

AS INTEROPERABILIDADES NO PROCESSO DA DOCUMENTAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL

INTEROPERABILITIES IN THE CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION AND COMMUNICATION PROCESS

INTEROPERABILIDADES EN EL PROCESO DE DOCUMENTACIÓN Y COMUNICACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL

Simone Helena Tanoue Vizioli¹, Alfonso Ippolito², Gisele Martins¹, Gabriel Pazeti¹, Giovana Alves Ferreira¹ e Eduardo Galbes Breda de Lima¹

RESUMO:

O presente artigo coloca em discussão o complexo processo de documentação do patrimônio cultural, desde a concepção do projeto de mapeamento 3D, passando pela aquisição maciça de dados, escaneamento a laser ou fotogrametria, análise e gestão do data base, elaboração de desenhos científicos e modelos *Mesh* e HBIM, até a saída/comunicação das informações, procurando alcançar os objetivos pré-estabelecidos (educação patrimonial, manutenção, conservação e restauro do patrimônio cultural, entre outros). Neste processo, as interfaces, que aqui serão denominadas de interoperabilidades, são ainda hoje, um desafio para os atores do processo, sejam eles os produtores ou receptores da informação. Para tanto, este texto estrutura-se a partir das cinco interoperabilidades presentes no *workflow* do processo: a interoperabilidade semântica e internacional, a organizacional, a intercomunitária, a técnica e a humana. A pesquisa foi dividida em três momentos: a) revisão bibliográfica; b) experimentação e c) análise e discussão dos resultados. Especificamente quanto à interoperabilidade técnica, isto é, a interface entre os diferentes softwares e entre diferentes meios de representação, a pesquisa se baseou na metodologia de investigação por Design Science Research (DSR), a partir da identificação de uma problemática, aplicação de uma hipótese de otimização da interface entre os modelos *Mesh* e o modelo HBIM, avaliação e análise da mesma, conclusão e aprendizagem com o processo realizado. O estudo que serviu de suporte para discutir as diferentes interoperabilidades no processo da documentação patrimonial foi o Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo, em São Carlos-SP.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Patrimonial; Documentação Patrimonial; Dados Digitais; HBIM.

¹Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP)

²Sapienza Università di Roma

Fonte de Financiamento:
Projeto FAPESP
2018/18958-0.

Conflito de Interesse:
Não há conflitos de interesse.

Submetido em: 22/04/2022
Aceito em: 10/10/2022

How to cite this article:

VIZIOLI, S. H, T. IPPOLITO, A. MARTINS, G. PAZETI, G. FERREIRA, G. A. de LIMA, E. G. B. As interoperabilidades no processo da documentação e comunicação do patrimônio cultural. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. São Carlos, v18, n2, 2023. <https://doi.org/10.11606/gtp.v18i2.196860>



ABSTRACT:

This article discusses the complex process of documenting cultural heritage, from the conception of the 3D mapping project, through massive data acquisition, by laser scanning or photogrammetry, analysis and management of the data base, elaboration of scientific drawings and models Mesh and HBIM, until the output/communication of information, seeking to achieve pre-established objectives (heritage education, maintenance, conservation, and restoration of cultural heritage, among others). In this process, the interfaces, which will be called interoperability here, are still a challenge for the actors in the process, whether they are producers or receivers of information. Therefore, this text is structured from the five-interoperability present in the workflow of the process: semantic and international, organizational, inter-community, technical and human interoperability. The research was divided into three moments: a) bibliographic review; b) experimentation and c) analysis and discussion of results. Specifically, regarding technical interoperability, that is, the interface between different software and between different means of representation, the research was based on the investigation methodology by Design Science Research (DSR), from the identification of a problem, application of a hypothesis optimization of the interface between the mesh models and the HBIM model, evaluation and analysis of the same, conclusion and learning from the process carried out. The study that served as a support to discuss the different interoperability in the process of heritage documentation was the Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo (USP), in São Carlos-SP.

KEYWORDS: Heritage Education; Heritage Documentation; Digital Data Base; HBIM

RESUMEN:

Este artículo aborda el complejo proceso de documentación del patrimonio cultural, desde la concepción del proyecto de mapeo 3D, pasando por la adquisición masiva de datos, escaneo láser o fotogrametría, análisis y manejo de la base de datos, elaboración de diseños y modelos científicos Mesh y HBIM, hasta la producción/comunicación de información, buscando alcanzar objetivos preestablecidos (educación patrimonial, mantenimiento, conservación y restauración del patrimonio cultural, entre otros). En este proceso, las interfaces, que aquí denominaremos interoperabilidad, siguen siendo un desafío para los actores del proceso, ya sean productores o receptores de información. Por tanto, este texto se estructura a partir de las cinco interoperabilidades presentes en el flujo de trabajo del proceso: interoperabilidad semántica e internacional, organizacional, intercomunitaria, técnica y humana. La investigación se dividió en tres momentos: a) revisión bibliográfica; b) experimentación y c) análisis y discusión de los resultados. Específicamente en cuanto a la interoperabilidad técnica, es decir, la interfaz entre diferentes softwares y entre diferentes medios de representación, la investigación se basó en la metodología de investigación de Design Science Research (DSR), a partir de la identificación de un problema, aplicación de una hipótesis de optimización del interfaz entre los modelos Mesh y el modelo HBIM, evaluación y análisis del mismo, conclusión y aprendizaje del proceso realizado. El estudio que apoyó la discusión de las diferentes interoperabilidades en el proceso de documentación patrimonial fue el Centro de Divulgación Científica y Cultural de la Universidad de São Paulo, en São Carlos-SP.

PALABRAS CLAVE: Educación Patrimonial; Documentación de Activos; Información digital; HBIM

INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte de um Acordo de Cooperação Internacional entre o IAU USP e a “Sapienza” Università di Roma e integra os projetos de pesquisa que vêm sendo desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa em Estudos e Linguagem da Arquitetura e Cidade do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (N.elac - IAU-USP) com base nos estudos do Departamento de História, Desenho e Restauro da Sapienza, procurando destacar as potencialidades e desafios no processo de documentação e comunicação do patrimônio cultural.

O presente artigo coloca em discussão a complexidade do processo de documentação do patrimônio cultural, desde a aquisição científica de dados, análise, elaboração de novas informações até a comunicação dos resultados aos diversos públicos. Neste processo, as interfaces, que aqui será denominado de interoperabilidades, são ainda hoje um desafio para os atores do processo, sejam eles os produtores ou receptores da informação. Como estrutura deste artigo, emprestam-se os termos que definem as diferentes interoperabilidades existentes no processo das bibliotecas digitais (SAYÃO, MARCONDES, 2008) aplicando-as nas interfaces das diversas etapas do processo de documentação, entre eles os produtos da fase de aquisição de dados e geração de modelos *Mesh*, por meio da fotogrametria, e o modelo HBIM (*Heritage Building Information Model*), (interoperabilidade entre os softwares Agisoft Metashape e Autodesk Revit).

Quanto aos procedimentos metodológicos, a pesquisa dividiu-se em três momentos: espaço de informação (revisão bibliográfica), espaço de experimentação (*Rilievo*) e espaço de reflexão (análise dos resultados). Na interoperabilidade técnica, a pesquisa pautou-se na metodologia de investigação por *Design Science Research* (DSR), que se dedica na identificação de um artefato ou problemática, aplicação de uma hipótese; avaliação e análise da mesma; conclusão e aprendizagem com o processo realizado. (VOORDIJK, 2009; DRESCH, LACERDA & ANTUNES, 2015).

Como estudo de caso para discutir as diferentes interoperabilidades no processo da documentação até a comunicação sobre o patrimônio cultural, foi adotado o Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo, (CDCC - USP), em São Carlos.

INTEROPERABILIDADE

O ODLIS (*Online Dictionary for Library and Information Science*) traz a definição do conceito de interoperabilidade como a capacidade de um sistema de *hardware* ou software de se comunicar e trabalhar efetivamente na troca de dados com outro sistema, geralmente de tipos e fornecedores diferentes. Transportando para o processo de documentação patrimonial, pode-se construir um paralelo entre as diferentes fases do processo: organização; aquisição e análise de dados; elaboração de novos dados; comunicação de dados.

Na visão de Ukoln (2005 apud SAYÃO & MARCONDES, 2008), a interoperabilidade pode ser considerada como processo contínuo de assegurar que sistema, procedimentos e cultura de uma organização sejam gerenciados de tal forma que possibilitem a maximização das oportunidades para intercâmbio e reuso de informação.

Este artigo discorre sobre as diferentes interoperabilidades no processo de documentação e comunicação patrimonial:

- Interoperabilidade semântica e internacional;

- Interoperabilidade organizacional;
- Interoperabilidade intercomunitária;
- Interoperabilidade técnica;
- Interoperabilidade humana.

INTEROPERABILIDADE SEMÂNTICA E INTERNACIONAL

Tomando-se emprestada a definição das interoperabilidades presentes nos estudos sobre biblioteca digital, a interoperabilidade semântica e internacional é o significado ou semântica das informações de diferentes origens, ela é solucionada por meio de ferramentas comuns de representação da informação, como classificação e ontologias. É necessário conduzir bem a língua, atentar às diferenças linguísticas, normas e padrões. No caso do processo de documentação patrimonial em questão, existem inúmeros termos nacionais e internacionais, sendo necessária uma homogeneização dos mesmos para facilitar as pesquisas, permitir a compreensão por profissionais de outras áreas, isto é, a construção de um glossário temático. Já existe no livro de Bianchini, Inglese e Ippolito (2016) um início de trabalho de onde foram extraídas algumas definições que serão utilizadas neste artigo. A adoção de um glossário internacional insere-se no debate da interoperabilidade semântica. Apenas como ilustração nacional, por exemplo, tem-se os termos PLANTA e PLANTA BAIXA, onde o segundo incorre em um erro semântico segundo as Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), porém é muitíssimo utilizado na literatura técnica atual.

