DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

Imagens 3D na patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais

3D Images in the patrimonialization, documentation and curatorship of digital collections

Carlos Henrique Marcondes*

Resumo: Imagens, e mais recentemente, imagens em 3D, vêm sendo cada vez mais usadas para a documentação e curadoria de acervos de patrimônio, memória e cultura. Estas imagens permitem novas potencialidades para a disseminação de acervos digitais que as imagens em 2D não permitem, como a interação com o usuário, podendo ser rotacionadas, aproximadas para ver detalhes, vistas sob várias perspectivas, como se fossem um gêmeo digital do objeto. O uso de imagens em 3D coloca novas questões para os curadores de acervos digitais, em especial, na documentação museológica. Este trabalho tem como objetivo expor, de forma introdutória, potencialidades, questões conceituais, metodológicas, tecnológicas e de políticas públicas levantadas pelo uso crescente de imagens em 3D na patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais em patrimônio, memória e cultura. Para isso levanta as tecnologias associadas, os projetos, casos de uso e as políticas públicas relativas à questão. Sistematiza as potencialidades desta tecnologia e sugere diretrizes para a curadoria de acervos digitais e possíveis políticas públicas que possam ser aplicadas no contexto brasileiro.

Palavras-chave: Imagens em 3D; documentação museológica; cultura; memória e patrimônio; acervos digitais; gêmeo digital.

Abstract: Images, and more recently, 3D images, have been increasingly used for the documentation and curation of heritage, memory and cultural collections. These images allow new potential for the dissemination of digital collections that 2D images do not allow, such as interaction with the user, being able to be rotated, zoomed in to see details, seen from different perspectives, as if it were a digital twin of the object. The use of 3D images poses new questions for curators of digital collections, especially in museum documentation. This work aims to expose, in an introductory way, potentialities, conceptual, methodological, technological and public policy issues raised by the increasing use of 3D images in the patrimonialization, documentation and curation of digital collections in Heritage, Memory and Culture. To do this, it raises the associated technologies, projects, use cases and public policies related to the issue. It systematizes the potential of this technology and suggests guidelines for the curation of digital collections and possible public policies that can be applied in the Brazilian context.

Key-words: 3D image; museum documentation; heritage; digital collection; digital twin.

1. Introdução

Imagens, e mais recentemente, imagens em 3D vêm sendo cada vez mais usadas para a documentação e curadoria de acervos de Cultura, Memória e Patrimônio (CMP). Imagens digitalizadas em 3D, ao contrário das imagens em 2D, permitem interação com o usuário, podem ser rotacionadas, aproximadas para ver detalhes, vistos sob várias perspectivas. O uso de imagens em 3D na

* Doutor em Ciência da Informação, Professor Titular do Departamento de Ciência da Informação e professor credenciado no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da UFF, professor credenciado no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Organização do Conhecimento da UFMG, pesquisador 1D do CNPq. E-mail: ch_marcondes@id.uff.br

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais, coloca novas questões conceituais, de gestão de acervos e de políticas públicas.

A partir do surgimento da Web, as instituições de CMP vêm enxergando a Web como um espaço de atuação cada vez mais importante. Estudo desenvolvido pelo Instituto Nacional de Museus e Serviços de Biblioteca dos EUA (IMLS, 2008) em 2008 sobre a utilização de museus e a sua presença na Web concluiu que "*the amount of use of the Internet is positively correlated with the number of in-person visits to museums*". Há algum tempo, portanto, que se sabe que a presença na Web, por si só, representa um incremento na visitação e divulgação dos museus. Grandes instituições passaram a formular políticas específicas para a presença na Web. A partir da sua página na Web, estas instituições articulam suas presenças em diferentes redes sociais. Esta presença na Web vem se tornando cada vez mais importante para os museus, pois permite atingir um público muito mais amplo que o público presencial. Deve ser considerado que este público pode nunca ter oportunidade de visitar o museu presencialmente. Este público não deve e não pode ser ignorado. Daí a necessidade de políticas específicas. Para este público que acessa o museu através da Web, imagens são de fundamental importância. Vários museus vêm disseminado os destaques do seu acervo através da Web priorizando galerias de imagens ao invés dos convencionais registros de metadados[1].

Em artigo relatando um dos projetos pioneiros de digitalização em CMP, o da Biblioteca do Vaticano (Mintzer *et al*., 1996), os autores chamam a atenção sobre as possibilidades abertas com a digitalização e acesso pela Web dos mais de 150.000 livros e manuscritos raros. Antes do projeto, a Biblioteca do Vaticano só era capaz de atender cerca de 2000 acadêmicos anualmente, que tinham condições de visitá-la presencialmente. A digitalização ampliou este escopo, permitindo de acadêmicos do mundo inteiro possam usufruir do seu rico acervo.

Esta questão ilustra as potencialidades dos acervos digitais em CMP. Informação digital disseminada na Web tem duas qualidades novas que a informação em suporte físico não possui. Em primeiro lugar, *alcance*, pode atingir os mais diferentes públicos, de qualquer lugar, a qualquer tempo. Em segundo lugar, *plasticidade*, recursos digitais podem ser reusados, transformados, recombinados, podendo gerar outros recursos de informação e os mais variados produtos[2].

[1] Ver https://www.europeana.eu/pt, https://www.britishmuseum.org/collection
[2] Ver https://pro.europeana.eu/index.php/project/europeana-creative-project

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

Muitos catálogos de museus na Web incorporam imagens associadas aos metadados do objeto museológico. Mais recentemente imagens em 3D vêm sendo adicionadas a estes catálogos. Imagens em 3D tem ainda outras potencialidades adicionais às imagens convencionais, elas podem ser manipuladas pelo usuário, giradas para serem vistas sob diferentes ângulos, aproximadas e afastadas. Elas promovem uma rica interação com o usuário, o mais próximo possível do que seria um clone digital, um gêmeo digital, do objeto; na verdade imagens em 3D vêm sendo chamados de "digital twins" (*Foundational research gaps and future directions for twins,* 2023). A partir destas potencialidades novas e diferentes aplicações vêm sendo desenvolvidas, como a disseminação enriquecida por imagens em 3D de registros de objetos de CMP[3], a documentação de monumentos (Themistocleus *et al*., 2022), a reconstrução de sítios arquitetônicos (Bousseta, 2022), a conservação e preservação de objetos de CMP (Franco, 2023).

Quais as potencialidades para a curadoria de acervos digitais em CMP das imagens em 3D? Qual a situação e como vêm sendo usadas as imagens em 3D para a patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais em CMP? Que questões este tipo de imagem coloca para instituições curadoras de acervos digitais e para as políticas públicas de CMP?

Este trabalho procura endereçar as questões acima; tem como objetivo expor, de forma introdutória, analisar potencialidades, questões conceituais, metodológicas, tecnológicas e de políticas públicas levantadas pelo uso crescente de imagens em 3D na patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais em CMP. Tem como objetivos secundários - fornecer um conjunto abrangente de fontes de informação; e - levantar subsídios para a elaboração de uma oficina ou disciplina acadêmica sobre o tema. Para isso levanta as tecnologias associadas, os projetos, casos de uso e as políticas públicas relativas à questão, para mostrar as potencialidades desta tecnologia e sugerir diretrizes para a curadoria de acervos digitais e possíveis políticas públicas que possam ser aplicadas no contexto brasileiro.

