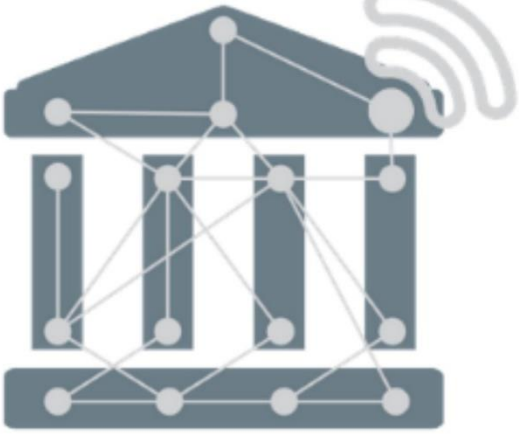


Anais

PATRIMÔNIO

conectando dimensões da realidade 4.0

2022

Organização

LabAm LABORATÓRIO DO AMBIENTE

SiCAC Simulação Computacional do Ambiente Construído

Instituições

UFG

UFRGS

UFFS

UnB

Apoio

LaSUS

Lacam

ARQUITEC

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO,
PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, **DESDE QUE CITADA A FONTE**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Anais Patrimônio 4.0 (3. : 2022 : Goiânia, GO)
Anais patrimônio 4.0 [livro eletrônico] : conectando dimensões da realidade. -- 1. ed. -- Goiânia, GO : LaSUS FAU, 2022.
PDF.

Vários autores.
Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-992384-9-9

1. Arquitetura 2. Inovação tecnológica 3. Patrimônio cultural 4. Tecnologia I. Título.

22-105905 CDD-363.69

Índices para catálogo sistemático:

1. Patrimônio cultural : Memória e preservação 363.69

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Nota

Os textos aqui apresentados são de responsabilidade dos autores, assim como qualquer eventual perda de informação na transposição dos dados de arquivos que foram enviados fora dos padrões estabelecidos.

O EVENTO

O impacto disruptivo da Industria 4.0 está se espalhando por todos os campos do conhecimento, mudando e transformando nossa maneira de interagir com coisas e pessoas. Mesmo que no campo do Patrimônio Cultural os efeitos dessa revolução ainda não sejam tão perceptíveis, podemos supor que as experimentações e aplicações, atuais e nos próximos anos, levarão o campo da preservação, conservação, gestão e fruição do Patrimônio Cultural a horizontes novos e inesperados.

O evento Patrimônio 4.0: conectando dimensões da realidade, busca reunir pesquisadores nacionais e internacionais para discutir os possíveis impactos do paradigma 4.0 sobre o Patrimônio Cultural Edificado, por meio da articulação em um ambiente de divulgação e troca de conhecimentos sobre a área de tecnologia, inovação e ciência. O evento nasce da parceria de grupos de pesquisa envolvidos na temática do Patrimônio Cultural Arquitetônico, contando com a comunidade acadêmica, especialistas e profissionais das áreas de interesse.

A realização desse evento é uma oportunidade de encontros e trocas sobre o Patrimônio Cultural Arquitetônico na dimensão 4.0, com enfoque nas tecnologias digitais, contemplando temas abrangentes como documentação, conservação, gestão, reabilitação, e suas especialidades como monitoramento, simulação ambiental, internet das coisas, *machine learning*, dentre outras.

ÁREAS TEMÁTICAS

Eixo 01: HBIM e HCIM - abrange as potencialidades da abordagem BIM e o conjunto de modelos compartilhados, aplicados à documentação e processos de gestão do estado de conservação do patrimônio arquitetônico, armazenamento de banco de dados, e modelagem nas escalas as built. O HCIM traz uma nova concepção de modelagem e gerenciamento de informações no processo de análise, gestão e preservação do patrimônio na escala urbano-paisagística. Contempla: o planejamento territorial e as políticas públicas na conservação de conjuntos urbanos, o CIM (City Information Modeling) aplicado ao patrimônio, HIS (Heritage Information System) e smart city nos contextos de interesse de preservação.