Apenas como ilustração da importância consensual sobre termos específicos e com o intuito de auxiliar a leitura deste texto, seguem-se alguns termos:

Eidotipo: Eidos = aspecto/forma + tipo, uma representação a mão livre do real, em suas proporções e articulações, analisando as características formais típicas do objeto a ser levantado (KUHL, 2019). Este termo não é usualmente adotado no Brasil, porém, na Itália, desde o primeiro ano de graduação nas Escolas de Arquitetura, adota-se o conceito nas atividades de representação e projeto. O eidotipo não é um croqui ou um desenho de caderno de viagem, mas corresponde ao que no Brasil convencionou-se chamar de “desenho de levantamento”.

Rilievo: é o processo no qual a partir de um objeto existente elaboram-se diversos elementos para a sua reconstrução, interpretando a ideia projetual que em sua grande maioria não confere com o que foi de fato construído (MIGLIARI, 2004).

Modelo numérico (nuvem de pontos): é uma síntese matemática dos dados adquiridos durante o processo de levantamento. Cada uma das informações adquiridas, métricas ou cromáticas, é registrada e transcrita por meio de tabelas síntese nas quais cada linha é referida a uma única medição e cada coluna relata valores numéricos relacionada à informações de pontos no espaço que determinados softwares permitem visualizar por meio de um sistema cartesiano (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

Mesh: superfície poligonal plana, genericamente triangular ou quadrangular, definida por vértices, arestas, faces e direção normal.

Modelo matemático: modelo cuja forma é descrita através de equações paramétricas que definem a superfície. Entre entidades matemáticas mais usadas para este fim, atualmente tem-se as superfícies NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*) (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

Modelo geométrico (2D e 3D): o modelo geométrico é composto por pontos, linhas e superfícies, que convenientemente dimensionados ao tamanho do suporte e submetidos a operações de projeção e corte, levam a representação gráfica, ou reproduzidos de forma virtual, produzem um modelo Digital 3D. Ainda que seja desprovido de informações quanto às cores e a materialidade do objeto, o modelo geométrico é uma importante ferramenta para o estudo volumétrico, geométrico e das proporções e relações entre os elementos dentro da composição arquitetônica (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

Modelo texturizado (Mesh): modelo obtido com técnicas baseadas em processamento digital de imagens que utiliza mapeamento de textura para definir detalhadamente os aspectos formais e o estado de conservação do organismo. O modelo texturizado é adequado tanto para usuários gerais, pois tal representação é muito próxima da realidade, quanto para usuários especializados, pois o grau fotográfico está vinculado a informações métricas (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

Desenho geométrico ou modelo geométrico 2D: genericamente, pode ser definido como as projeções de objetos tridimensionais em uma superfície plana, com o intuito de deduzir suas propriedades e relações (CHING, 2010). O “novo desenho geométrico”, segundo Bianchini, Inglese e Ippolito (2016), é um desenho que mesmo desprovido de informações cromáticas e materiais, é de grande utilidade no estudo de volume, geometria e proporções na compreensão da posição recíproca e das relações entre os elementos dentro da composição arquitetônica.

Desenho arquitetônico ou modelo arquitetônico 2D: com a base do desenho geométrico, descreve a configuração dos elementos mensurados tal como interpretados para detecção em termos de material e qualidade cromática da superfície, além do estado de conservação do objeto.

Structure from Motion: é uma das técnicas de restituição fotogramétrica que permite gerar modelos numéricos a partir de fotos; é conhecido também como *Dense Stereo Matching* - DSM, baseado nos fundamentos da estereorrestituição (TOLENTINO, GROETELAARS, 2017).

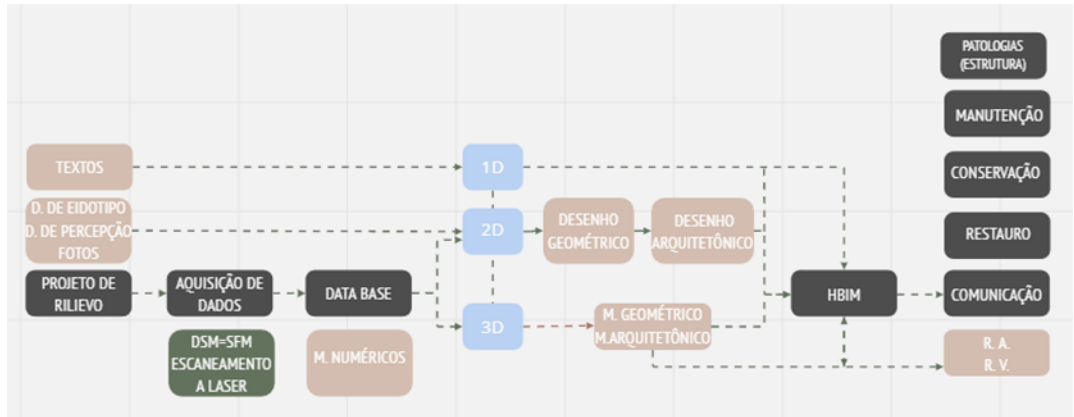
INTEROPERABILIDADE ORGANIZACIONAL

Ainda segundo Sayão e Marcondes (2008), o ser humano individualmente não tem capacidade cognitiva em absorver o atual volume de informações colocados à sua disposição, principalmente com o advento da internet. Fazendo-se uma analogia no campo da documentação patrimonial, com a acessibilidade às tecnologias de aquisição de dados, como o laser scanner, tem-se evidente a mesma problemática. É preciso estruturar o fluxograma da informação desde a organização das informações existentes, análise de novos dados e comunicação. Nesse contexto, pode-se elencar três momentos de interoperabilidade organizacional, as quais devem ser geridas e planejadas: aquisição de dados; leitura e análise de dados; elaboração de dados e comunicação dos dados.

Tomando como referência o *workflow* da Figura 1, elaborado a partir do *workflow* de Bianchini, Inglese e Ippolito (2016), é possível identificar diferentes momentos de intercâmbio de dados, sejam eles textuais, gráficos ou tridimensionais, além de interfaces entre o operador e o receptor da informação. Assim, a primeira etapa de uma documentação patrimonial é a elaboração de um projeto/planejamento de trabalho, denominado neste texto como Projeto de *Rilievo*, no qual deve-se identificar os objetivos da pesquisa, as finalidades do mapeamento, as metodologias que serão empregadas, como e onde serão armazenados os dados, como os resultados serão disponibilizados para sociedade, entre outros procedimentos.

Figura 1. Workflow do processo de documentação patrimonial

Fonte: Autores, 2022



Legenda da Figura 1:

D = Desenho

DSM = Dense Stereo Matching

SFM = Structure from Motion

M = Modelo

HBIM = Heritage Building Modeling

As interoperabilidades estão presentes nas fases de aquisição, análise, elaboração e comunicação dos dados, tenham elas sido desenvolvidas analógica, digital ou hibridamente, simbolizadas pelo tracejado.

Aquisição de dados

Segundo Carpo (2017), nos anos 1990, é possível afirmar que as novas máquinas digitais (não mais “novas”) eram usadas para implementar a velha ciência que se conhecia, isto é, toda a ciência era transferida para as novas plataformas computacionais que estavam sendo descobertas. Hoje, pelo contrário, os computadores podem funcionar melhor e mais rapidamente se a eles for permitido seguir um método diferente, não humano e pós-científico. Carpo afirma ainda que, em um sentido metafórico, os computadores estão agora desenvolvendo sua própria ciência - um novo tipo de ciência. Nos anos 1990, havia uma certa falta de dados computacionais e, hoje, lida-se com um excesso de dados. Há ainda uma outra relação, aquela na qual o homem não mais controla os dados do computador, a simbiose homem-computador é dominada pela máquina, e se o homem assim o permitir, a máquina caminhará sozinha para a sua própria concepção (CARPO, 2017 apud VIZIOLI, 2021, p. 80).

Nesse contexto, a gestão da aquisição de dados passa a ter papel fundamental no processo do conhecimento. Para uma efetiva organização de dados, é preciso identificar a tipologia de dados que serão processados, existentes ou novos. No caso de dados existentes, trata-se de uma sistematização criteriosa, referenciada e contextualizada, como por exemplo, a evolução histórica e cartográfica em que o objeto de estudo está inserido. No caso da captura e geração de novos dados, é necessária a adoção de procedimentos científicos no processo e análise dos elementos que compõem os novos dados.