O trabalho está organizado conforme se segue. A seção 2 apresenta a metodologia utilizada no trabalho. Para endereçar os objetivos acima a seção 3 apresenta os resultados, subdivididos em: - subseção que apresenta a tecnologia das imagens em 3D e exemplos de casos que ilustram suas potencialidades; - subseção que discute questões conceituais envolvidas com a tecnologia de imagens em 3D

[3] Ver imagens em 3D no catálogo da Biblioteca Europeana, disponível em: https://www.europeana.eu/es/item/181/share3d_1000 . Acesso em: 17 jun. 2025.

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

aplicadas ao CMP; - subseção que apresenta um possível modelo de objeto digital de CMP e imagens em 3D como um de seus componentes; - subseção que apresenta mais aprofundadamente as tecnologias envolvidas; - subseção que apresenta projetos que envolvem o uso de imagens em 3D; e - subseção que apresenta casos de políticas públicas envolvendo o uso de imagens em 3D voltados para o CMP. A seção 4 traz as considerações finais, discute os resultados e aponta possíveis desdobramentos da pesquisa.

2. Metodologia

Esta é uma pesquisa de caráter exploratório, que utiliza um procedimento de coleta de dados documental. Para o levantamento de dados foi usado como fonte o buscador de uso geral Google e a estratégia de buscas “Heritage .AND. digital .AND. (3D .OR. twin) .AND. (technology .OR. project .OR. policy .OR. case)”. O objetivo foi identificar, de forma abrangente, o estado da arte da questão, levantar recursos de informação autoritativos, como projetos, diretrizes e manuais de boas práticas, páginas com casos de uso e de políticas públicas, que serviram de critério de seleção e de subsídio para este artigo; foram utilizados como critérios de exclusão páginas patrocinadas, de fornecedores de tecnologias associadas, artigos de blogs e vídeos com demonstrações. Também foi realizada levantamento no buscador Google Acadêmico, com a estratégia de busca “*Heritage digital twin*” para identificar autores que trabalham o tema ou relatos de experiência. Também foram utilizadas como fontes listas de discussão, com notificações sobre eventos ou seminários sobre o tema. Neste trabalho serão mostrados parte destes resultados em função da limitação de páginas e do objetivo, que é fazer uma introdução ao tema.

3. Resultados

A pesquisa no buscador Google recuperou na primeira página cerca de 70 sítios. A partir das páginas subsequentes os resultados passavam a não incluir mais todas as palavras-chaves que expressavam o interesse da pesquisa. A estes 70 sítios foi aplicado o critério de seleção. A pesquisa no buscador Google Acadêmico recuperou 21 trabalhos, o mais antigo deles publicado em 2021. Neste trabalho, como já foi explicado, não se vai explorar exaustivamente os resultados obtidos dadas as limitações de número de páginas, mas simplesmente selecionar os mais significativos para ilustrar o tema. Este é desdobrado nas seções seguintes.

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

3.1 - O que é a tecnologia de imagens em 3D e seu potencial para a disseminação de acervos digitais

Uma imagem em 3D, ou em três dimensões, ou tridimensional, é uma imagem digital gráfica gerada por computador que dá ao usuário a percepção de altura, largura e profundidade similar a de um objeto real, fornecendo a este uma experiência visual mais rica. Uma imagem em 3D, diferentemente de uma imagem digital estática, um arquivo .jpg ou .tiff, é formada não de pontos, ou pixels[4], mas por pequenos polígonos, geralmente triângulos articulados por seus lados, que dão a noção de terceira dimensão. Adiante no texto, em outra seção, isso é ilustrado na Figura 2.

Como foi dito anteriormente, imagens em 3D têm outras potencialidades adicionais às imagens convencionais, têm funcionalidades interativas. Estas potencialidades são importantes por exemplo, para imagens de artefatos, ou amostras de espécimes biológicos, que permitem que estes objetos (seus "gêmeos digitais") possam ser examinados por especialistas com uma grande riqueza de detalhes e sob diversos ângulos.

A seguir são mostrados e discutidos exemplos que mais significativos e ilustrativos encontrados.

- *Tyrannosaurus and Triceratops*, dos museus Smithsonian, projeto *3D Digitalization*[5]. Esta imagem mostra esqueletos de um tiranossauro rex e de sua presa, um triceratops.

- *Saint Laurentius Church*, imagens em 3D publicadas na Wikipedia[6]. Esta página mostra diferentes "reconstruções" digitais da igreja de São Lourenço, situada na vila de Ename, na Bélgica Flamenga. A igreja foi construída por volta do ano 1000, por Hernan, conde de Verdun. A página da Wikipedia traz reconstruções em imagens 3D de diversos períodos da igreja, mostrando claramente as alterações arquiteturais pelas quais passou a igreja ao longo do tempo (Pletinckx; Selberman; Callebaut, 2001).

- *The Parthenon Rebuilt*: *3D Image*, da *World History Encyclopedia*[7]. Trata-se da reconstrução em imagem 3D do Parthenon de Atenas (Zang, 2018).

Estes exemplos, entre outras coisas, mostram a uso de imagens em 3D aplicadas a monumentos ou sítios arquitetônicos.

[4] Uma imagem digital é formada por uma matriz de pontos luminosos, por exemplo, na tela de um computador. Cada ponto destes é um pixel, ou "picture element", a menor unidade de uma imagem digital.
[5] https://3d.si.edu/object/3d/tyrannosaurus-and-triceratops%3Ad8c62d28-4ebc-11ea-b77f-2e728ce88125
[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Saint_Laurentius_Church
[7] https://www.worldhistory.org/image3d/311/the-parthenon-rebuilt/

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

- O David de Michelangelo.[8]

- *New Atlas*[9]. Imagens em 3D cobrindo temas de História Natural, Paleologia, Biologia.

- *Smithsonian Museums, Ivory Horse Figurine from Lourdes*, France.[10]

- UNESCO *Chair on Digital Cultural Heritage* / *Digital Heritage Research Lab Cyprus University of Technology*, *The Lambousa Fishing Trawler*.[11]

- *Ministère de la Culture* / *Musée d'Archéologie Nationale*, *3D model of the Venus of Brassempouy*.[12]

- *British Museum, Statue, Neo-Assyrian, Temple of Nabu*.[13]

3.2 - Questões conceituais

Imagens em 3D também vêm sendo chamadas de "digital twins", gêmeos digitais. Este relatório define assim "digital twins":

> A digital twin is a set of virtual information constructs that mimics the structure, context, and behavior of a natural, engineered, or social system (or system-of-systems), is dynamically updated with data from its physical twin, has a predictive capability, and informs decisions that realize value. The bidirectional interaction between the virtual and the physical is central to the digital twin. (Foundational Research Gaps and future directions for digital twins, 2023, p. 3)

As imagens em 3D são o que se tem de mais similar na área de CMP de um "digital twin". Aqui esta tecnologia vem sendo chamada de "heritage digital twins" (Niccolucci; Felicetti; Hermon, 2022). Um "heritage digital twin" consiste, grosso modo, de uma ou mais imagens em 3D agregadas aos tradicionais metadados de um objeto digital de CMP. A adoção crescente desta tecnologia, como foi visto, coloca questões conceituais que é importante serem deixadas bastante claras. Estão ligadas ao fato de, se uma imagem em 3D é uma "captura da realidade", como o uso corriqueiro de fotografias na documentação museológica, ou se uma imagem em 3D é mais do que isso, é o resultado de um processo de modelagem e "reconstrução da realidade".