Eixo 02: Levantamento de dados in loco - abordagens metodológicas inovadoras para detecção e aquisição de dados, mapeamento de manifestações patológicas e modelagem as built; métodos e estratégias de levantamento com utilização de drones (*Remotely Piloted Aircraft* - RPA), laser scanner, fotogrametria digital e termografia.

Eixo 03: Tecnologia 4.0 na divulgação patrimonial - contempla todo e qualquer instrumento e modalidade de divulgação do patrimônio por meios digitais; educação patrimonial pelo uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC); gamificação do patrimônio.

Eixo 04: Tecnologias imersivas - compreende processos que fazem uso de Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) voltadas à valorização do patrimônio; experiências de virtualização de museus; ambientes virtuais interativos.

Eixo 05: Monitoramento e simulação - abrange pesquisas que utilizem simulação computacional e monitoramento para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações patrimoniadas; análise de soluções para retrofit e desenvolvimento de tecnologias para monitoramento visando a conservação do patrimônio edificado, bem como a conservação de acervos.

Eixo 06: Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) - envolve objetos inteligentes, sensores, serviços e aplicativos para o monitoramento de sítios históricos e instituições culturais; tecnologias pervasivas, ubíquas e ou de inteligência artificial para integração, gerenciamento e análise de grande volume de dados, voltadas à segurança física, à eficiência dos processos, à produção de metadados descritivos, ao enriquecimento semântico e da experiência do usuário, e à divulgação do patrimônio cultural.

ORGANIZAÇÃO DO EVENTO

Simulação Computacional no Ambiente Construído (SiCAC – UnB)

Laboratório do Ambiente (LabAm – UFG)

Apoio:

Laboratório de Sustentabilidade Aplicado a Arquitetura e ao Urbanismo (LaSUS – UnB)

Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética (LACAM – UnB)

Arquitetura, Inovação e Tecnologia (ARQUITEC – USP)

Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais (LCAD – UFBA)

Instituições:

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

Universidade de Brasília (UnB)

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Coordenação Geral:

Prof. Dr. Pedro Henrique Gonçalves [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Comissão Organizadora:

Profa. Dra. Vanda Alice Garcia Zanoni [Universidade de Brasília - UnB]

Prof. Dr. Caio Frederico e Silva [Universidade de Brasília - UnB]

Profa. Dra. Carina Folena Paes [Universidade Federal do Paraná - UFPR]

Profa. Dra. Clarissa Sartori Ziebell [Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS]

Profa. Dra. Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Profa. Dra. Natália Biscaglia Pereira [Universidade Federal da Fronteira do Sul- UFFS]

Prof. Dr. Marcio Minto Fabrício [Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU | USP São Carlos]

Profa. MSc. Ariane Magda Borges [Universidade Federal de Goiás - UFG]

MSc. Sandra Schmitt Soster [Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU/ USP São Carlos]

Apoio Técnico:

MSc. Ana Paula Nishimoto Ito [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Carolina Andreo Ogava de Freitas [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Ernestina Rita Meira Engel [Universidade Federal da Fronteira do Sul - UFFS]

João Pedro Silva Ribeiro [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Monice Cristina Silva [Universidade de Brasília - UnB]

Sarah Yasmin Pereira Marques [Universidade Federal de Goiás - UFG]

Coordenação Científica:

Profa. Dra. Vanda Alice Garcia Zanoni [Universidade de Brasília - UnB]

Comitê Científico:

Profa. Dra. Anja Pratschke [USP]

Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura [UFGM]

Prof. Dra. Ana Regina M. Cuperschmid [UNICAMP]

Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim [UnB]

Profa. Dra. Cláudia T. de Andrade Oliveira [USP]

Profa. Dr. Eloisa Dezen Kempter [Unicamp]

Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita [UFC]

Profa. Dra. Fabiana Lopes de Oliveira [USP]

Prof. Dr. Fabiano M. de Souza Nogueira [UFBA]

Profa. Dra. Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima [UFG]

Prof. Dr. Gustavo de Luna Sales [UnB]