Ainda na parte inicial do projeto, tem-se a fase do desenho, seja ele um “eidotipo” ou um desenho de observação perceptivo do edifício e seu contexto. Esta fase interopera com as demais fases do processo no sentido que um eidotipo permite, por exemplo, a compreensão de informações dimensionais gerais que, por sua vez, permite planejar a quantidade e distribuição das estações de coleta de dados de acordo com as características do objeto; as características topográficas permitem uma avaliação de distâncias, inclinações e espaçamento amostral. O

desenho de percepção, por sua vez, além de registrar o olhar do pesquisador para o todo e as partes do objeto usando os sentidos humanos, constrói uma imagem do objeto na mente do observador, que alimentará a produção dos novos dados durante todo o *workflow*. Por exemplo, quando da elaboração dos desenhos arquitetônicos que retratam cientificamente a realidade, utilizando-se a metodologia híbrida, isto é, extração de dados por todos os recursos disponíveis, fotos, modelos numéricos, geométricos, modelos arquitetônicos, *structure from motion* (SfM), também, retomam-se as informações perceptivas do início do processo e a cognição do pesquisado. Essa interoperabilidade acompanhará a elaboração dos novos dados a todo momento, a consulta aos dados massivos, por exemplo, permite a cientificidade dos novos desenhos, enquanto a percepção do olhar permite graduar graficamente o estado de conservação da fachada observada nas fotos e no SfM.

No processo da documentação do patrimônio histórico, segundo Bianchini, Inglese e Ippolito (2016), a fase de aquisição de dados é submetida a uma cuidadosa fase de estudo preliminar capaz de orientar as possibilidades de medição, escolhendo previamente os pontos significativos e as discontinuidades que serão posteriormente medidas. Ao contrário do que se possa levar a crer, a fase de aquisição, ainda que realizada com ferramentas tecnologicamente avançadas, envolve ainda uma comparação com algumas questões críticas e metodológicas: o tipo e complexidade do objeto a analisar, as potencialidades e os limites dos diferentes instrumentos, a correta abordagem na sua utilização, o impacto destes na rapidez e qualidade não só do processo de levantamento, mas também nas fases subsequentes de tratamento e restituição dos dados. O desenvolvimento do projeto de pesquisa constitui, portanto, um momento fundamental de todo o processo.

No estudo de caso desta pesquisa especificamente, o Centro de Documentação Científica e Cultura da Universidade de São Paulo (CDCC USP), não foi realizado o modelo numérico por escaneamento a laser, foi utilizado o modelo numérico por fotogrametria para a obtenção da nuvem de pontos. A tomada fotográfica foi realizada utilizando-se uma câmera fotográfica Nikon D 3100. Para o projeto da construção do modelo texturizado optou-se por delimitar parte da fachada, incluindo apenas os três arcos frontais. Foram obtidas 68 fotografias, englobando uma imagem de toda a fachada, fotografias do hall interno, fotografias de detalhes e fotografias próximas à fachada, com a mesma distância do objeto, mas em quatro alturas diferentes e com 40% de sobreposição das áreas fotografadas para facilitar o reconhecimento do objeto a partir da técnica *Dense Stereo Matching* (DSM).

Para o processamento das fotografias, foi utilizado o software Agisoft Metashape Professional. Não foram utilizados marcadores físicos sobre as paredes da fachada, os quais foram posteriormente adicionados de forma digital no software. Foram utilizados no total 105 marcadores (targets), que auxiliaram na correlação dos pixels e no alinhamento das câmeras, proporcionando 67 câmeras alinhadas e permitindo a criação do modelo *Mesh* com detalhes importantes da fachada.

Com a utilização do RPA (*Remotely Piloted Aircraft System*) Mavic 2 PRO da DJI com câmera Hasselblad L1D-20c. A L1D-20c, foi possível realizar a captura de fotos do coroamento do módulo central do edifício. As imagens foram tiradas com o uso do software Pix4D para o planejamento de voo da aeronave. Ao todo foram realizadas quatro missões com um total de 199 imagens capturadas a cada um metro em relação ao eixo x, y e z em modo automático a fim de alcançar uma melhor resolução e uma padronização da sobreposição, necessárias para o reconhecimento e triangulação dos pontos para a formação do *Mesh* no software Agisoft Metashape, possibilitando um modelo verossímil da geometria e textura do ornamento real.

Figura 2. Nuvem de pontos e Mesh texturizado dos arcos da fachada

Fonte: Giovana Alves Ferreira, 2021

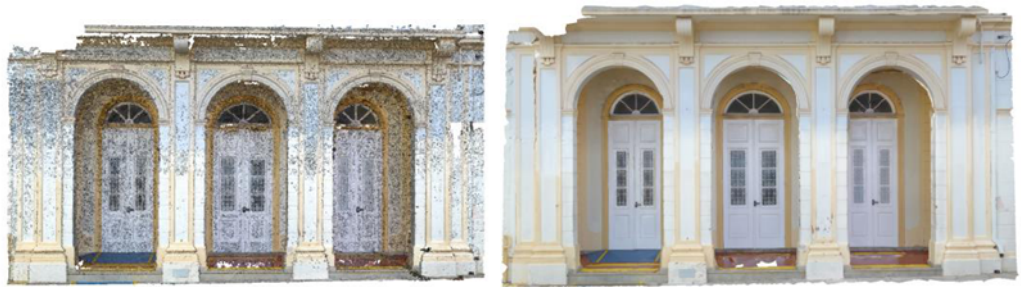


Figura 3. Modelo tridimensional e fotografias inseridas no software

Fonte: Giovana Alves Ferreira, 2021

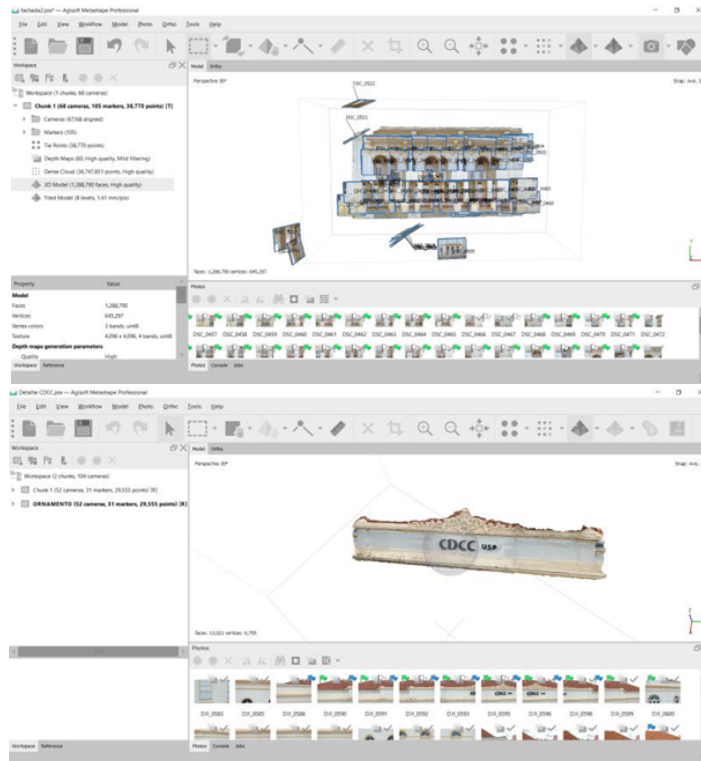


Figura 4. Mesh texturizado do ornamento da fachada

Fonte: Gabriel Pazeti, 2021

Leitura e análise de dados

As operações de aquisição e processamento de dados não terminam apenas com a elaboração de modelos 2D e 3D, mas com a formulação de várias hipóteses ligadas a uma leitura crítica dos mesmos. Além disso, não é apenas através da elaboração de desenhos bidimensionais e da construção de modelos tridimensionais que se tem uma visão global do objeto analisado. No domínio do Patrimônio Cultural, é necessário traçar um quadro cognitivo o mais completo possível do ponto de vista histórico e cultural, proporcionado apenas por análises históricas prévias e aprofundadas e pelo estudo de fontes iconográficas e bibliográficas.

O modelo numérico deve ser considerado apenas como um dado tendencialmente objetivo, resultado de um processo de aquisição quase totalmente automatizado, no qual se baseiam os cálculos subsequentes. A nuvem de pontos, independentemente do modo de exibição ou navegação, não pode ser considerada uma elaboração gráfica crítica do artefato, pois carece da

síntese necessária das fases subsequentes de leitura e interpretação (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

Elaboração de dados

Se as operações de aquisição de dados dizem respeito à fase inicial do levantamento, a sua seleção, interpretação e comunicação permitem completar o processo de levantamento. O retorno dos dados é um momento complexo, ligado ao que se deseja comunicar sobre o objeto analisado. Esta fase articula-se primeiro no reconhecimento do material adquirido, depois na análise dos aspectos peculiares e na avaliação das várias questões, de acordo com os objetivos previamente definidos e eventualmente com os utilizadores a quem o produto se destina.

Com o advento dos sistemas digitais acrescentou-se a necessidade de desenvolver habilidades não negligenciáveis em *hardware* e *software* para controle e processamento de dados. O desenvolvimento de sistemas para representação bidimensional e modelagem tridimensional no ambiente digital é caracterizado pela correspondência entre o objeto real e sua abstração geométrica. A construção de modelos 2D e 3D permite passar de um objeto real à sua representação através da seleção de algumas das inúmeras informações que o caracterizam (BIANCHINI, INGLESE, IPPOLITO, 2016).

O uso correto e o domínio das técnicas de representação garantem a eficiência e o controle dos mecanismos na criação de modelos gráficos e a correspondência biunívoca entre o elemento real e sua contraparte virtual. Em geral, existem duas possibilidades para a construção de um modelo tridimensional: modelagem numérica e modelagem matemática. No primeiro caso, a partir da nuvem de pontos, é criada uma superfície de interpolação que, como tal, afeta todos os pontos levantados; no segundo caso, por outro lado, são utilizadas superfícies NURBS que, como superfícies de aproximação, passam apenas por algumas seções obtidas a partir dos dados numéricos adquiridos pelo scanner a laser 3D.