Embora estejamos falando de imagens em 3D como um objeto digital, a geração destas imagens envolve procedimentos e tecnologias distintas, levantando

[8] https://artsandculture.google.com/story/dAWBjX-EWTtdYA
[9] https://newatlas.com/biology/overt-project-3d-images-museum-specimens-free/
[10] https://3d.si.edu/object/3d/ivory-horse-figurine-lourdes-france:594d08ff-ce9e-4f8d-93e6-6ea591429d5e
[11] https://apsida.cut.ac.cy/items/show/49268#?c=&m=&s=&cv=&xywh=-74%2C-56%2C3062%2C2203
[12] https://www.europeana.eu/pt/item/1128/urn___mint_think_code_io_europeana_france_capuche
[13] https://sketchfab.com/3d-models/statue-neo-assyrian-temple-of-nabu-5b0fcce6567a4bccae578aa09681ab80

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

estas questões conceituais que necessitam ser esclarecidas. Imagens em 3D podem ser o produto de captura da realidade, de forma semelhante a que uma fotografia, ou podem ser o produto de um processo de reconstrução da realidade. Os exemplos anteriores da *Saint Laurentius Church* e do Parthenon de Atenas, são casos desse último. São processos que envolvem um trabalho de pesquisa, consulta a fontes, muitas vezes informações incompletas que demandam do desenvolvedor, aquele que vai construir (reconstruir a realidade) o modelo em 3D, muita conjectura, muito conhecimento do objeto a ser reconstruído e da área, muita pesquisa, de modo a permitir preencher as lacunas e chegar ao modelo em 3D. É todo um trabalho de *interpretação* diante de fontes incompletas. Um exemplo bastante atual é a reconstrução da A catedral de *Notre Dame* em Paris, parcialmente destruída por um incêndio em 2019, assistido pelo mundo todo nas telas das televisões. O processo de reconstrução e restauração da catedral como um todo e, especificamente do pináculo[14], projeto do arquiteto Viollet Le Duc no fim do século XIX, utilizou largamente as tecnologias de modelagem em 3D (Oliveira; Santiago, 2015), (Restaurada: Conheça a Nova *Notre Dame*).

Outro exemplo recente e ilustrativo do uso de imagens 3D para a reconstrução de objetos CMP é a reconstrução do chamado mecanismo de Antikythera[15], um artefato datado do século II A.C., formado por um conjunto de engrenagens articuladas como um mecanismo de relojoaria, que foi encontrado 1901 em um naufrágio perto da ilha grega de Antikythera. O objeto está hoje no Museu Herakleidon, em Atenas, Grécia. Segundo várias pesquisas que interpretaram e reconstruíram o artefato (Diolatzis; Pavlogeorgatos, 2018), (Freeth *et al*., 2021), este seria um calculador analógico capaz de prever a posição de vários corpos celestes e realizar cálculos astronômico.

Este é um caso emblemático de como a reconstrução deste artefato a partir de imagens em 3D permitiu não só sua visualização na forma original, como no caso da reconstrução da Notre Dame, mas principalmente, a *compreensão* do seu funcionamento.

A imagem em 3D do mecanismo de Antikythera na sua forma atual pode ser vista em https://sketchfab.com/3d-models/antikythera-mechanism-55d0e419ecf54e55a3c09d3319f98eaf. Sua reconstrução, de modo a permitir compreender seu funcionamento, pode ser vista em https://sketchfab.com/3d-models/the-

[14] https://en.wikipedia.org/wiki/Spire_of_Notre-Dame_de_Paris
[15] Ver https://en.wikipedia.org/wiki/Antikythera_mechanism

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

antikythera-mechanism-c7d4254f490b4dc8bbbbe05dda3b4adf. Um vídeo do Museu Herakleidon ilustrando se funcionamento pode ser visto em https://www.youtube.com/watch?v=LO_RcRjJ2u4.

Diante da distinção entre capturar a realidade e reconstruir a realidade, uma noção vem sendo cunhada na documentação de objetos de CMP, o de *paradados*. Huvila (2013 p. 98) foi um dos primeiros a trabalhar esta noção, a partir de uma definição cunhada na London Charter[16], uma iniciativa para a visualização computacional de objetos de CMP.

> information about human processes of understanding and interpretation of data objects. Examples of paradata include descriptions stored within a structured dataset of how evidence was used to interpret an artefact, or a comment on methodological premises within a research publication. It is closely related, but somewhat different in emphasis, to "contextual metadata", which tend to communicate interpretations of an artefact or collection, rather than the process through which one or more artefacts were processed or interpreted. (Bentkowska-Kafel; Denard; Baker, 2012, p.7, from The London Charter version 2.1).

Em sua acepção original paradados são um dos tipos dos metadados usados para descrever objetos de CMP, aqueles relacionados à captura ou modelagem de um objeto em uma imagem em 3D. Segundo o EUreka3D: *Good Practices for the 3D Digitisation of Cultural Heritage* (2024, p. 13), dados resultantes deste processo podem ser classificados em três categorias:

- Arquivo de Dados – dados brutos de saída do processo de digitalização, incluindo: os modelos 3D processados, dados 2D (como texturas), vídeo, áudio e texto.

- Metadados - contendo informações sobre o objeto físico e o objeto digital.

- Paradados - contendo informações relacionadas ao processo de digitalização em si e cobrindo uma ampla gama de detalhes; responsabilidade pela digitalização, condições climáticas, câmeras usadas e sua configuração (velocidade do obturador, abertura, etc.), de acordo com as recomendações de melhores práticas.1

Paradados se tornam fundamentais quando do uso de imagens em 3D em processos de reconstrução da realidade, em que entram em jogo questões de interpretação, de fontes incompletas, de conhecimento de um domínio, para sustentar decisões do modelador ao reconstruir um objeto. Estas questões foram inclusive

[16] *London Charter*, https://londoncharter.org/introduction.html

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

temas de um recente Webinar[17]. O conceito de paradados é muito ligado à documentação museológica, ao fato de que um objeto de CMP é, essencialmente, um documento (Briet, 1951). Mas o conceito de paradados é mais amplo, com aplicação na patrimonialização, documentação e curadoria de acervos digitais (Marcondes, 2024b).

Uma noção similar à de paradados, aplicada principalmente a monumentos de valor histórico ou cultural, é a de HBIM – *Heritage, or Historical, Building Information Modeling*. Na área de engenharia e arquitetura, com o surgimento das tecnologias CAD – *computer-aided design* – ou projeto assistido por computador, BIM é o conjunto de informações gerada e que deve ser mantida, sobre todas as etapas do projeto de um edifício. HBIM seria a aplicação do BIM a monumentos de valor histórico ou cultural. Aos dados técnicos das plantas, fachadas, perspectivas etc., que são mantidos em um BIM (Lee, 2023b), no HBIM estes dados são acrescidos de fotografias, filmes, documentos e plantas históricas sobre o monumento, de modo a permitir não só a preservação, mas a reconstrução do monumento. O HBIM (assim como o BIM) é um sistema de informações especializado no gerenciamento destas informações sobre um monumento. E, naturalmente, um HBIM inclui modelos 3D do monumento, seus metadados e paradados.