Prof. Dr. Hélio Takashi Maciel de Farias [UFRN]

Profa. Dra. Joára Cronemberger [UnB]

Profa. Dr. Lorena Claudia de Souza Moreira [UFBA]

Profa. Dra. Marta Adriana Bustos Romero [UnB]

Prof. Dr. Márcio Albuquerque Buson [UnB]

Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício [USP]

Prof. Dr. Mauricio Azuma [UEM]

Profa. Dra. Mônica M. Andrade Tolentino [UFVJM]

Profa. Dra. Mônica Santos Salgado [UFRJ]

Profa. Dra. Natalie Johanna Groetelaars [UFBA]

Prof. Dr. Neander Furtado Silva [UnB]

Prof. Dr. Pedro Paulo Palazzo [UnB]

Prof. Dr. Pedro Henrique Gonçalves [UFG]

Prof. Dr. Regina Coeli Ruschel [UNICAMP]

Profa. Dra. Regina Tirello [UNICAMP]

Prof. Dr. Ricardo Codinhoto [BATH UK]

Artes e site do evento: MSc. Ana Nishimoto Ito

Design e montagem dos Anais: MSc. Sandra Schmitt Soster

SUMÁRIO

8 Eixo 01. HBIM e HCIM

9 Gestão da manutenção e preservação do patrimônio por meio da metodologia BIM
Keila Nissahe Takagi Frazão, Neander Furtado Silva

23 SIG-histórico Ribeirão Preto
Ana Teresa Cirigliano Villela, Gustavo Nogueira Zeoti

41 Modelando paisagens culturais: Uma revisão bibliográfica acerca do HLIM e conceitos correlatos
Lucas Edson de Chico, Anja Pratschke

54 HBIM na preservação do patrimônio moderno: Processamento de nuvens de pontos e modelagem geométrica
José Gonzalo Vilchez Contreras, Norberto Corrêa da Silva Moura, Fabiana Lopes de Oliveira

66 Estudos para implementação HBIM na gestão do patrimônio cultural edificado da Fiocruz
Bruno Teixeira de Sá, Cristiane Lopes Canuto, Thaianni Ribeiro Magalhães, Maurício Silva dos Santos Filho

80 Levantamento com scanner à laser na modelagem da igrejinha: Um estudo do nível de desenvolvimento-LOD
Juliê Pena de Oliveira, Vanda Alice Garcia Zanoni, Pedro Pellegrino

94 Realidade Aumentada no âmbito da modelagem da informação da cidade: Modelagem digital de terreno
Matthäus Sobrinho de Assis, Lorena Claudia de Souza Moreira

105 Dos procedimentos tradicionais às tecnologias digitais: Um panorama sobre os mapas de danos
Monice Cristina da Silva, Pedro Henrique Gonçalves, Vanda Alice Garcia Zanoni

123 Gestão da conservação preventiva do patrimônio moderno através do HBIM-DT
Cristiane Lopes Canuto, Mônica Santos Salgado, Ricardo Codinhoto

137 Emprego do HBIM na produção de mapa de danos: Casa Mantovani em Rrechim, Rio Grande do Sul
Gabrielle Foletto do Carmo, Giovana Nunes, Pedro Gonçalves

151 OpenHBIM: modelagem do patrimônio arquitetônico no padrão IFC a partir do Blender
Ariane Magda Borges, Natalie Johanna Groetelaars

165 Eixo 02. Levantamento de dados *in loco*

166 Modelagem do Real Forte Príncipe da Beira: Experiências associativas com nuvem de pontos e Revit
Lucas Alves Ribeiro, João Vitor Guimarães Santos

176 Uso do drone como tecnologia disruptiva na inspeção de fachadas
Tatiana Renata Pereira Jucá, Janes Cleiton Alves de Oliveira, Vanda Alice Garcia Zanoni