Comunicação dos dados

Esta fase está inserida na interoperabilidade organizacional enquanto planejamento e estratégia, mas pode ser tratada como um tipo específico de interoperabilidade, a interoperabilidade humana.

INTEROPERABILIDADE INTERCOMUNITÁRIA

Nas áreas de pesquisa, é necessário atentar-se à veracidade do que é registrado, uma vez que o ruído criado por informações não condizentes com a realidade pode influenciar trabalhos futuros ou prejudicar a confiabilidade das informações do documento. Para tanto, a documentação científica deve ser realizada com base em protocolos estabelecidos, os quais tornarão possível sua futura utilização em atividades como preservação e restauro do patrimônio sem que haja perda ou imprecisão nas informações. Nesse sentido, pesquisa em fontes primárias tal como coleta de dados históricos e documentos são fundamentais para o alicerce da pesquisa.

Assim, paralelamente à interoperabilidade organizacional, durante a fase de projeto, coletou-se o maior número de informações sobre o objeto de estudo. Para a pesquisa, foi selecionado um importante patrimônio arquitetônico localizado na cidade de São Carlos (SP/Brasil), o Centro de Documentação Científica e Cultura da Universidade de São Paulo (CDCC USP). Construído pela Società Dante Alighieri e inaugurado em 1908, a edificação é caracterizada pelo estilo eclético paulista que marcou a região no final do século XIX e início do século XX pela influência italiana. O estilo eclético é caracterizado pela mescla dos estilos gótico, neoclássico e art nouveau. O edifício foi adquirido em 1985 pela Universidade de São Paulo, concretizando a importante ligação entre a Universidade e a Comunidade e facilitando o acesso

da população aos meios e aos resultados da produção científica e cultural da Universidade. (CONCEIÇÃO, 2020).

Figura 5. Mapa da localização do edifício na cidade de São Carlos com a Poligonal do Patrimônio Histórico

Fonte: Autores, 2022



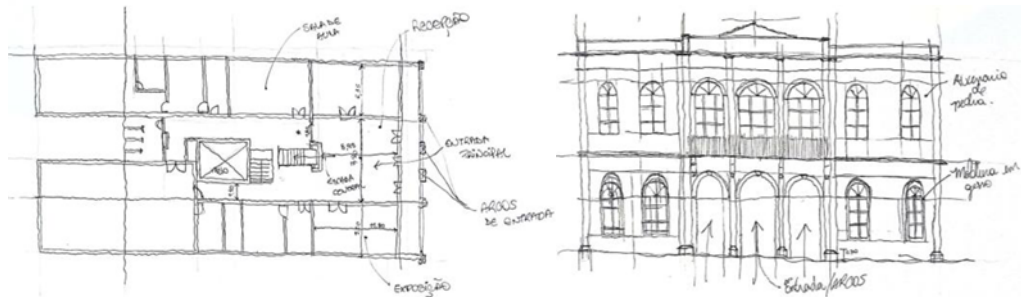
Figura 6. Fotos da fachada do CDCC-USP

Fonte: Autores, 2022



Figura 7. Eidotipos da planta e fachada do CDCC-USP

Fonte: Gabriel Pazeti, 2022



Num segundo momento do processo, também é possível identificar a interoperabilidade intercomunitária quando da execução de modelos 2D, isto é, desenhos precisos baseados na aquisição e análise de dados massivos, cuja feitura atende aos protocolos de execução de modelos geométricos e arquitetônicos 2D. Com o desenvolvimento e acessibilidade às novas tecnologias, atualmente é possível realizar um *Rilievo* a partir da extração de dados massivos de processo como o escaneamento a laser. Porém, tal processo resulta em uma enorme quantidade de dados, que devem ser processados, analisados e transformados em informações fidedignas, que possam ser consultadas e que contribuam cientificamente para outras pesquisas ou consultas. O desafio atualmente não se restringe à aquisição de novos dados, mas também à gestão desses dados.

A partir das experiências do Departamento de História, Desenho e Restauro da “Sapienza” Università di Roma, onde o processo descrito no workflow da Figura 1 vem sendo colocado em prática desde 2000, uma das maneiras de condensar a enorme quantidade de dados de um *rilievo*, num primeiro momento, pode ser por meio da execução do “novo” desenho geométrico, que permite a organização da enorme quantidade de informação de natureza diversa para a sua exploração otimizada. O desenho geométrico torna-se uma espécie de guia operacional na escolha de quais porções de dados contidas em um banco de dados devem ser mais adequadas para a resolução das diversas atividades relacionadas ao conhecimento, aproveitando ao máximo as potencialidades oferecidas por essas tecnologias.



Figura 8. Exemplo de desenho geométrico da fachada do CDCC-USP

Fonte: Giovana Alves Ferreira, 2022

Outro exemplo de desenho importante no processo descrito deste estudo de caso, que viabiliza a interoperabilidade intercomunitária, é o desenho arquitetônico ou modelo arquitetônico 2D. Sua definição já foi apresentada no item da interoperabilidade semântica, trata-se de um desenho que faz uso dos dados integrados, isto é, baseia-se em todas as fontes adquiridas, modelos numéricos, SfM, documentos, entre outros, para a produção de um desenho realista e técnico, com informações sobre o material, textura e estado de conservação, que permita que outros profissionais, do campo do restauro, por exemplo, possam confiar suas pesquisas e ações em sua representação.

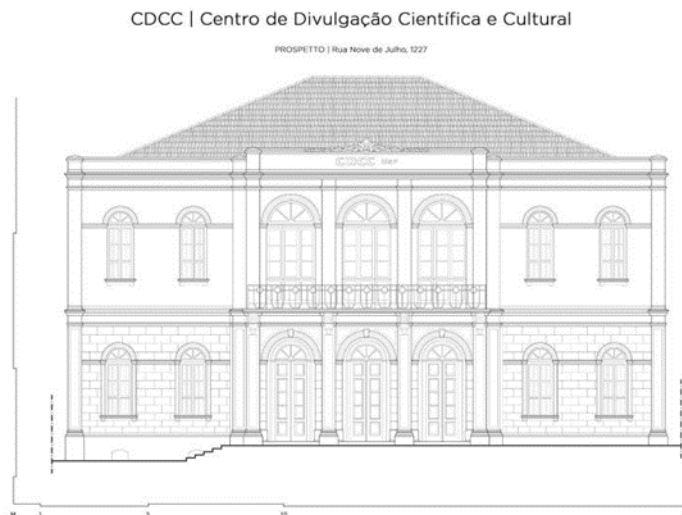


Figura 9. Exemplo de desenho arquitetônico da fachada do CDCC-USP

Fonte: Giulia Luffarelli, 2021

INTEROPERABILIDADE TÉCNICA

Interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais componentes de software cooperarem apesar das diferenças de linguagem, interface e plataforma de execução. É uma maneira escalável de reutilização, preocupando-se com o reuso de recursos. A interoperabilidade técnica é o contínuo desenvolvimento de padrões de comunicação, transporte, armazenamento e representação de informações, através do envolvimento de um conjunto de organizações. É de competência da Tecnologia da informação facilitar a convergência de padrões, onde seja possível ter um conjunto de padrões no sistema em benefício da comunidade.

Tecnologias inovadoras incorporadas à Arquitetura se revelam por meio de software que potencializam o processo projetivo. Aliado às premências da conservação do patrimônio cultural, vive-se hoje um momento de constante desenvolvimento de tecnologias expressado por métodos e técnicas no contexto da cultura digital. Estes, por sua vez, se mostram capazes de auxiliar no processo de documentação, preservação e gestão patrimonial. Os procedimentos tradicionais ocorrem de forma complexa, envolvendo vários agentes especialistas, em decorrência das características dos objetos a serem registrados, dos diferentes requisitos de qualidade e de resolução. Profissionais de conservação do patrimônio estão em busca de recursos computacionais mais eficazes para aquisição, processamento, armazenamento e gerenciamento das informações e comunicações. A seleção das tecnologias (*hardware e software*), a determinação dos procedimentos, workflows apropriados e a constatação de que os produtos apresentam semelhança em relação às especificações técnicas, representam dificuldade (STYLIANIDES; PATIAS; QUINTEIRO, 2011).

Encontrou-se nas tecnologias de sensoriamento remoto e varredura uma alternativa para os métodos de levantamento manuais, já que possibilitam reunir grande densidade de informações de forma rápida, compilando com precisão a configuração real dos objetos, contendo suas irregularidades e imperfeições decorrentes do processo construtivo, e as deformações e desgastes decorrentes do ciclo de vida da edificação (GROETELAARS; AMORIM, 2012). Segundo Simon (2000), a fotogrametria vem em auxílio da preservação, para preencher a lacuna entre a documentação, planejamento e implementação de novas intervenções na arquitetura, independente da característica conservadora ou inovadora. Os modelos *Mesh* gerados pela fotogrametria (Agisoft Metashape) apresentam riqueza de detalhes e texturas.

O método de estereorestituição baseia-se na utilização simultânea de duas fotografias de um mesmo objeto (chamado de estereopar), obtidas com centros de perspectiva diferentes, de forma que as direções dos eixos óticos da câmara nos dois posicionamentos, sejam paralelas entre si (ou próximas a isso) e perpendiculares ao plano do objeto. Essa condição, chamada caso normal, é similar à visão humana e garante a visualização estereoscópica do objeto (quando as fotografias estão devidamente combinadas), efeito este que é usado na restituição do objeto fotografado. A estereorestituição foi, e ainda é, um dos métodos fotogramétricos mais utilizados em levantamentos urbanos e arquitetônicos, por apresentar elevada precisão e permitir o levantamento de qualquer tipo de objeto, sem restrições quanto à forma geométrica, como na monorestituição. (GROETELAARS; AMORIM, 2004).