De acordo com Van Mensh (1992, p. 106) objetos de CMP são: "… *objects separated from their original (primary) context and transferred to a new, museum reality in order to document the reality from which they were separated*". Posteriormente, o mesmo autor complementa: "*As documents museum objects (in the sense of primary museum material) are direct (authentic) witnesses of cultural and natural phenomena*".

Em especial a patrimonialização, enquanto processo em que um objeto é trazido do seu contexto original para ser inserido no escopo de uma disciplina ou ciência, no contexto de uma instituição de CMP, implica em tomadas de decisão e atribuição social de valor (Searle, 1995) por parte do agente curador; estas decisões não são "ad hoc", mas sim ter como com base a política da instituição[18]; estas decisões, critérios etc., devem ser documentados, terem paradados.

[17] Webinar on PARADATA, METADATA and DATA in 3D Documentation of the Past, https://eureka3d.eu/webinar-paradata/
[18] Por exemplo, nos Planos Museológicos, https://www.gov.br/museus/pt-br/assuntos/planos-museologicos-orientacoes-para-os-museus.

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

A distinção entre captura da realidade e reconstrução da realidade também teve impacto nos modelos conceituais da área de CMP. O modelo CRMArcheo, derivado do CIDOC CRM, foi criado para documentar escavações arqueológicas, que utilizam, em larga escala imagens em 3D. Por sua vez o EDM – Europeana Data Model -, modelo conceitual da Biblioteca Europeana, também está sendo alterado para representar esta distinção (Europeana, 2024); o EDM vai passar a distinguir a relação de um objeto digital de CMP com uma imagem de uma reconstrução do objeto - *edm:isShownBy* – da com uma imagem que captura a realidade - *edm:hasView* -, captura o objeto como ele é, como as fotografias tradicionalmente usadas na documentação museológica.

3.3 - Objeto digital de CMP e imagens 3D

Esta subseção que apresenta, a partir de exemplos reais, as imagens 3D como um (dos) componente(s) de um objeto digital de CMP. Após examinar os exemplos reais a seção conclui propondo uma generalização, um modelo, de um objeto digital de CMP, com seus componentes;

Ao navegarmos pela Biblioteca Digital Europeana, uma das coleções em que esta subdividido seu acervo é a de objetos em 3D. Dentro desta coleção está o objeto “Bote de Subh =Pyxis of Subh”, a reconstrução em 3D de um jarro muçulmano do século VIII produzido em Córdoba, Espanha, que pode ser acessado através do “link” https://www.europeana.eu/pt/item/1092/https___bvpb_mcu_es_bib_BVPB20240000035. Neste “link”, além da imagem em 3D, podem ser acessados um conjunto de metadados que se referem tanto ao objeto físico original quanto à sua réplica em 3D, incluindo aí a instituição que detêm o objeto físico, o Museo Arqueológico Nacional, e provedor de dados para a Biblioteca Europeana[19], a Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico, uma instituição espanhola vinculada à *Subdirección General de Coordinación Bibliotecaria del Ministerio de Cultura*. Aí também se encontra o metadado identificador ou “link”, https://bvpb.mcu.es/es/consulta/registro.do?control=BVPB20240000035, que identifica este objeto (no caso, a imagem em 3D do jarro) dentro dos acervos da *Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico*, uma vez que esta é especializada em fornecer “fac-símiles” de obras raras e, mais recentemente, também imagens em 3D de objetos, como é o caso. Através deste identificador persistente se têm acesso a um conjunto mais amplo de metadados, tanto do objeto físico quanto da sua visualização

[19] A Biblioteca Europeana é um agregador de metadados fornecidos por mais de 3000 instituições europeias entre arquivos, bibliotecas e museus, os provedores de dados, no caso, a Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

em 3D, alguns repetidos do “link” original da Biblioteca Europeana, incluindo agora imagens em 2D estáticas (imagens convencionais, fotografias do objeto, no caso[20], tipologia atribuída ao objeto físico, descritores temáticos, direitos de uso tanto do conjunto de metadados quanto específicos da imagem em 3D. Além de todo este conjunto de metadados tem-se também o “link” específico para a imagem em 3D[21], armazenada, não na Biblioteca Europeana, não na *Biblioteca Virtual del Patrimonio Bibliográfico*, não no Museo Arqueológico Nacional, mas no Sketchfab, um repositório especializado no armazenamento de imagens em 3D.

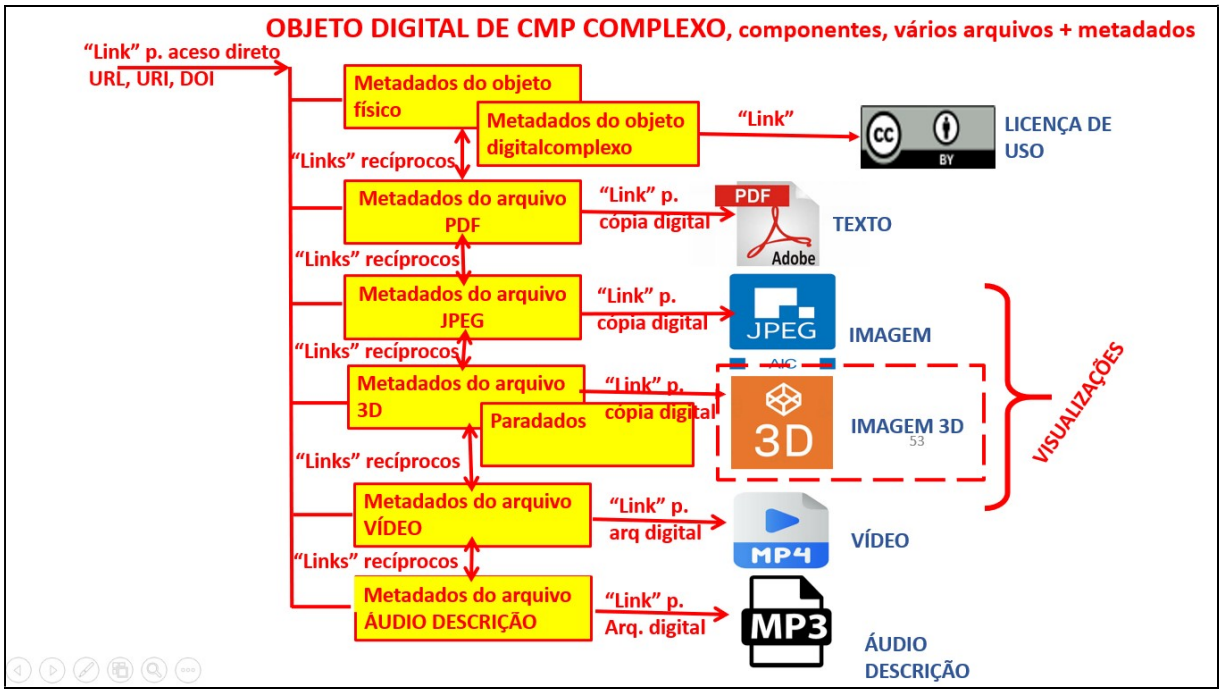
No exemplo visto, seguindo-se os diversos “links”, constata-se que o objeto digital de CMP é um objeto complexo, formado de diversos conjunto de metadados, tanto referentes ao objeto físico original quanto às suas diversas representações digitais, além de diversas representações digitais dele, descrições textuais, sonoras, audiodescrições, além de visualizações, imagens/fotos, vídeos, quanto imagens em 3D.