188 Diferenciação da degradação ao longo das fachadas de edifícios
Eduardo Rodrigues Neto, Elton Bauer

200 Uso da lógica fuzzy no processamento de imagens digitais obtidas por RPA em protocolos de monitoramento de fissura no patrimônio cultural arquitetônico
Tiago de Castro Hardy, Willi de Barros Gonçalves

215 Processamento de imagem como ferramenta para análise de manifestações patológicas em edificações históricas
Fernanda Lamego Guerra, Laís Zucchetti, Caroline Giordani, Angela Borges Masuero, Denise C. Coitinho Dal Molin

231 Modelagem geométrica do Museu Anita Garibaldi a partir de produtos fotogramétricos
Gabriela Linhares da Silva, Natalie Johanna Groetelaars

244 *Deep learning* e suas possibilidades de aplicação no patrimônio cultural edificado
Lara Monalisa Alves dos Santos, Vanda Alice Garcia Zanoni

255 Geração de modelo BIM de edificação histórica via integração de desenhos existentes e restituições fotogramétricas digitais
Pablo Henrique Neves Barreto, Natalie Johanna Groetelaars

273 Tecnologias aplicadas ao levantamento de patrimônio histórico: Casa de imigração italiana no Vale do Itajaí
Julia G. Campana Zanella, Maria Eduarda de M. Altenburg Pierri, Nallan Francisca da Conceição, Renata S. Campedelli

286 Documentação e conservação do edifício histórico na Cidade das Abelhas em Florianópolis - SC: Aerofotogrametria e sistema de varredura a laser terrestre
Anna F. P. de Souza Pimenta, Letícia Mattana, Ricardo Socas Wiese, Isadora N. de Deus, Francisco H. Brum de Almeida

299 Levantamento com laser scanner para documentação do patrimônio moderno: O caso do bloco CM. UFCG
Alcília Afonso de Albuquerque e Melo, Ivanilson Santos Pereira, Matheus Batista Simões

316 Complexo do Itamaraty, Rio de Janeiro: Uma campanha de levantamento arquitetônico
Benjamim Saviane, Renata Cima Campiotto

327 *Smart heritage city*: Preservação do pátio ferroviário da estação nova de Campina Grande no contexto das cidades inteligentes
Alcilia Afonso de Albuquerque e Melo

338 Eixo 03. Tecnologia 4.0 na divulgação patrimonial

339 Patrimônio e tecnologia: Considerações sobre participação cidadã
Sandra Schmitt Soster, Anja Pratschke

351 História e patrimônio no brejo paraibano: Ferramentas digitais e seus usos na educação patrimonial
Vivian Galdino de Andrade, Thaís de Cássia Cavalcanti Ramos, Aline Ferreira da Silva

362 Contextual ou itinerante? Aproximações projetuais ao design de exposições imersivas na contemporaneidade
Bianca Manzon Lupo, Meriellen Nuvolari Pereira Mizutani

373 Biblioteca digital de texturas de ladrilhos hidráulicos: Preservação e divulgação do patrimônio de Laguna/SC
Indio Vignes, João Paulo Mota, Maicon Fedrigo, Isadora Cristina Cardoso, Amanda Dal Molin

385 Dê ouvidos ao patrimônio: Uso de podcast na divulgação da arquitetura do *campus* da UnB
Ana Paula Campos Gurgel, Amora de Andrade, Leonardo Nóbrega

397 A mídia e a casa do frade: Trilhando o patrimônio pelas vias digitais
Fabio Henrique Sales Nogueira, Maria Angélica da Silva

407 Tecnologia e patrimônio: Plataforma “Erechim na palma da mão”
Ariane Pedrotti de Ávila Dias, Natalia Biscaglia Pereira, Gabrielle Foletto do Carmo

417 Eixo 04. Tecnologias imersivas

418 Realidade expandida para educação patrimonial: Arquitetura moderna brasileira
Ana Lúcia Cerávolo, Ana Regina Mizrahy Cuperschmid, Márcio Minto Fabrício

432 Fotogrametria digital aliada às realidades virtual e aumentada na documentação patrimonial
Ariane Magda Borges, Natalie Johanna Groetelaars, Arivaldo Leão de Amorim