O DSM representa o estado da arte com relação às técnicas fotogramétricas automatizadas para obtenção de modelos geométricos de formas complexas. O funcionamento da técnica DSM baseia-se na correlação automática de conjuntos de pixels homólogos em diferentes fotos para a geração do modelo geométrico do tipo "nuvem de pontos" ou da malha triangular irregular (Triangular Irregular Network - TIN), dependendo da ferramenta utilizada (GROETELAARS, 2015).

Ainda, de acordo com Dezen-Kempton et al. (2015), existem diversas pesquisas sendo realizadas com o intuito de comparar métodos e tecnologias de captura da realidade para elaboração de modelagens tridimensionais *as-built/as-is*. Sejam elas voltadas para a manutenção e operação de edifícios existentes (DAI et al., 2013; HUBER et al., 2011; KLEIN et al., 2012; TANG et al., 2010) ou para edifícios com caráter de preservação histórica (CHEVRIER et al., 2010; PENTTILÄ et al., 2007; SORIA-MEDINA et al., 2013), porém objetivando a tomada de decisões para conservação, restauro preventivo e reabilitação. A partir de métodos de varredura, como a fotogrametria digital, o DSM e o 3D Laser Scanning, é possível extrair informações de maneira rápida e precisa, produzindo a modelagem de nuvens de pontos e modelos *Mesh* por processamento digital.

Incorpora-se aos recursos da tecnologia o uso de RPA, os popularmente chamados drones, que possuem diversas vantagens por permitirem uma documentação sem perdas de qualidade em regiões de difícil acesso e com extrema velocidade de varredura de áreas extensas, como sítios arqueológicos, fachadas e detalhes de objetos (CAMPOS, CATTANI, DA SILVA, 2020).

HBIM

O principal avanço em um modelo BIM é a parametrização e a incorporação de informações ao modelo, nível de Informação (LoI) (DORE, MURPHY, 2013).

Enquanto o processo BIM é executado para novos projetos principalmente na área da construção civil, o processo HBIM, segundo Attenni, Bianchini e Ippolito (2019) compreende modelos tridimensionais informativos, definidos no nível geométrico e semântico que partem da aquisição de dados massivos, nos quais se faz presente a decomposição da arquitetura e a sua reconstrução através das operações de modelação, sempre que possível paramétricas. Importantes questões são apontadas no processo HBIM: a relação entre a modelagem semântica e a continuidade das superfícies que definem a arquitetura existente; a relação entre a padronização dos componentes em que se baseiam os processos BIM, irregularidades geométricas e heterogeneidade da materialidade; a confiabilidade dos modelos construídos e a avaliação da diferença, não apenas em termos métricos, mas também conceituais, entre a definição de um modelo ideal, caracterizado por um forte componente interpretativo, e pela precisão objetiva da pesquisa (tradução nossa, ATTENNI, BIANCHINI, IPPOLITO, 2019, p. 285).

Compreender como decompor a arquitetura e depois reconstruí-la através de processos BIM é essencial para poder dar regras à construção do modelo. Se, de fato, pode ser mais fácil aplicar o processo a uma arquitetura racionalista, pela repetição geométrica ou pela possibilidade de encontrar informações relacionadas com o inevitável problema de não se poder conhecer real e completamente o edifício, a composição dos seus elementos construtivos e os seus constrangimentos. Isso faz com que o modelo construído não seja representativo do estado atual, mas de fato, um modelo ideal, o que, no entanto, alimenta o surgimento de outras questões. (ATTENNI, BIANCHINI, IPPOLITO, 2019, p. 294).

As dificuldades de operacionalidade dos modelos *Mesh* e HBIM, os quais requerem *hardware* com maior memória e velocidade ao processarem modelos tridimensionais altamente detalhados, estão na interoperabilidade entre eles, resultando em alguns casos, em modelos HBIM de alta resolução que demandam muita memória no *hardware*. Pode-se dizer então que apesar do reconhecimento dos potenciais de utilização integrada dessas tecnologias (aquisição de dados massivos e HBIM), a interoperabilidade entre elas apresenta uma lacuna envolvendo a complexidade e a operacionalidade no processo de trabalho.

Tem-se utilizado nuvens de pontos e modelos *mesh*, gerados a partir do *Rilievo*, para modelagem geométrica manual em software BIM, como o Autodesk Revit, e esse processo além de moroso apresenta perdas de informação e representação (MANFERDINI, REMONDINO, 2012; DEZEN-KEMPTER et al., 2015; TANG et al., 2010).

Ainda em Dezen-Kempton et al., 2015, afirmam que os desafios específicos à engenharia reversa diante das abordagens para o reconhecimento dos objetos utilizados para a modelagem *as-built* baseada em tecnologia BIM, diante de dados capturados pelas tecnologias de varredura, ainda encontra-se em aperfeiçoamento.

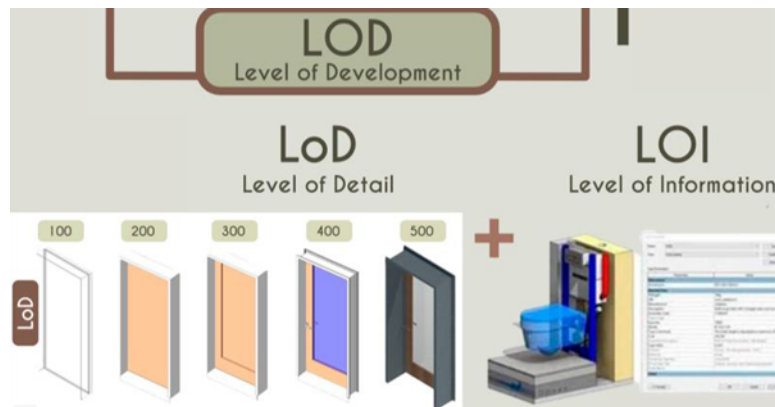
Assim como os modelos BIM (Pas 1192-2, 2013), os modelos HBIM também podem apresentar diferentes níveis e os termos frequentemente encontrados para eles são: LOD (nível de desenvolvimento), LoD (nível de detalhe) e LoI (nível de informação). Estes termos não são definidos em uma lei ou padrão, mas são concebidos para melhorar a comunicação. É importante entender exatamente o que os três termos significam:

- *Level of development* (LOD) - o nível de desenvolvimento inclui a representação gráfica e o nível de informações vinculados à família. O nível de desenvolvimento é frequentemente abreviado com LOD e mencionado em documentos relacionados ao HBIM, como o protocolo HBIM. O nível de desenvolvimento é o termo mais geral, é menos útil para acordos detalhados e divide-se em LoD e LoI;
- *Level of Detail* (LoD) - nível de detalhe é a representação gráfica da família. Uma família com um nível ou detalhe baixo, por exemplo, possui uma forma geométrica simples, como um cubo ou cilindro, e não contém nenhum material especificado. O nível de detalhe, diferentemente do nível de desenvolvimento, não diz nada sobre as informações vinculadas à família;
- *Level of information* (LoI) - nível de informação é usado para indicar o nível de informação vinculado a uma família, desempenhando um papel importante em um modelo HBIM. Uma família com um nível muito alto de informações inclui, por exemplo, folhas de dados específicas do fabricante e instruções de manutenção.

Pensar além do nível de desenvolvimento sozinho impedirá que dados (gráficos ou informativos) sejam adicionados desnecessariamente ao modelo. Por exemplo, pode ser bastante útil para um projeto no qual o LOD500 (em conexão com a manutenção) é solicitado, por exemplo, para sugerir a modelagem do nível ou detalhe em um nível inferior ao nível da informação. A imagem (Figura 10) abaixo exemplifica a diferença entre os três termos.

Figura 10. Exemplo ilustrativo de LOD, LoD e LoI

Fonte: Autores, 2021



Por meio da conjunção das modelagens de nuvem de pontos e HBIM, utilizando um modelo *Mesh* (criado a partir da varredura digital 3D), de maneira pragmática, deduz-se que o mesmo não apresentará grandes perdas da informação se aplicado no nível da informação (LoI) do

modelo HBIM. Contribuindo assim, para uma melhor solução de utilização dos modelos, destacando o ganho dos patrimônios culturais.

Durante o processo de pesquisa foram realizados testes para inserção no Revit, do modelo *Mesh* texturizado gerado a partir da fotogrametria no software Metashape. O método tradicional utilizado hoje é feito pela importação do modelo pela nuvem de pontos ou então cria-se uma família genérica e importa-se o *Mesh*, e a partir deste modelo é desenvolvida a remodelagem manual do modelo HBIM (paramétrico). Constatou-se a possibilidade de exportar o *Mesh* do Metashape em PDF3D, possibilitando a inserção do modelo nos parâmetros de informação do modelo HBIM. Sendo assim, o modelo HBIM não necessita de um nível de modelagem gráfica (LOD) tão alto e detalhado, porém o nível de informação (LOI) existente na caixa de parâmetros traz alto detalhamento gráfico adquirido por meio da fotogrametria (Figura 11).

