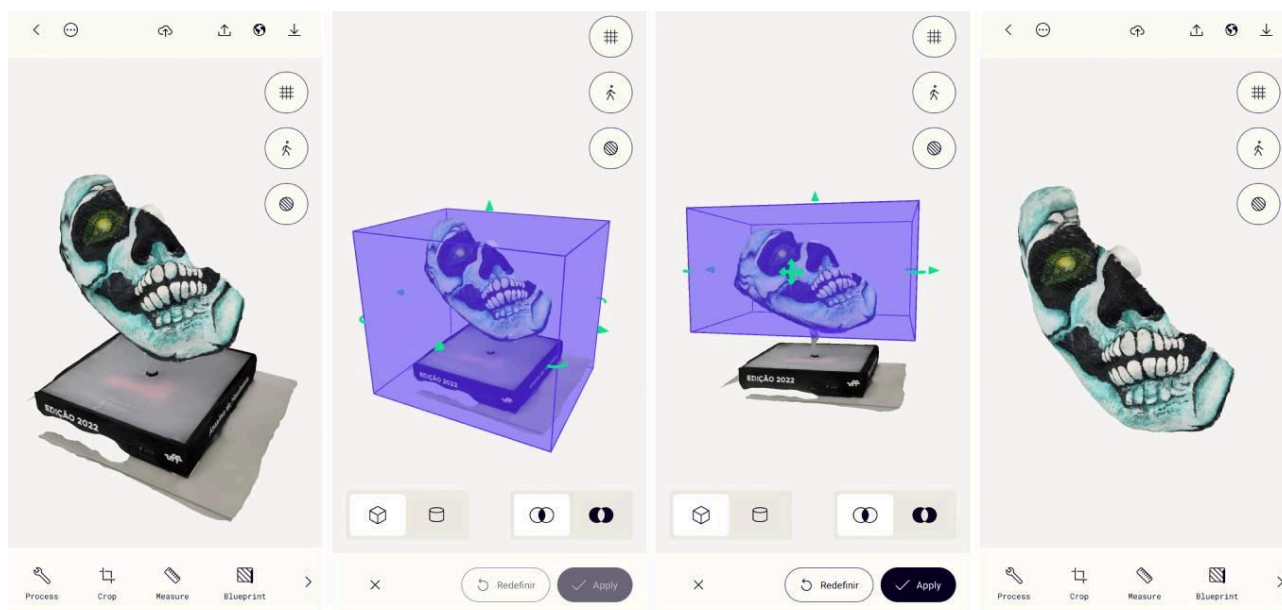
<sup>5</sup> 3DF Zephyr é um *software* comercial de fotogrametria e modelagem 3D.

No entanto, como mencionado anteriormente, o fato de termos optado pelo uso do Polycam nos permite pular a etapa de reconstrução visto que o aplicativo gera automaticamente os modelos 3D representativos das máscaras e nesse primeiro momento não havia necessidade de maior detalhamento, o que demandaria a utilização de câmeras fotográficas profissionais ou semi-profissionais. Dito isso, a etapa de processamento em nosso estudo ocupou-se de procedimentos de limpeza e refinamento dos objetos digitalizados com o objetivo de aprimorar a qualidade visual e a precisão do modelo, garantindo sua fidelidade ao objeto real.

Nessa etapa, foi realizada a segmentação e remoção de ruídos, que são elementos externos como imperfeições e informações de profundidade que se distanciam do objeto real, que não compunham a máscara. Como detalhado por Silva (2022), “esses dados extras corrompem os resultados da reconstrução, pois, dificultam a estimativa das características das nuvens de pontos e o alinhamento entre elas.”

Inicialmente, dentro do Polycam, foi possível efetuar remoções preliminares de elementos que não fazem parte do modelo (e.g base de sustentação) utilizando a ferramenta *crop*.