447 Eixo 05. Monitoramento e simulação

448 Conforto térmico em patrimônio cultural construído: Avaliação do Ginásio de Guarulhos
Aline Prado Costa, Ana Regina Mizrahy Cuperschmid, Leticia de Oliveira Neves

463 Conforto acústico no Instituto Central de Ciências (UnB): Simulando a inteligibilidade
Guilherme Oliveira Sales, Caio Frederico e Silva, Rosana Stockler Campos Clímaco

476 Eixo 06. Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA)

477 Reconhecimento de estilos e elementos arquitetônicos com IA: Uma ferramenta de engajamento para a arquitetura de madeira da colonização norte paranaense
Gabriela Oliveira Wedekin, Ricardo C. Rodrigues, Eloisa R. Ribeiro Rodrigues, Priscila Henning, Rovenir Bertola Duarte

EIXO 1

PATRIMÔNIO
4.0

HBIM e HCIM

Abrange as potencialidades da abordagem BIM e o conjunto de modelos compartilhados, aplicados à documentação e processos de gestão do estado de conservação do patrimônio arquitetônico, armazenamento de banco de dados, e modelagem nas escalas *as-built*. O HCIM traz uma nova concepção de modelagem e gerenciamento de informações no processo de análise, gestão e preservação do patrimônio na escala urbano-paisagística. Contempla: o planejamento territorial e as políticas públicas na conservação de conjuntos urbanos, o CIM (*City Information Modeling*) aplicado ao patrimônio, HIS (*Heritage Information System*) e *Smart City* nos contextos de interesse de preservação.

GESTÃO DA MANUTENÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO POR MEIO DA METODOLOGIA BIM

Management of heritage maintenance and preservation through BIM methodology

Keila Nissahe Takagi Frazão

Me. Universidade de Brasília, keilatakagi@gmail.com

Neander Furtado Silva

Prof. Dr. Universidade de Brasília, neander.furtado@gmail.com

Resumo

A busca por uma metodologia BIM na preservação do patrimônio edificável em seus aspectos construtivos é a motivação para o estudo. A pesquisa foi desenvolvida para aplicar um método presente na ISO 15686-8, para estimar a vida útil dos componentes, e com os dados, obter uma gestão de manutenção preventiva, regular e ligada diretamente ao modelo que foi gerado por meio da tecnologia BIM. Ao longo do tempo as edificações sofrem alterações além do próprio envelhecimento natural. A partir do momento que esse processo inicia, é necessário que os responsáveis atuem no sentido de manter o desempenho da edificação. Com a apresentação de metodologias de produção utilizando o BIM e informações referentes aos componentes construtivos, os dados gerados servirão para o controle prévio da vida útil de componentes. A gestão de manutenção ao longo de toda a vida ativa da edificação é uma atividade de grande dificuldade, uma vez que percorre ao longo de décadas.

Palavras-chave: Vida útil dos componentes; Metodologia BIM; Preservação do Patrimônio

Abstract

The search for a BIM methodology on the preservation of buildable heritage in its constructive aspects is the motivation, for the study. The research was developed to apply a method present in ISO 15686-8, to estimate the useful life of the components, and with the data, obtain a preventive maintenance management, regular and directly linked to the model that was generated through BIM technology. Over time, buildings undergo changes in addition to natural aging itself. From the moment this process begins, it is necessary for those responsible to act in order to maintain the performance of the building. With the presentation of production methodologies using BIM and information regarding the constructive components, the data generated will serve for the prior control of the useful life of components. Maintenance management throughout the building's active life is an activity of great difficulty, as it spans decades.

Keywords: *Component life; BIM Methodology; Heritage Preservation*

1. INTRODUÇÃO

A manutenção predial de uma edificação está ligada diretamente a ações realizadas ao longo da sua vida útil, direcionadas a conservação tanto das suas características primárias quanto do seu valor patrimonial edificável. Uma edificação pode proporcionar diversos usos e bens intangíveis essenciais para a criação de um patrimônio físico e cultural e, para que todas suas funções sejam preservadas, é necessário que ela receba as devidas intervenções ao longo do ciclo de vida.