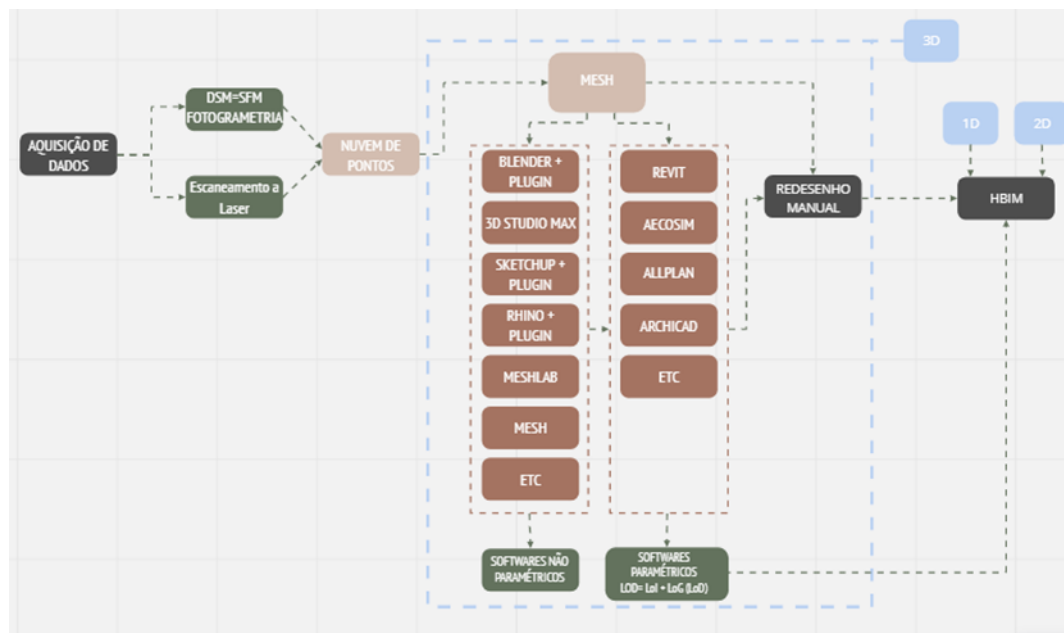


Figura 11. Diagrama da hipótese da pesquisa

Fonte: Autores, 2021

Alguns softwares são capazes de criar um modelo *Mesh* dos mapeamentos tridimensionais, como por exemplo o Blender, o 3D Studio Max e o Sketchup. A limitação desses pauta-se na impossibilidade de inserção de informações e parametrizações, ou seja, o modelo é somente visual gráfico 3D, não revelando o que uma determinada forma representa, como: uma parede, uma janela, uma porta etc., conforme ocorre no modelo HBIM.

Tal como indicado na parte superior do diagrama, o processo utilizado atualmente acontece de forma manual para interação e interoperabilidade entre os modelos com o redesenho a partir da nuvem de pontos ou *Mesh* dentro do software Revit. Esse método apresenta perda de precisão e de informações gráficas, pois representar determinados detalhes e texturas se configura como uma tarefa difícil, além do longo tempo necessário para fazê-lo. Os balões em cinza escuro trazem a hipótese da utilização do modelo *Mesh* inserido no nível da informação (LoI) do modelo HBIM já estabelecido, não necessitando de níveis gráficos (LoD) muito detalhados.

A partir do processo descrito acima obteve-se o modelo *Mesh* texturizado esperado por meio da tecnologia da fotogrametria, e então foi viável a exportação pelo próprio software Metashape do arquivo com extensão PDF 3D. Arquivos nesse formato propiciam a visualização de um modelo 3D em um formato PDF, no qual é possível rotacionar e alterar o zoom do modelo. O PDF 3D é uma extensão que pode ser visualizada em leitores de PDF específicos que

possuem tal função. Desta forma, foi explorada a utilização da extensão FBX, que pode ser aberta em um visualizador 3D gratuito do Windows ou em sites leitores de arquivos 3D, possibilitando o mesmo efeito visual do PDF3D.

A Figura 12 apresenta um detalhe da fachada do imóvel reproduzido no LoD do modelo HBIM do Revit e o acesso para o link do FBX dentro do LoI do modelo.

Figura 12. Detalhe da fachada no Lod e link do FBX no Lol

Fonte: Autores, 2021

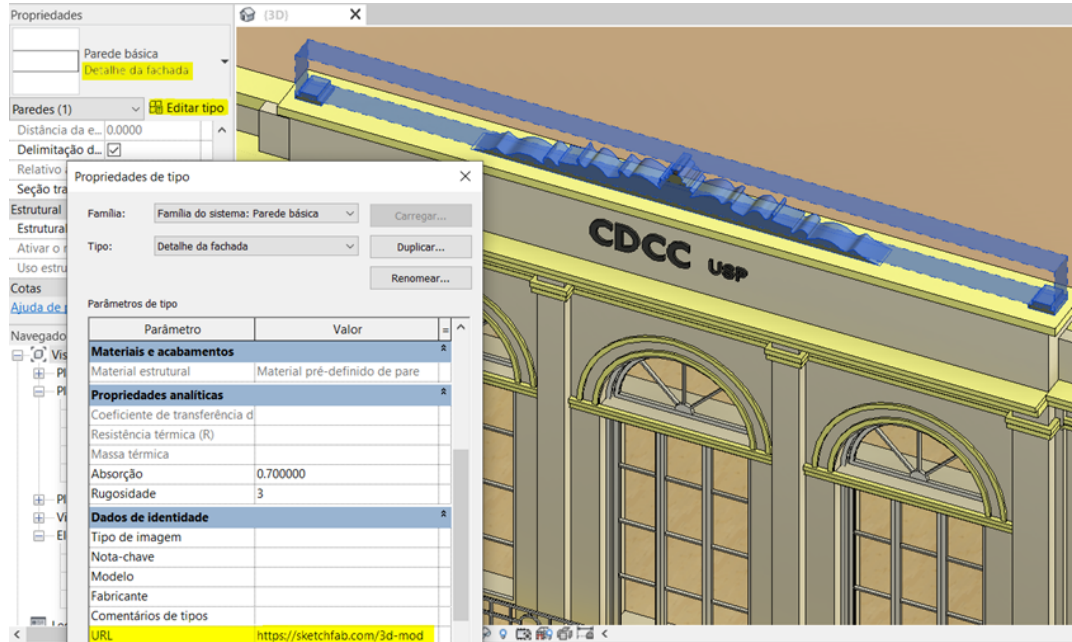
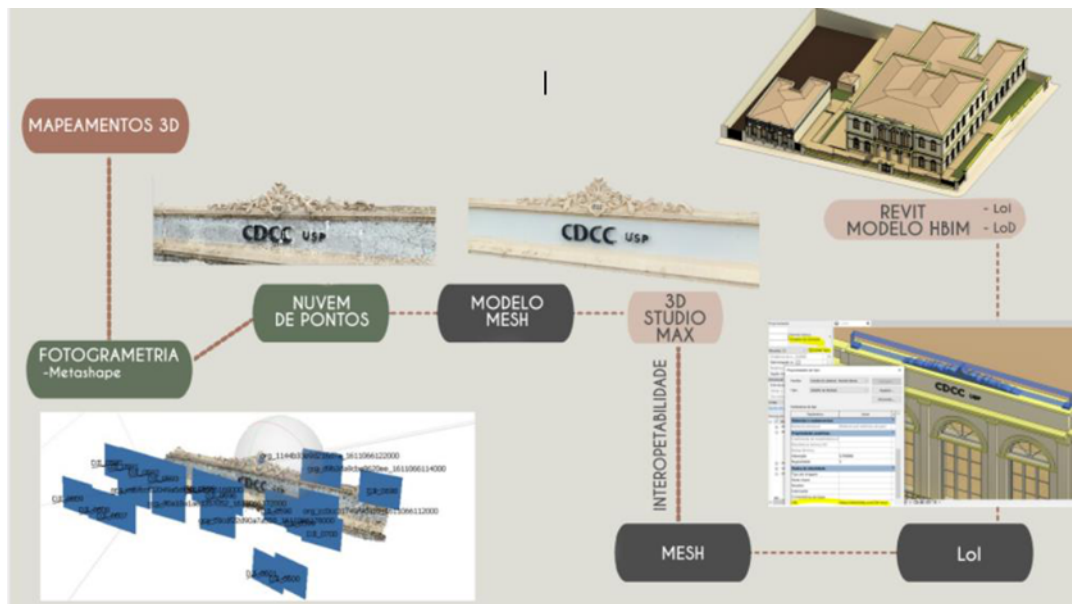

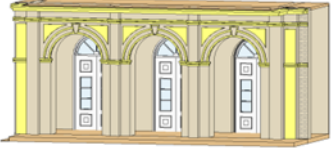






Figura 13. Exemplo do workflow aplicado no estudo de caso do CDCC

Fonte: Autores, 2021



A utilização conjunta das duas tecnologias (fotogrametria e HBIM) permite uma documentação em níveis de detalhamentos superiores às atuais documentações. O modelo HBIM é limitado quanto ao desenho preciso de ornamentos complexos, além de exigir boas configurações de *hardware*, contudo com o uso da fotogrametria, torna-se possível com a inserção das informações construtivas do patrimônio e de detalhamentos complexos dos ornamentos e texturas verossímeis dentro do nível de informação (LoI) do Revit contornando o uso de *hardwares* custosos.