Muito se tem discutido sobre objetos digitais, objetos digitais de ciência, objetos FAIR e seus modelos. Em termos muito genéricos, um objeto digital é um conjunto de dados com um identificador único e persistente, independente de programas específicos de modo a poder ser acionado por programas genéricos na execução de diferentes funcionalidades (Kahn; Wilensky, 2006, p.117). Este conceito de objeto digital vem evoluindo para incorporar objetos/dados de pesquisa, objetos/dados de pesquisa que incorporam os princípios FAIR (Salles; Sayão, 2022) e objetos digitais de CMP (Marcondes, 2024a). A demanda para que acervos digitais de CMP possam ser reusados como insumos para a Ciência é crescente[22], uma vez que, entre outros, são um dos principais insumos das assim chamadas Humanidades Digitais (Padilha; Higgins, 2014), (Fenlon, 2019), (Zeng, 2019), (Lee, 2023a). Levando isso em conta, as instituições de Cultura, Memória e Patrimônio vêm trabalhando cada vez mais seus acervos com o conceito de “Coleções como Dados” (Candela *et al*., 2022).

Para estes diversos objetos digitais modelos também vêm sendo propostos (Santos *et al*., 2023). Nesta linha de raciocínio e para que fique mais clara a complexidade e os componentes de um objeto digital de CMP, um possível modelo diagramático informal, que generaliza estas questões discutidas anteriormente, é apresentado na Figura 1 a seguir.

[20] https://bvpb.mcu.es/es/media/object-miniature.do?id=208079085
[21] https://sketchfab.com/3d-models/bote-de-subh-bote-de-zamora-a5817c11a51e4fd5b2f4eef507a05158
[22] Ver o projeto europeu Digital Research Infrastructure for the Arts and Humanities (DARIAH), https://www.dariah.eu/

Figura 1 - um modelo de um objeto CMP e imagens 3D como um de seus componentes



Fonte: o autor.

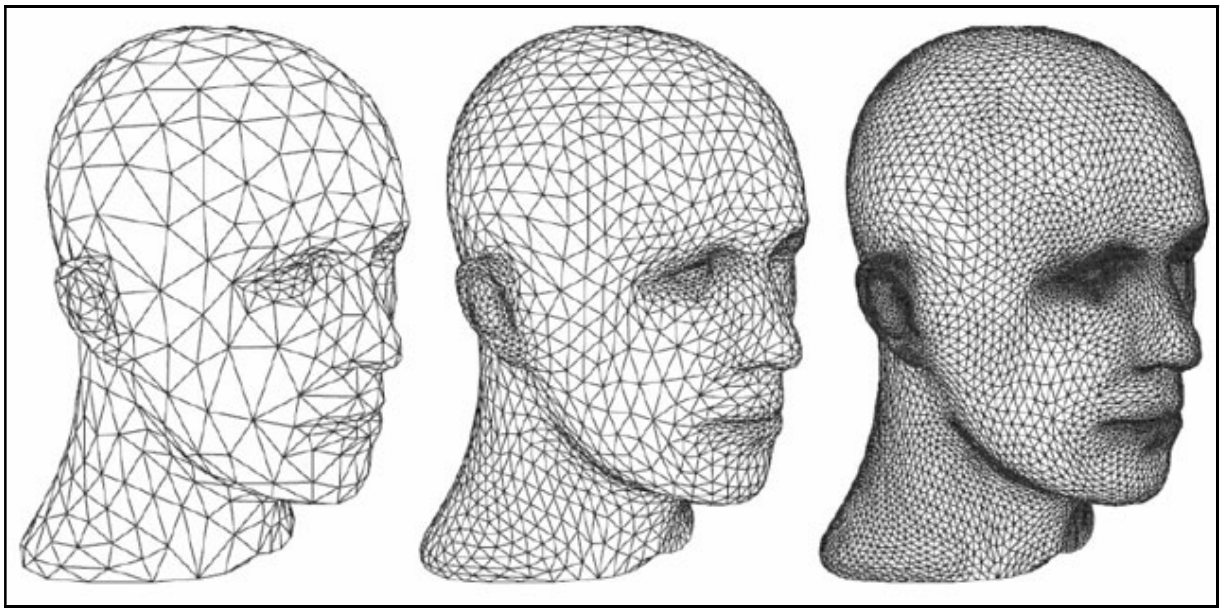
3.4 - Questões técnicas/tecnológicas

Uma imagem em 3D de um objeto é feita de uma malha de polígonos, geralmente triângulos ou quadriláteros. Polígonos e suas coordenadas na composição do objeto, representam os detalhes em 3D do objeto. Quanto maior o número de polígonos, mais detalhada será a imagem. Esta questão fica clara na figura seguinte, tirada da *Wikimedia Commons*.

A tecnologia de captura da realidade para gerar um objeto digital em 3D é chamada de Fotogrametria. Consiste, grosso modo, em fotografar um objeto muitas vezes, sob os mais diferentes ângulos ao redor do mesmo, e processar estas imagens por um programa gerando uma imagem em 3D. Esta captura da realidade através de fotografias pode usar câmeras digitais convencionais, escâneres digitais ou fotografias feitas por drones. A qualidade da imagem em 3D resultante vai depender da resolução das imagens, dos diferentes ângulos nos quais as fotos são tomadas e do quanto estas fotos são superpostas; uma boa imagem em 3D necessita que as fotos geradoras tenham um alto grau de superposição (Federman, 2017).

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

Figura 2 - Como é formada uma imagem em 3D.



Fonte: Wikimedia Commons.

A tecnologia de gerar um modelo de um objeto, real ou imaginário. chama-se modelagem em 3D. Aí está incluída a "reconstrução" parcial ou total do objeto, a partir de um fragmento ou mesmo, a partir de outras fontes de informação, como desenhos, plantas, descrições etc.) ou a imaginação e o conhecimento do modelador. Ao modelar uma imagem o modelador vai agregando, combinando e manipulando sólidos geométricos que vão formar a imagem.

Imagens em 3D como resultado de reconstrução da realidade usam programas semelhantes aos programas de CAD – *Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computadores[23], tecnologia bastante usada nas engenharias há algum tempo. Esta tecnologia é bastante complexa e pouco a pouco suas melhores práticas vêm sendo estabelecidas (Eureka3D). O uso desta tecnologia para a reconstrução de objetos de CMP como monumentos requer a captura de uma quantidade muito grande de pontos de imagens, gerando uma grande quantidade de dados, que coloca desafios relativos a seu armazenamento e processamento (Bousseta, 2023).

Um exemplo é o projeto do historiador de arte Andrew Tallon. Este pesquisador usou um escâner de 3D para escanear toda a catedral de Notre Dame de Paris, obtendo cerce de um bilhão de pontos de coordenadas, que permitiram reconstruir a

[23] Ver https://pt.wikipedia.org/wiki/Desenho_assistido_por_computador

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

catedral em 3D[24]. Os dados de Tallon foram usados agora na reconstrução física da catedral. O exemplo mostra a importância desta tecnologia para a preservação de bens de CMP contra desastres.