Os edifícios e o patrimônio construído constituem uma parte importante do valor real de um país. Portanto, o planejamento, a construção, a utilização, a gestão e a demolição dos edifícios e patrimônios construídos desempenham um papel determinante no desenvolvimento de sociedades mais sustentáveis. Uma parte importante desse desenvolvimento são os esforços para obter uma adequada vida útil das construções. (HOVDE, 2002).

A degradação prematura das edificações ou suas partes, e a consequente redução de desempenho, é um problema frequente em todo o mundo. Esta deterioração decorre, sobretudo, do envelhecimento precoce das mesmas, o qual geralmente é desencadeada pela baixa qualidade dos materiais de construção empregados, por problemas de projeto e execução e falta de manutenção (POSSAN & DEMOLINER, 2013).

As manifestações patológicas podem ser oriundas de diversos fatores, uma delas ocorre pela falha dos procedimentos e técnicas utilizadas com os componentes, como também, na falta de preocupação quanto ao desempenho e durabilidade dos mesmos. Assim sendo, estes importantes fatores são variáveis fundamentais para a determinação do desempenho do edifício.

Portanto, é possível que a tecnologia de Modelagem da Informação da Construção - BIM seja uma ferramenta favorável à essa atividade. Logo, é importante destacar que não só nas fases de elaboração de projetos multidisciplinares, essa tecnologia também nos auxilia na fase em que a edificação está em pleno uso. Por meio do banco de dados de Informações inteligente, durante toda a sua trajetória, é possível evitar a degradação do patrimônio, decorrente da ausência de manutenções preventivas periódicas.

Dessa forma, vem o questionamento de como enfatizar o controle de manutenção, no sentido de vida útil dos componentes, com o uso da tecnologia BIM. Uma vez que, estamos numa fase em que os projetos se tornaram modelos de estudos e carregados de informações servindo para diversas fases da edificação.

> Todos os edifícios sofrem alterações e mudanças ao longo do tempo, devido as necessidades e expectativas dos usuários, modificando os ambientes, restaurando o uso dos ambientes, ou simplesmente pelo envelhecimento natural da edificação. Desde o início do processo de envelhecimento da edificação, que ocorre a partir do momento em que estas são colocadas em serviço, é necessário que os usuários e

> proprietários atuem no sentido de manter o desempenho especificado ao longo do tempo. (SOUZA, 2016)

Portanto, a modelagem de um edifício, utilizando a metodologia BIM, acompanhada da inserção de informações para o controle da vida útil dos componentes, por meio de um sistema digital inteligente, poderia ser um procedimento importante para a realização de manutenção preventiva e preditiva de um futuro ou já existente patrimônio.

E uma vez que o patrimônio edificável já em pleno uso necessita de intervenções a partir de um processo de manutenção cada vez mais constante, tem-se que ao longo do tempo essas atividades tornam-se cada vez mais complexas e onerosas. Em situações de edificações já existentes, onde principalmente há a preocupação de preservação patrimonial, a ordem correta dos processos, acaba sendo invertida, a famosa engenharia reversa. Para obtermos uma gestão de manutenção, nesses casos, é necessário um esforço amplo para a busca de dados, ao longo do seu ciclo de vida, além de análises específicas nos componentes que sofrerão intervenções de manutenção.

Em se tratando do controle de vida útil dos componentes construtivos, parte do princípio que o número de aplicações para a gestão de conservação é escasso. Mensurar prazos e estimar a eficácia desses componentes é um estudo que precisa ser elaborado com processos e metodologias confiáveis.

Com a inserção de dados no modelo BIM, é possível que a gestão de manutenção desses componentes construtivos se torne viável, por meio da interoperabilidade a partir de um sistema inteligente, gerará o controle efetivo dos períodos necessários para a realização de inspeções seguidas ou não de intervenções de manutenção.