	Detalhe Ornamento	Fachada
Modelo HBIM		
Nuvem densa de pontos		
PDF 3D gerado a partir do Mesh		

Quadro 1.
Comparação entre os modelos hBIM, a nuvem de pontos e o resultado em PDF 3D gerado a partir do FBX

Fonte: Autores, 2021

PROCESSO UTILIZADO ATUALMENTE		PROCESSO APLICADO NO ESTUDO DE CASO	
Modelo HBIM produzido manualmente a partir do Mesh		Modelo HBIM com modelos Mesh em LoI e LoD	
Vantagens	Desvantagens	Vantagens	Desvantagens
Fidelidade gráfica dos modelos HBIM em relação ao real	Dificuldade em extrair textura e detalhes	Visualização de texturas e detalhes	Menor nível de detalhes gráficos no modelo HBIM
	Processo moroso e manual	Inserção direta do modelo Mesh (sem redesenho)	Não possui o modelo gráfico HBIM total detalhado e com textura real
	Tamanho do arquivo	Arquivo mais leve	
		Associar às informações do modelo (LOI) detalhes reais	
		Compreensão detalhada e verossímil do objeto real a partir do acesso do modelo HBIM	

Quadro 2.
Vantagens e desvantagens do procedimento de interoperabilidade de forma manual e o processo proposto na pesquisa

Fonte: Autores, 2021

Os resultados preliminares consistiram em vincular informações tridimensionais (modelos *Mesh* em extensão PDF 3D) aos modelos HBIM, por meio da inserção no nível de informação LoI de uma modelagem HBIM no Revit. Tenciona-se a avaliação de métodos de modelagem e obtenção de informações mais complexas no Revit, além do uso integrado de diferentes programas e estudos de interoperabilidade entre formatos de arquivos para visualização e gestão do objeto de estudo. O que se pretendeu neste caso foi a inserção de partes de modelos *Mesh* no nível da parametrização dos modelos HBIM, de forma que a visualização dos detalhes fosse graficamente possível sem a perda de informação. Pode-se dizer que o LoI do modelo HBIM ganhou um alto nível e o *Mesh* contribuiu com mais informações e detalhes gráficos. Sendo assim, o tempo e esforço para a modelagem gráfica do modelo HBIM no campo do Lod foi menor e não necessitou de tantos detalhes gráficos. Por meio da conjunção das modelagens, de maneira pragmática, constata-se que o processo não apresenta grandes perdas da informação.

INTEROPERABILIDADE HUMANA

Além dos distintos tipos de interoperabilidade explicitados anteriormente, é possível destacar uma última, que se diferencia pelo foco na disponibilização pública de informações e conhecimentos a toda população. De acordo com Sayão e Marcondes (2008), o acesso livre e comum de dados, fundamentado na democratização do acesso à compreensão sobre um tema, pode ser considerado um aspecto essencial da chamada interoperabilidade humana, facilitada atualmente pelos meios digitais.

Nesse sentido, a maneira pela qual uma organização opta por registrar e divulgar suas informações é fundamental para evitar a exclusão digital de indivíduos (SAYÃO, MARCONDES, 2008). Os smartphones pessoais, cada vez mais acessíveis, podem ser evidenciados como ferramentas individuais que potencializam a democratização da informação da web para distintos públicos, sendo, portanto, um dos principais meios para acesso a dados disponíveis na web. A partir desse contexto, a seguir serão apresentadas algumas tecnologias que facilitam a divulgação e disponibilização pública do conhecimento em plataformas diversas, como sites e repositórios, tendo em vista, principalmente, o acesso via smartphones.

Uma das tecnologias que permite a democratização do acesso à informação de forma ampla é o *Quick Response Code*, também conhecido popularmente como código *QR* ou *QR code*. De acordo com Marques e Pereira (2014) essa ferramenta foi criada pela Denso Wave Corporation em 1994, com o intuito de auxiliar no controle de estoque e gestão do inventário de peças automobilísticas. A partir de 2003, começou a ser adotada para a transferência de dados para celulares, considerando a facilidade de escanear as informações a partir das câmeras dos smartphones e da instalação de aplicativos para a leitura desse tipo de código.

O *QR code* é um código bidimensional, ou seja, é capaz de comportar dados em duas direções. Isso possibilita que a tecnologia tenha o potencial de armazenar um total de 7.089 números, 4.296 alfanuméricos, 2.953 binários ou 1.817 kanjis (VAZQUEZ-BRISENO et al., 2012 apud SOSTER et al., 2018). Como exemplo de aplicação do *Quick Response Code*, segundo Marques e Pereira (2014), a tecnologia pode auxiliar na democratização do acesso de espaços virtuais criados a partir de espaços concretos, atuando na divulgação global de edifícios e pontos de interesse de cidades, os quais anteriormente eram conhecidos apenas localmente.

Juntamente a essa possibilidade de utilização do QR code para a divulgação de edifícios em uma escala global, é possível destacar uma outra tecnologia, que pode ser utilizada com intuito semelhante: o tour virtual baseado na web. De acordo com Cho, Wang e Fesenmaier (2002), o advento da internet e seu desenvolvimento representa a criação de um instrumento interativo, flexível e acessível por todo o mundo, além de, em conjunto à *World Wide Web*, permitir o

acesso de diversos tipos de dados online e experiências virtuais. Dessa forma, a elaboração dessas experiências baseadas em uma plataforma ampla como a web possui o potencial de oferecer, de forma econômica, alcance a informações multimídia diversas - a partir de informações textuais, gráficas, sonoras, entre outras - além de possibilitar a interação em tempo real entre humanos e computadores (WERTHERNER e KLEIN, 2000 apud CHO, WANG e FESENMAIER, 2002).

Os tours virtuais baseados na web utilizam esse potencial da internet e da *World Wide Web* para disponibilizar, de maneira massificada, acesso a um espaço virtual produzido a partir de espaços concretos. Um dos principais campos em que essa tecnologia é explorada é no turismo, devido a possibilidade do usuário experienciar o destino de interesse antes da viagem, permitindo a avaliação prévia do valor da viagem a ser realizada (CHO, WANG, FESENMAIER, 2002; CHIAO, CHEN, HUANG, 2018). No entanto, além desse uso, é possível ressaltar a potencialidade dessa tecnologia para a divulgação do acesso ao patrimônio edificado e distintos patrimônios culturais em uma escala que supera a local e a regional, atingindo um alcance global.

Com base nesse contexto, é possível citar o exemplo do tour virtual do edifício sede do Centro de Divulgação Científica e Cultural da USP (CDCC/USP), localizado na polígona de interesse histórico de São Carlos (SP - Brasil), como aprofundado anteriormente. O desenvolvimento dessa experiência virtual teve como intuito principal a documentação, disseminação e democratização do acesso ao patrimônio edificado e os patrimônios culturais existentes em seu interior (HIILESMAA et al., 2021). Para isso, diversas tecnologias foram empregadas no levantamento do produto realizado, como fotografias 360°, fotogrametria e *GIFs*, permitindo a execução de uma visita virtual multidisciplinar.

A partir da plataforma Lapentor, de criação de tours virtuais baseados na web, foi possível inserir elementos de interação em tempo real denominados *hotspots*. Esses recursos enriqueceram a experiência virtual, pois permitem a locomoção entre imagens panorâmicas, utilizadas como base da visita virtual, além da visualização de elementos multimídia, como visualização de informações em forma de texto, imagem e *GIFs*. Outros *hotspots* ainda redirecionam o usuário para a visualização de dados em links externos, como é o caso de vídeos e modelos 3D de objetos expositivos do tour virtual (HIILESMAA et al., 2021). Dessa forma, foi possível explorar o potencial da internet e da *World Wide Web* para o acesso a informações de múltiplos tipos, além de usufruir de seu amplo alcance para democratizar o acesso ao conhecimento, seja por smartphones ou computadores pessoais, uma das características fundamentais da interoperabilidade humana.

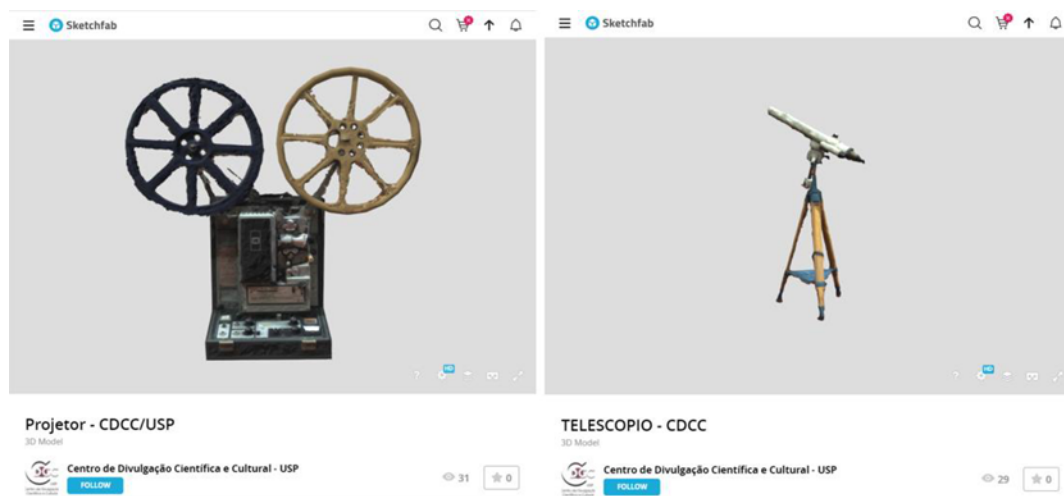


Figura 14. Imagens dos modelos 3D de dois objetos expositivos em links externos ao tour virtual

Fonte: Autores, 2021

Figura 15.
Interface do tour
virtual baseado na
web do
CDCC/USP. [Link
para o tour virtual](#)

Fonte: Autores,
2021



CONCLUSÃO

Como em todo processo digital, a compreensão e o adequado tratamento das interoperabilidades, sejam entre software, como entre as etapas ou entre os operadores e os receptores das informações, são fundamentais para o pleno alcance do objetivo pretendido. Os resultados obtidos, exemplificados por meio dos modelos gráficos 2D e 3D, confirmam a importância de uma utilização consciente de ferramentas de alta tecnologia para a aquisição e comunicação da informação. O *Rilievo* é fundamental para todas as atividades que têm como objetivo a análise, documentação e leitura crítica do patrimônio histórico; além disso, garante qualidade no processamento dos produtos e permite a troca de dados objetivos, abertos a interpretações.