A tecnologia de LiDAR - *Light* Detection and Ranging[25] - detecção de luz e alcance, é uma tecnologia que cria uma imagem em 3D de objetos a partir da emissão de um raio de luz que se reflete no objeto e da captura e medição deste raio refletido. Os raios de luz são emitidos a partir de uma fonte luminosa em um avião, helicóptero ou drone e seu reflexo é captado de volta. Serve principalmente para descobrir contornos de objetos no solo que não são visíveis a olho nu. Tem sido usado para a identificação dos vestígios de povoações na Amazônia (Naísa, 2023).

Existem tecnologias de imagens que vem sendo utilizadas nas instituições de CMP, como a IIIF - International Image Interoperability Framework[26]. A IIIF é uma iniciativa de patronizar imagens, mais voltada e aplicada para imagens em 2D, que vem sendo utilizada para iconografia e tratamento de manuscritos e obras raras; disponibiliza diversas API[27]s abertas para manipulação destas imagens. Exemplos podem ser vistos na página da iniciativa.

Outra questão técnica/tecnológica importante diz respeito a quais são os formatos de arquivos para imagens em 3D e qual a sua adequação? A seguir descreve-se os formatos mais comuns, suas características e adequação.

- OBJ – “Wavefront OBJ file format”, é um formato simples, não proprietário, um dos mais antigos, para representar a superfície geométrica de um objeto 3D em termos dos vértices de seus componentes geométricos – triângulos, polígonos -, além de dados sobre a textura de suas superfícies.

- FBX – de *film box*, é um formato proprietário da *AutoDesk*, que o anuncia como um formato para animações pois, além de dados do objeto 3D (como o OBJ) contém também dados de animações. Muito usado em jogos, filmes que exijam efeitos visuais.

- USD/USDZ – USD, de *Universal Scene Description*, é um formato criado pela Pixar para cinema de animação e posteriormente tornado um formato não proprietário. Um arquivo USDZ, de *USD zipped*, é um arquivo zipado de uma pasta que contém um

[24] https://www.youtube.com/watch?v=JqENh2EAfA4, https://revistapesquisa.fapesp.br/en/notre-dame-cathedral-in-3d/
[25] Ver https://pt.wikipedia.org/wiki/Lidar
[26] Ver https://iiif.io/
[27] Application Programming Interface, ver https://pt.wikipedia.org/wiki/Interface_de_programação_de_aplicações

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

arquivo USD de nível superior e suas dependências referenciadas queITF foram compactadas com o arquivo ZIP padrão e renomeadas com um sufixo .usdz.

- gITF – de *Graphics Library Transmission Format or GL Transmission Format* é um formato não proprietário que contém a geometria de modelo 3D, aparência, hierarquia de gráfico de cena e animações.

- GLB – de *GL Transmission Format Binary file* é um formato não proprietário. Funciona como um pacote que contém todos os dados relativos a várias imagens 3D que compõe uma cena, além de texturas, materiais, animações e iluminação da cena.

Existem outros formatos de arquivos para imagens 3D, mas os descritos acima são os mais conhecidos. Mais detalhes podem ser encontrados em UM GUIA SOBRE OS TIPOS DE ARQUIVOS 3D (2025) e OS OITO FORMATOS MAIS COMUNS DE ARQUIVOS 3D (2019).

3.5 - Projetos

- ***Digital Michelangelo Projetct***,[28] Um dos projetos pioneiros (desenvolveu-se de 1998 a 2003) no uso de imagens em 3D para reconstrução de monumentos. Modelou em 3D obras do grande escultor Michelangelo Buonarotti como o David, a Pietá, a Madona com o Menino. Usou um escaner 3D para digitalizar as imagens. Um dos objetivos do projeto é disseminar e disponibilizar as imagens digitais criadas pelo Projeto[29].

- ***Eureka3D***, *European Union's REKonstructed content in 3D*[30]. Projeto apoiado pelo Digital Europe Programme da União Europeia, é uma parceria entre a Cátedra da UNESCO sobre *Digital Cultural Heritage*[31] e a *Cyprus University of Tecnology*. Seu objetivo é fornecer capacitação e treinamento para instituições de CMP que queiram utilizar a tecnologia de imagens em 3D.

- ***Global Digital Heritage***[32], é uma organização privada de pesquisa e educação, sem fins lucrativos, dedicada a documentar, monitorar e preservar nosso patrimônio cultural e natural global. Usamos visualização digital, virtualização 3D, informática geoespacial e soluções de acesso aberto para fornecer dados digitais e modelos 3D a governos,

[28] https://graphics.stanford.edu/papers/digmich_falletti/
[29] http://graphics.stanford.edu/data/mich/
[30] https://eureka3d.eu/
[31] https://digitalheritagelab.eu/
[32] https://globaldigitalheritage.org/

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

instituições regionais, museus, acadêmicos locais e ao público. Desenvolve diversos projetos em sítios de patrimônio de diversos países.[33]

- ***Heritage Together***[34]. O projeto tem como objetivo produzir imagens em 3D juntamente com comunidades locais, para reforçar seu senso de identidade.

- ***INCEPTION*** - *Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling*,[35] é um projeto europeu apoiado pelo programa Horizon 2020, que tem como objetivo inovar a modelagem em 3D do património cultural através de uma abordagem inclusiva para a reconstrução 3D dinâmica no tempo de artefatos, ambientes construídos e sociais. Tem uma abordagem para a geração de imagens em 3D a partir de dados da integração informações geoespaciais com sistemas de posicionamento global e interno (GIS, GPS, IPS), tanto por meio de interfaces de *hardware* quanto de algoritmos de *software*.

- ***TwinIt!***[36]. O projeto, lançado em junho de 2023, é uma chamada aos estados membros da União Europeia para criarem uma coleção de imagens em 3D dos maiores monumentos e obras da cultura europeia. Estas imagens estarão disponíveis no *Common European Data Space for Cultural Heritage* – Espaço Europeu de Dados Comum para o Patrimônio[37].

- ***Wikipedia GLAM*** – Galeries, Libraries, Archives and Museums[38]. Projeto ligado à Wikipedia que tem contribuído para que instituições de CMP possam digitalizar seus acervos, criar verbetes tanto da instituição quanto dos objetos de seus acervos digitalizados na Wikipedia, que ficam armazenados na *Wikipedia Commons*[39], a base de conteúdos digitais de livre acesso da Wikipedia.

3.6 - Políticas públicas

A busca feita no Google retornou muitas páginas patrocinadas, a maioria delas de empresas de tecnologia que atuam na área de imagens em 3D. Existe também um número significativo de repositórios comerciais de imagens em 3D, que permitem que autores ou criadores depositem e hospedem suas imagens e possam oferecê-las e comercializá-las; uma das aplicações mais disseminadas das imagens em 3D é seu uso em “marketing” e propaganda. O exemplo mais significativo é o repositório

[33] https://globaldigitalheritage.org/projects/
[34] http://heritagetogether.org/
[35] https://cordis.europa.eu/project/id/665220/it
[36] https://pro.europeana.eu/page/twin-it-3d-for-europe-s-culture
[37] https://pro.europeana.eu/page/common-european-data-space-for-cultural-heritage
[38] https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:GLAM
[39] Ver https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikimedia_Commons

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

Sketchfab[40]. O repositório possui uma classificação de imagens em 3D e nele se pode vender e comprar imagens em 3D para os mais diferentes fins.