Portanto, a justificativa de um estudo que aprofunda o método de Vida útil Estimada dos componentes construtivos, com o auxílio da tecnologia BIM, a fim de criar um sistema de manutenção inteligente e continuada, é o que move a temática deste projeto.

2. DESENVOLVIMENTO

A estruturação de um bem edificável se dá pela divisão em sistemas construtivos, que é composto por elementos e componentes, os quais possuem importantes papeis para o estado de conservação, a qualidade construtiva e o desempenho da edificação.

Entende-se que os componentes construtivos possuem valores que impactam o desempenho da edificação. A ausência de controle de manutenção especificamente nesses componentes, podem ocasionar algumas patologias, que só poderão serem corrigidas por meio de dispendiosas manutenções corretivas.

Diante dos diversos conceitos que abrangem o campo de manutenção, busca-se tratar, por meio de uma abordagem objetiva, os assuntos que servem de embasamento para a

compreensão da degradação dos sistemas da edificação ao longo do tempo. Desta forma, é importante discorrer sobre temas relacionados ao processo que influenciam no plano de gestão de manutenção da edificação além dos conceitos e termos que levam à um entendimento melhor dos dados que farão parte da pesquisa, como a vida útil, a durabilidade, o desempenho, a manutenção e as diferenças entre sistema, elemento, componente e material.

Para um melhor entendimento referente aos sistemas construtivos e a hierarquia que contempla uma construção, a NBR 15575 (2013) define que, para o componente, o elemento e o sistema, os seguintes conceitos: Sistema construtivo: a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir um macro função que os define; Elemento: parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes; Componente: unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas; e Materiais: nome genérico que designa diversos produtos utilizados na construção civil.

Segundo Mattos (2013), a ISO 15686 é aplicável ao planejamento de vida útil de edifícios novos e existentes, sendo que em edifícios existentes, a estimativa de vida útil será aplicada principalmente na vida útil restante dos componentes que já estão em utilização, e na seleção, e detalhamento dos componentes, para reparos e novas intervenções.

A norma ISO 15686, menciona ainda a questão de subjetividade na estimativa de vida útil dos componentes, onde, frente à possibilidade de não se ter uma confiabilidade total na revisão da vida útil. Também cita que é necessário prever, desde o início do método, de que maneira as incertezas da vida útil estimada serão levadas em conta. Devido ao número de variáveis envolvidas e às incertezas em cada uma delas, e às próprias variabilidades dos edifícios, serviços de meio ambiente, obra local, e futuras atividades de manutenção, não é possível estimar a vida útil de um edifício ou seus componentes precisamente. (ISO 15686-1: 2011 p.7).

2.1. Metodologia

Em decorrência de números cada vez mais significativos em relação a degradação precoce nas construções, ligados às ocorrências de deteriorações inesperadas em edificações novas e/ou antigas, fazem com que surja a necessidade de repensar os métodos de se gerenciar as manutenções no meio da construção civil. Mensurar e padronizar um método que calcule a vida útil dos componentes usados na construção, nas escalas *as built*, é uma das metas do estudo.

Portanto, a metodologia proposta neste presente estudo, procura estabelecer parâmetros, através de índices, que permitam dimensionar a evolução dos processos de vida útil dos componentes da construção. Em seguida, aplicar os fatores estabelecidos nos componentes

usando um projeto modelado em BIM e posteriormente ser gerado um plano de gestão de manutenção desses componentes construtivos.

O estudo visa apresentar soluções para os procedimentos de gestão de manutenção dos componentes construtivos de uma edificação já edificável, como parte de uma aplicação de resgate de dados, do estado *as build* e de como dar origem ao um novo ciclo de gestão de manutenção inteligente.

A Figura 1 mostra as etapas da metodologia proposta neste estudo, que contempla as seguintes etapas: levantamento dos dados, tratamento dos dados e análise final com proposta de modelo para gestão de manutenção.