No entanto, deve-se ter em mente que o processo exige uma análise crítica, como no caso da captura dos dados, seja na seleção dos mesmos, como no caso dos modelos numéricos que representam uma transcrição matemática da realidade e, portanto, uma simplificação e esquematização do sujeito detectado que sintetiza a forma contínua do objeto real em um conjunto finito de pontos. posteriores.

Do ponto de vista metodológico, o procedimento de documentação e comunicação do patrimônio cultural deve seguir um protocolo bem definido e este, no Brasil, ainda merece aprofundamento para uma consolidação metodológica.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo (IAU USP) pelo apoio institucional e de infraestrutura; às Pró-Reitorias de Pesquisa e Cultura e Extensão da Universidade de São Paulo (USP) pela concessão de bolsas PUBs; ao Centro de Divulgação Científica e Cultural da Universidade de São Paulo, (CDCC USP) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro ao Projeto 2018/18958-0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. NBR 6492: representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. p. 1.

AMORIM, A. L.; PAZ, D. J. M. Aplicações da Fotomodelagem Digital em Arquitetura e Urbanismo (resumo). In: XX Seminário Estudantil de Pesquisa da UFBA, 2002, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: UFBA, v.I, p. 205, 2002.

ATTENNI, M.; BIANCHINI, C.; IPPOLITO, A. HBIM ovvero un modello informativo per l'edificio storico. **Anais [...]** 41° Convegno Internazionale dei docenti delle discipline della rappresentazione - Congresso della Unione Italiana per il Disegno, Perugia, 2019, p. 285.

BIANCHINI, C.; INGLESE, C.; IPPOLITO, A. **I Teatri Antiche del Mediterraneo come esperienza di rilevamento integrato**. Roma: Sapienza Università Editrice, 2016.

CAMPOS, S. B. C.; CATTANI, A.; DA SILVA, F. P. Geração de conteúdo em realidade aumentada com o uso de drones na digitalização 3D por fotogrametria, caso da igreja do desterro em São Luís Maranhão, Brasil. In: G. Nunez & G. Oliveira (Orgs.). **Design em pesquisa**, vol 3, pp. 534-545, Marcavvisual, 2020.

CHIAO, H.; CHEN, Y.; HUANG, W. Examining the usability of an online virtual tour-guiding platform for cultural tourism education. **Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education**, vol. 23, p. 29-38, 2018. ISSN 1473-8376

CHING, F. D. K. **Dicionário visual de arquitetura**. Tradução: Julio Fischer. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

CHO, Y.; WANG, Y.; FESENMAIER, D. Searching for Experiences: The Web-Based Virtual Tour in Tourism Marketing. **Journal of Travel & Tourism Marketing**, vol. 12, n. 4, p. 1-17, 2002. DOI: 10.1300/J073v12n04_01.

CONCEIÇÃO, C. **A società Dante Alighieri: um estudo de caso sobre o associativismo étnico italiano em São Carlos/SP – 1902 a 1938**, 2020. Dissertação (Doutorado em Sociologia) - Universidade Federal de São Carlos.

DE MENESES, U. T. B. Repovoar o patrimônio ambiental urbano. **Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, n. 35, p. 285-319, 2017. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/revpat_35.pdf. Acesso em: 06 ago. 2019.

DEZEN-KEMPTER, E. et al. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710>. Acesso em: 10 abr. 2022.

DORE, C.; MURPHY, M. Semi-automatic techniques for as-built BIM façade modeling of historic buildings. In: **2013 Digital Heritage International Congress(DigitalHeritage)**. IEEE, p. 473-480, 2013.

DRESCH, A.; LACERDA, D.; & ANTUNES, J. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Bookman, 2015.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Levantamento Fotogramétrico Digital da Capela de Nossa Senhora da Escada. In: VIII SIGraDi – Congresso da Sociedade Ibero Americana de Gráfica Digital. **Anais [...]**, (pp. 313-316). São Leopoldo: SIGraDi/Unisinos, 2004.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. Técnicas de restituição fotogramétricas digitais aplicadas à Arquitetura: um estudo de caso. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, 2004. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2004.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Um panorama sobre o uso de nuvens de pontos para criação de modelos BIM. In: Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de tecnologias digitais, 2., 2012, Belém. **Anais [...]** Belém: UFPA, 2012.

GROETELAARS, N. J. **Criação de modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica**. 2015.

GROETELAARS, N. J. **Um estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas**. 2004. 257 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, 2011.

HIILESMAA, L., et al. Heritage Education: Computational Design of the Virtual Exhibition at the Cultural and Scientific Divulcation Center of USP. In: XXV International Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. **Proceedings [...]**. São Paulo: Blucher, 2021, p. 605-616 . ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/sigradi2021-130

KÜHL, B. M.; & SALVO, S. **Levantamento Arquitetônico: experiência didática integrada na FAUUSP**. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, v. 26, n. 48, p. e151042-e151042, 2019.

MARQUES, V.; PEREIRA, R. Conhecer para preservar – o uso de QR Codes na educação patrimonial: o caso de Indaiatuba - SP. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Anais [...]**. São Paulo, 2014.

MANFERDINI, A. M.; REMONDINO, F. A Review of Reality-Based 3D Model Generation, Segmentation and Web-Based Visualization Methods. **International Journal of Heritage in the Digital Era**, vol. 1, p. 103–123, 2012.

MIGLIARI, R. Per una teoria del rilievo architettonico. **Disegno come modello**, Kappa, Rome, p. 63- 65, 2004.

NIBS. 2007. BIM Capability Maturity model, National Institute for Building Sciences (NIBS) Facility Information Council (FIC). Retrieved October 11, 2008, from www.buildingsmartalliance.org/client/assets/files/bsa/BIM_CMM_v1.9.xls.

PAS 1192-2:2013 - Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. Standard. The British Standards Institute, 2013.

PINHEIRO, M. L. B. Origens da Noção de Preservação do Patrimônio Cultural no Brasil. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo** (Online), n. 3, p. 4-14, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44654>. Acesso em: 29 out. 2019.

PORTA, P. Política de preservação do patrimônio cultural no Brasil: diretrizes, linhas de ação e resultados: 2000/2010, p. 11-12, 2012. **Iphan/Monumenta**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/PubDivCol_PoliticaPreservacaoPatrimonioCulturalBrasil_m.pdf. Acesso em: 31 out. 2019.

SAYÃO, L. F.; MARCONDES, C. H. O desafio da interoperabilidade e as novas perspectivas para as bibliotecas digitais. **Transinformação**, v. 20, p. 133-148, 2008.

SIMEONE, D.; CURSI, S.; ACIERNO, M. BIM semantic-enrichment for built heritage representation. **Automation in Construction**, v. 97, p. 122-137, 2019.

SORIA-MEDINA, A. Three-Dimensional Modeling of the Romanesque Church of Santa Maria de Castrelos (Vigo–Spain) Using Terrestrial Laser Scanner. 2013.

SOSTER, G. et al. Virtual Paths: Collaborations in Narratives of Cultural Heritage of São Carlos-SP. In: Conference Of The Iberoamerican Society Of Digital Graphics, 22., 2018, São Carlos. **Proceedings [...]**. São Paulo: Blucher, 2018, p. 955-960.

STYLIANIDIS, E.; PATIAS, P.; SANTANA QUINTERO, M., 2011. CIPA Heritage documentation - best practices and applications. **CIPA**. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/cddb/9d9dec8d69cc25668f01c7d2c0f910220477.pdf>. Acesso em: 26 Set. 2018.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TANG, P.; HUBER, D.; AKINCI, B.; LIPMAN, R.; LYTLER, A., (2010). Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. **Automation in Construction**, v. 19, n. 7, p. 829-843. DOI: 10.1016/j.autcon.2010.06.007.

TOLENTINO, M.; GROETELAARS, N. J. Levantamento da igreja de Nossa Senhora da Conceição do Boqueirão através das técnicas fotogrametria digital (stricto senso) e dense stereo matching (DSM). In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO 2017 - ICOMOS BRASIL, 1., 2017, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Instituto Metodista Izabela Hendrix, 2018.

VIZIOLI, S. H. T. O modelo tridimensional e a Arquitetura: do físico ao digital. In: **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, v. 19, Edição Temática “Desenho”, 2021.

VOORDIJK, H (2009). Construction management and economics: **The epistemology of multidisciplinary design science**. Construction management and economics, v. 27, Taylor & Francis, p. 713-720.

Simone Helena Tanoue Vizioli
simonehtv@usp.br

Alfonso Ippolito
alfonso.ippolito@uniroma1.it

Gisele Martins
gisele.gmarquitetura@gmail.com

Gabriel Pazeti
gabrielp@usp.br

Giovana Alves Ferreira
giovana.fer@usp.br

Eduardo Galbes Breda de Lima
galbes@usp.br