Figura 14 - Processo de “cropagem” na interface do aplicativo Polycam



Fonte: Capturas de tela do aplicativo Polycam

Posteriormente, exportamos os modelos no formato .glb para uma limpeza mais precisa e outras modificações de modelagem necessárias no *software* livre Blender. Em nosso estudo, essa etapa ocupou-se principalmente da remoção da haste de sustentação da máscara em sua vista posterior e remoção de ruídos na borda dos olhos. As principais operações utilizadas foram: transformação de malha, remoção de faces, preenchimento e edição de textura.

Além da “limpeza”, é nessa etapa de processamento (que pode ser dividida ainda em pós-processamento) que são feitas cópias dos modelos em alta resolução (*high poly*) e as cópias são reduzidas, via retopologia, mantendo apenas as características necessárias/desejadas para gerar modelos que permitam bom desempenho de manuseio em ambientes virtuais (sejam jogos, visualização de acervos, etc.) ou mesmo para serem prototipados fisicamente.

Considerando a finalidade de hospedar os modelos 3D no Sketchfab, para uma primeira avaliação, as máscaras foram tratadas e exportadas em formato .glb seguindo as seguintes especificações: malha de polígonos entre 6 e 8 mil; limite máximo de 60 megas de arquivo e compressão de 80%. A coleção do Sketchfab pode ser acessada em: <<https://sketchfab.com/lafda.uff/collections/mascaras-eced48cc910640509ae13b3ec9579e5b>> .

#### 4.4 Resultados e avaliação

Os resultados das máscaras após o tratamento podem ser observados na Figura 15.

Figura 15 - Vistas frontal e posterior dos modelos 3D finais das quatro máscaras



Fonte: Capturas de tela do Blender

Sá *et al.* (2019) avaliam a qualidade dos modelos 3D obtidos através da fotogrametria por meio de uma abordagem comparativa e quantitativa, buscando entender como diferentes *softwares* de código aberto funcionam ao registrar os conjuntos de dados produzidos durante a fase de aquisição. Em nosso estudo, assumimos uma abordagem diferente, visto que nosso objetivo não é avaliar a qualidade da réplica digital e sua aderência ao objeto real, mas sim a experiência de uso do público com as réplicas digitais. Nesse ponto, salientamos que, por se tratar de uma pesquisa em andamento, os ativos digitais estão sendo apreciados pelos pesquisadores e ainda não foram compartilhados com público em geral. Diferentes plataformas e *softwares* estão sendo levantadas para promover acesso e difusão dos modelos 3D virtuais.

#### 5 Considerações finais e trabalhos futuros

A tecnologia de digitalização tridimensional (DT) para documentação de bens do patrimônio cultural adquiriu maior destaque nas últimas décadas. Os esforços para documentar e disseminar o patrimônio tangível, incluindo captura de dados tridimensionais, processamento, modelagem 3D e tecnologias para criação de ambientes imersivos, visualização e fabricação digital tornam-se práticas cada vez mais desejadas por instituições dedicadas à memória. Em nosso estudo,

verificamos que abordagens de projeção e pesquisa pelo design estão cada vez mais presentes em projetos que se utilizam da DT, conferindo a esses processos maior iteratividade e foco nos usuários. Alguns desafios foram encontrados durante a condução dessa investigação. A seguir comentamos os principais, bem como as soluções encontradas e oportunidades vislumbradas:

- **Falta de padronização de nomenclatura:** a ausência de padronização de nomenclaturas referentes aos procedimentos de DT, o que se dá em parte pela utilização de termos estrangeiros e técnicos, foram obstáculos na busca por informações mais precisas, gerando confusão e interpretações divergentes nas diversas literaturas consultadas. A solução encontrada foi realizar uma revisão conceitual sobre DT buscando sistematizar seus métodos, técnicas e aplicações. Uma oportunidade de ampliação investigativa é detalhar as possibilidades de aplicações e tipos de réplicas, estudando a contribuição do campo do design em seus desenvolvimentos;
- **Definição de fluxo de trabalho:** a metodologia de DT por fotogrametria envolve diversas variáveis, desde os elementos ópticos até o ferramental utilizado. Em nossa revisão de literatura, não encontramos pesquisas com fluxos de trabalho de fotogrametria utilizando aplicativos de celular. A solução encontrada foi abordar o experimento prático como um projeto piloto focado em objetos de pequeno porte, realizando um *workshop* no laboratório para nivelar conhecimentos e testar as melhores combinações possíveis de instrumentos e configurações adequadas. Como trabalho futuro, almejamos publicar um manual prático público para digitalização 3D de acervos com equipamentos de baixo custo. Isso permitirá a estruturação de um procedimento metodológico mais consistente e detalhado para futuros trabalhos em parceria com museus e/ou outros grupos externos.
- **Acesso e difusão:** este é um projeto em andamento e há espaço para continuidade. Por um lado, é necessário ampliar o acervo digitalizado para compor um *corpus* mais robusto. Por outro lado, há de se pensar no acesso e na visualização desses artefatos. Até o momento, fornecemos acesso digital aos ativos para os acadêmicos participantes do projeto. No Sketchfab, podemos inspecionar facilmente as réplicas 3D e isso nos possibilita discutir e projetar a abordagem de entrega final para o público. Neste sentido, pesquisas conduzidas paralelamente no Lafda-UFF se ocupam de investigar oportunidades para a visualização de coleções culturais e projeção de sistemas expográficos para fruição das réplicas 3D tanto em ambiente *web* como aplicações em Realidade Aumentada (AR).

## 6 Referências

BATISTA, D. S. **Avaliação Comparativa dos Scanners 3D Artec MHT e Cyberware WBX para aplicações em Antropometria e Ergonomia.** 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

BERNARDINO, M. R.. **Projeto de reabilitação do chalé da Escola de Arquitetura da UFF.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <<http://objdig.ufrj.br/21/teses/882052.pdf>>. Acesso em: nov. 2023.

BARROS, J. D. A. Memória e História: uma discussão conceitual. **Tempos históricos**, v. 15, n. 1, p. 317-343, 2011. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6798378>>. Acesso em: nov. 2023.

- CAP-UFF. **Escola de Patrimônio e Urbanismo - Patrimônio UFF**. 2020. Disponível em: <<https://patrimonio.uff.br/wp-content/uploads/sites/88/2020/10/ESCOLA-DE-ARQUITETURA-E-URBANISMO.pdf>>. Acesso em: nov. 2023.
- CAVALCANTI, M. R. B. **Patrimônio virtual**: a reconstrução em 3D e a preservação do patrimônio cultural. 164 fls. Dissertação (Mestrado em Preservação do Patrimônio Cultural) - IPHAN, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/2104>>. Acesso em nov. 2023.
- DA SILVA, D. C. Evolução da fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 3, n. 2, p. 81-96, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo/article/view/5467>>. Acesso em: nov. 2023.
- GIANNELLA, J. R. **Paradigmas contemporâneos para difusão e consulta de artefatos da cultura visual**. Acervo, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://revista.an.gov.br/index.php/revistaacervo/article/view/1733>. Acesso em: 15 jul. 2024.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6a. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GODIN, D.; ZAHEDI, M. Aspects of Research Through Design: A Literature Review: In: Lim, Y. *et al.* (eds.), **Design's Big Debates - DRS International Conference**, p. 16-19 June, Umeå, Sweden. 2014. Disponível em: <<https://dl.designresearchsociety.org/drs-conference-papers/drs2014/researchpapers/85>>. Acesso em mar. 2024.
- IPHAN. **Livros do tombo**. [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/608>>. Acesso em: out. 2023.
- IPHAN. **Monumentos e Espaços Públicos Tombados - Fernando de Noronha (PE)**. [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1666/>>. Acesso em: out. 2023.
- IPHAN. **Patrimônio Cultural**. [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/218>>. Acesso em: out. 2023.
- IPHAN. **Patrimônio Material**. [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/276/>>. Acesso em: out. 2023.
- IPHAN. **Rio de Janeiro: Paisagens Cariocas entre a Montanha e o Mar** [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1836/>>. Acesso em: out. 2023.
- KROEBER, A. L.; KLUCKHOHN, C. Culture: A critical review of concepts and definitions. **Papers of the Peabody Museum of Archaeology & Ethnology**, 1952.
- LEE, H.-L. What is a collection? **Journal of the American Society for Information Science**, v. 51, n. 12, p. 1106–1113, 2000.
- MOTTA, D. Um patrimônio que ressurgue literalmente das cinzas. **Rio Pesquisa (Faperj)**, n. 45, p. 9–11, 2019. Disponível em: <[http://www.faperj.br/downloads/revista/rio\\_pesquisa\\_46\\_2019.pdf](http://www.faperj.br/downloads/revista/rio_pesquisa_46_2019.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2023.
- MUNIZ, G. R.; SILVA, F. P. da; KINDLEIN JUNIOR, W.. Design, tecnologia e patrimônio: digitalização tridimensional como ferramenta de preservação de elementos de prédios históricos. **Gestão & tecnologia de projetos. São Paulo**. Vol. 13, n. 2, p. 53-66, 2018. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/138358>>. Acesso em: mar. 2024.