Exemplos de políticas públicas são as já mencionadas, os projetos *TwiniT!*, de incentivo da criação de imagens em 3D relacionadas ao patrimônio cultural europeu, a serem depositadas no *European Data Space for Cultural Heritage*. Dentro do conjunto de serviços provido pelo *EUDAT Collaborative Data Infrastructure* está o B2HANDLE,[41] que provê às instituições de CMP identificadores persistentes para serem atribuídos aos seus objetos digitais. Outro exemplo significativo é o portal *3D Heritage*[42], que oferece às instituições de CMP europeias a infraestrutura de serviços de hospedagem, armazenamento, recuperação/segurança e preservação de suas coleções de imagens em 3D.

Os acervos com imagens digitais das instituições de CMP brasileiras representam um enorme potencial para a Cultura, Ciência, Educação e Cidadania (Bettencourt; Marcondes, 2019). As imagens em 3D acrescentam novas potencialidades a estes acervos. No entanto, a aplicação da tecnologia de imagens em 3D em instituições de CMP, apesar de seu grande potencial, é difícil de ser utilizada pelas instituições de CMP brasileiras de forma imediata e independente, dada a sua complexidade. O que se vê no panorama internacional é sua implantação gradual a partir de políticas públicas. Estas políticas públicas dizem respeito a capacitação, treinamento, elaboração de manuais e guias de boas práticas. Também se desdobram na criação de infraestruturas comuns e compartilhadas, como portais e repositórios centralizados para que as instituições de CMP possam depositar e disponibilizar suas imagens 3D.

4. Considerações finais

A tecnologia de imagens em 3D, como foi visto, traz potencialidades inusitadas, ainda pouco exploradas pela área de Cultura, Memória e Patrimônio. Com esta tecnologia instituições ampliam seu potencial para a disseminação, documentação e curadoria de acervos digitais, pelo seu potencial interativo com usuários remotos. É a tecnologia que, atualmente, permite a melhor fruição de um objeto digital de CMP através da Web, o que de mais perto se tem de um gêmeo digital. Imagens em 3D têm também um grande potencial nas tarefas de conservação e preservação dos objetos

[40] Ver https://sketchfab.com/
[41] https://www.eudat.eu/service-catalogue/b2handle
[42] Ver https://www.3d-heritage.eu/

DOI: https://doi.org/10.52192/1984-3917.2025v18n1p66-86

físicos originais, permitindo a restauração e mesmo reconstrução física destes objetos, como foi exemplificado pelo caso da catedral de Notre Dame. Além disso, a tecnologia levanta várias questões e desdobramentos no campo da CMP, que precisam ficar claras para os curadores e gestores de acervos. Esta foi a tentativa deste trabalho.

É, no entanto, uma tecnologia bastante complexa, o que a torna difícil de ser utilizada pelas instituições de CMP brasileiras de forma imediata e independente. Isto vai requer políticas públicas de divulgação, capacitação, bem como infraestruturas públicas, como portais e repositórios, que possam ser utilizados coletivamente por instituições de CMP.

Este trabalho teve como objetivo dar uma visão geral desta tecnologia, seu potencial para as instituições de CMP brasileiras, para que elas possam se acercar e se apropriar da mesma. No entanto esta visão é ainda limitada. Os recursos obtidos no levantamento feito devem ser analisados em maior profundidade, classificados, sistematizados, e outros mais identificados. Pode-se pensar em aprofundar e disseminar o conhecimento desta tecnologia através de tradução de manuais e guias de boas práticas, de realização de projetos-piloto para que o conhecimento desta tecnologia seja internalizado, a realização de oficinas e seminários sobre o tema, a realização de editais de fomento para que programas de pós-graduação se unam em consórcios para estudar, testar e disseminar estas tecnologias.

Agradecimentos

Esta pesquisa está sendo desenvolvida com o apoio da CAPES – código de financiamento 001 – e do CNPq, processo no. 305253/2017-4.

Referências

BETTENCOURT, Angela M; MARCONDES, Carlos H. Elementos para uma política brasileira de acesso integrado, utilização e preservação de acervos digitais em Memória e Cultura. *Pragmatizes*, n. 16, 2019. Disponível em: http://periodicos.uff.br/pragmatizes/article/view/27518/16801. Acesso em: 15 jun. 2019.

BOUSETTA, Badre. *3D Modeling and Cultural Heritage: Preserving the Past through Digital Reconstruction*. 2023. Disponível em: https://medium.com/@badreddinebousseta/3d-modeling-and-cultural-heritage-preserving-the-past-through-digital-reconstruction-ce0695260504. Acesso em: 17 jun. 2024.

BRIET, Suzzane. *Qu'est-ce que la documentation?* Vol. 1. Paris : Éditions documentaires, industrielles et techniques, 1951.

CRM – Conceptual Reference Model. ICOM/CIDOC - International Council of Museums, International Committee for Documentation. Disponível em: https://www.cidoc-crm.org/html/cidoc_crm_v7.1.3.html . Acesso em: 24 abr. 2023.

*CR*Marcheo. Disponível em: https://www.cidoc-crm.org/crmarchaeo/home-3. Acesso em: 27 abr. 2024.

DIOLATZIS, Ioannis S.; PAVLOGEORGATOS, Gerasimos. Deepening to Antikythera mechanism via its interactivity. *Digital applications in archaeology and cultural heritage*, v. 8, p. 10-26, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.11.005. Acesso em 24 fev. 2025.

EUREKA3D. *3D Digitalization Guidelines*. Disponível em: https://eureka3d.eu/3d-digitisation-guidelines/. Acesso em: 17 jun. 2024.

EUREKA3D. *Good Practices for the 3D Digitisation of Cultural Heritage*. EUreka3D Project, 2024. ISBN: 978-84-8496-331-8. Disponível em: https://www.europeanheritagehub.eu/document/eureka3d-good-practices-for-the-3d-digitisation-of-cultural-heritage/. Acesso em: 24 jan. 2025.

EUROPEANA. *Review of EDM to support 3D*. 2024. Disponível em: https://pro.europeana.eu/post/europeana-foundation-business-plan-2024. Acesso em: 20 abr. 2024.

FEDERMAN, A.; SANTANA QUINTERO, M.; KRETZ, S.; GREGG, J.; LENGIES, M., OUIMET, C.; and LALIBERTE, J. UAV PHOTGRAMMETRIC WORKFLOWS: A BEST PRACTICE GUIDELINE*. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W5, 237–244, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-237-2017. Acesso em: 07 mai. 2024.

FREETH, Tony.; HIGGON, David; DACANALIS, Aris; MACDONALD, Lindsay; GEORGAKOPOULOU, Myrto; WOJCIK, Adam. A Model of the Cosmos in the ancient Greek Antikythera Mechanism. *Scientific reports*, v. *11, n.*1, p. 5821, 2021. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-021-84310-w.pdf. Acesso em: 24 fev. 2025.

FENLON, Katrina. Modeling digital humanities collections as research objects. In: *2019 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL).* IEEE, 2019. p. 138-147. Disponível em: https://hcommons.org/deposits/view/hc:24890/CONTENT/fenlon_jcdl2019_researchobjects_final.pdf/. Acesso em: 30 set. 2024.