NORA, P.; KHOURY, A. Entre memória e história: a problemática dos lugares. **Projeto História:** Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História, v. 10, 2012. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/revph/article/view/12101>>. Acesso em: out. 2023.

POLYCAM. **Photo Mode**. Disponível em : <<https://learn.poly.cam/photo-mode>>. Acesso em jun. 2024.

RICHETTI, A.; SILVA, F. P. da; ROLDO, L. 3D scanning of Porto Alegre Museum Artifacts: the crockery of the Rocco Bakery. **Muzeologia a kulturne dedicstvo**. Museology and Cultural Heritage, vol. 10, n. 3 (2022), p. 43-59, 2022. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ufrgs.br/handle/10183/249561>>. Acesso em: out. 2023.

RODRIGUES, J. F. *et al.* Aleijadinho 3D: tecnologia na difusão e preservação do patrimônio cultural. In: SIMP Convenção do patrimônio imaterial, 7, 2013, Pelotas, RS. **Anais ...** 2013. Disponível em: [http://www.aleijadinho3d.icmc.usp.br/artigo/RodriguesJr\\_et\\_Al-7o\\_Simp-2013.pdf](http://www.aleijadinho3d.icmc.usp.br/artigo/RodriguesJr_et_Al-7o_Simp-2013.pdf). Acesso em: 3 jul. 2024.

SÁ, A. M. *et al.* Accessible digitisation and visualisation of open cultural heritage assets. **Proceedings of Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage**, pp. 59–68, 2019. Disponível em: <[https://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/7238946/Digital\\_Modernismo.pdf](https://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfiles/portal/7238946/Digital_Modernismo.pdf)>. Acesso em 29 abr. 2023.

SILVA, E. A. da. **Pipeline de reconstrução 3D de artefatos culturais utilizando diferentes câmeras de profundidade e cor**. 2022. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) Instituto de Computação, Universidade Federal da Bahia, 2022.

SMITHSONIAN. **Smithsonian 3D**. [s.l.]: [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://3d.si.edu/>>. Acesso em: out. 2023.

UNESCO. **Tangible Cultural Heritage**. [201–?]. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/en/cairo/culture/tangible-cultural-heritage/>>. Acesso em 29 abr. 2023.

UFF Campus Gragoatá. [S. l.: s. n.], 2017. Vídeo. 1min31s. Publicado pelo canal Luciano Reis. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=wlAm4anLH1c>. Acesso em: 10 jun. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE (UFF). **De La Mancha a Niterói:** Reitoria ganha escultura de Dom Quixote. 2005. Disponível em: <<http://www.noticias.uff.br/noticias/2005/06/dom-quixote.php>>. Acesso em: nov. 2023.