FOUNDATIONAL research gaps and future directions for digital twins. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. NATIONAL ACADEMIES PRESS, Washington, 2023. Disponível em: https://nap.nationalacademies.org/catalog/26894/foundational-research-gaps-and-future-directions-for-digital-twins. Acesso em: 19 dez. 2023.

FRANCO, Pedro Miguel da Silva. *Developing Support for the Heritage Digital Twin in Conservation*. 2023. 128 f. (Mestrado em Ciência da Computação) – Escola de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa, 2023. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/163561/1/Franco_2023.pdf. Acesso em: 16 jun. 2024.

HUVILA, Isto. The unbearable complexity of documenting intellectual processes: Paradata and virtual cultural heritage visualisation. *Human IT: Journal for Information Technology Studies as a Human Science*, v. 12, n. 1, 2013. Disponível em: https://humanit.hb.se/article/download/96/82. Acesso em: 8 abr. 2024.

IMLS. *InterConnections: The IMLS National Study on the Use of Libraries, Museums and the Internet.* IMLS, 2008. Disponível em: http://interconnectionsreport.org/. Acesso em: 25 set. 2014.

KAHN, Robert; WILENSKY, Robert. A framework for distributed digital object services. *International Journal on Digital Libraries*, v. 6, n. 2, p. 115-123, 2006. Disponível em: http://www.fikastudio.net/pdf/digital_object.pdf. Acesso em: 28 jun. 2022.

LEE, Benjamin Charles Germain. The “Collections as ML Data” checklist for machine learning and cultural heritage. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 2023a. Disponível em: https://arxiv.org/pdf/2207.02960. Acesso em: 29 set. 2024

LEE, Mike. HBIM (Historic or Heritage BIM) Explained. Layer, 2023b. Disponível em: https://layer.team/blog/hbim-(historic-or-heritage-bim)-explained. Acesso em: 29 jan. 2025.

MARCONDES, Carlos. H. Objetos digitais de cultura, memória e patrimônio como objetos FAIR. *Informação & Informação*, v. 29 n. 4, 2024a. Disponível em: https://doi.org/10.5433/1981-8920.2024v29n4p72. Acesso em: 22 jan. 2025.

MARCONDES, Carlo. H. Cultural Heritage Objects: a model of the patrimonialization process / Objetos de Cultura, Memória e Patrimônio: um modelo do processo de patrimonialização. In: ONTOBRAS 2024 - 17º Seminário de Pesquisa em Ontologias no Brasil, UFES, Vitória, ES, Anais ... *CEUR Workshop Proceedings*, v. 3905, 2024b. ISSN: 1613-0073. Disponível em: https://ceur-ws.org/Vol-3905/paper5.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

MENSCH, Peter Van. *Toward a methodology of museology*. 1992. (Unpublished Ph.D. dissertation) - University of Zagreb, Croatia, 1992.

MINTZER, Frederick C. et al. Toward on-line, worldwide access to Vatican Library materials. *IBM Journal of research and development*, v. 40, n. 2, p. 139-162, 1996.

NAÍSA, Letícia. Marcas humanas indicam grande população na Amazônia antiga. *Pesquisa FAPESP*, v. 333, nov. 2023. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/marcas-humanas-indicam-grande-populacao-na-amazonia-antiga/. Acesso em: 17 jun. 2024.

NICCOLUCCI, Franco; FELICETTI, Achille; HERMON, Sorin. Populating the data space for cultural heritage with heritage digital twins. *Data*, v. 7, n. 8, p. 105, 2022. Disponível em: https://www.mdpi.com/2306-5729/7/8/105/pdf. Acesso em: 2 mai. 2024.

OS OITO FORMATO MAIS COMUNS DE ARQUIVOS 3D. *3DFILA*, 2019. Disponível em: https://blog.3dfila.com.br/8-formatos-de-arquivos-3d-2019/. Acesso em: 29 jan. 2025.

OLIVEIRA, Mário Mendonça; SANTIAGO, Cybele Celestino. *Viollet-le-Duc e o restauro de Notre Dame*. Salvador: ed. UFBA, 2015. Disponível em: https://www.edufba.ufba.br/2015/03/viollet-le-duc-e-o-restauro-de-notre-dame/. Acesso em: 14 jun. 2024.

PADILLA, Thomas G.; HIGGINS, Devin. Library collections as humanities data: The facet effect. *Public Services Quarterly*, v. 10, n. 4, p. 324-335, 2014. Disponível em: https://thomaspadilla.org/papers/padillahiggins_humdata_postprint.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

PENJOR, Tshering et al. Heritage building information modeling (HBIM) for heritage conservation: Framework of challenges, gaps, and existing limitations of HBIM. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, v. 35, p. e00366, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054824000511. Acesso em: 29 jan. 2025.

PLETINCKX, Daniel; SILBERMAN, Neil; CALLEBAUT, Dirk. Presenting a monument in restoration: the Saint Laurentius church in Ename and its role in the Francia Media Heritage Initiative. In: *Proceedings of the 2001 conference on Virtual reality, archeology, and cultural heritage*. 2001. p. 197-204.

RESTAURADA: Conheça a nova Notre Dame. YouTube vídeo. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=80xPRM4pBZQ. Acesso em: 25 mai. 2024.

SANTOS, Luiz Olavo Bonino da Silva; SALES, Tiago Prince; FONSECA, Claudenir M.; GUIZZARDI, Giancarlo. Towards a conceptual model for the FAIR Digital Object Framework. In: *Formal Ontology in Information Systems*. IOS Press, 2023. p. 227-241.

SMITHSONIAN. 3D Digitalization. *Tyrannosaurus and Triceratops*. Disponível em: https://3d.si.edu/object/3d/tyrannosaurus-and-triceratops%3Ad8c62d28-4ebc-11ea-b77f-2e728ce88125. Acesso em: 14 jun. 2024.

SAINT Laurentius Church. WIKIPEDIA, 2023. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Saint_Laurentius_Church. Acesso em: 25 jan. 2024.

SEARLE, John. *The Construction of Social Reality*. New York: The Free Press, 1995.

SPIRE of Notre-Dame de Paris. WIKIPEDIA, 2024. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Spire_of_Notre-Dame_de_Paris . Acesso em: 14 jun. 2024.

THEMISTOCLEOUS, Kyriacos et al. The use of digital twin models to document cultural heritage monuments. In: *Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications XIII*. SPIE, 2022. p. 55-64. Disponível em: https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/12268/122680C/The-use-of-digital-twin-models-to-document-cultural-heritage/10.1117/12.2636332.short#_=_. Acesso em: 16 jun. 2024.

UM GUIA SOBRE OS TIPOS DE ARQUIVOS 3D. Adobe, 2025. Disponível em: https://www.adobe.com/br/products/substance3d/discover/3d-files-formats.html. Acesso em 29 jan. 2025.

ZENG, Marcia Lei. Semantic enrichment for enhancing LAM data and supporting digital humanities. Review article. *El profesional de la información*, v. 28, n. 1, e280103, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.3145/epi.2019.ene.03. Acesso em: 20 set. 2022.

ZHANG, Myles. The Parthenon Rebuilt. *World History Encyclopedia***.** 05 Oct 2018. Web. Disponível em: https://www.worldhistory.org/image3d/311/the-parthenon-rebuilt/. Acesso em: 14 jun. 2024.

Data de recebimento: 26.02.2025

Data de aceite: 25.04.2025