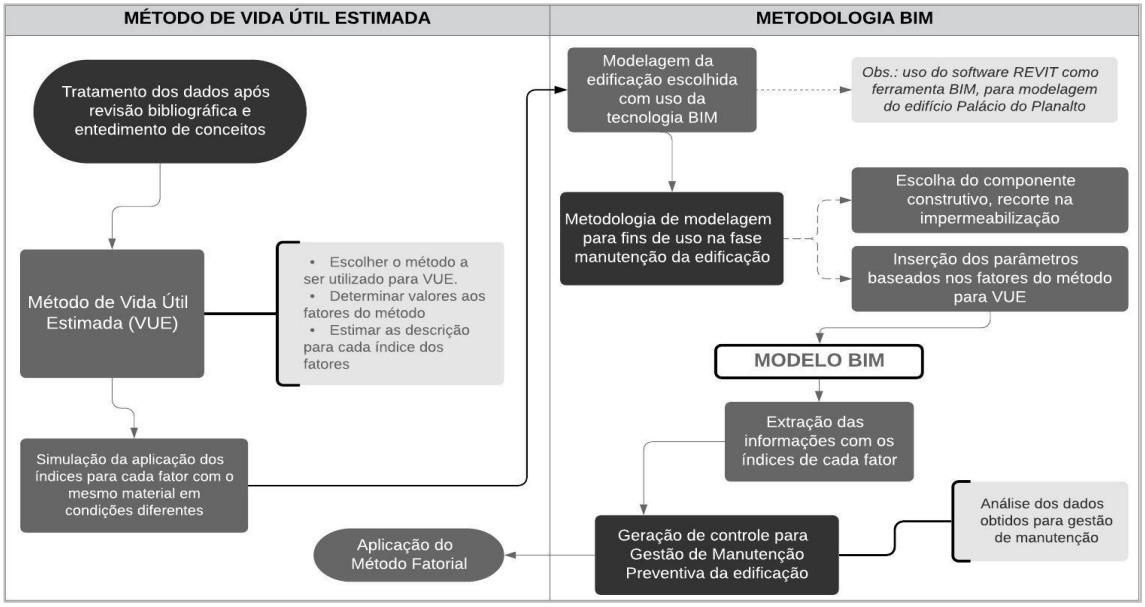


Figura 1: Fluxograma da metodologia adotada neste estudo. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

2.2. Material e Métodos

O grande progresso dos estudos realizados sobre durabilidade levou ao aparecimento de diversas metodologias de previsão da vida útil e, consequentemente, à concepção de documentos de normalização, tais como o regulamento *Architectural Institute of Japan*, o código de construção *New Zealand Building Code (NZBC)*, a norma britânica *BS 7543 Guide to durability of buildings and building elements, products and components*, o regulamento canadense *CSA S478-95 Guideline on durability in buildings* e o conjunto de normas *ISO 15686 (Building and construction assets - service life planning)*. (SOUZA, 2016).

Como mencionado, há uma vasta abordagem sobre avaliação e discussão de métodos de previsão de vida útil. Nos documentos que descrevem a durabilidade e os métodos de

previsão de vida útil destacam que a previsão de durabilidade e vida útil está sujeita a muitas variáveis e, por isso, não pode ser uma ciência exata. (HOVDE, 2002).

Os principais métodos para estimativa da vida útil são divididos em três (Figura 2), cada um com sua abordagem específica: método probabilístico, método de engenharia e método determinístico.

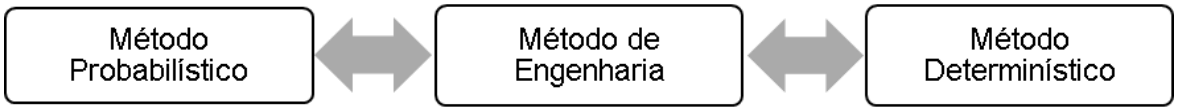


Figura 2: Relação entre os principais grupos de métodos de previsão de vida útil.
Fonte: Hovde, 2002. Adaptado pelo autor, 2019.

Para dar continuidade à pesquisa, foi realizada a escolha do Método Determinístico, que nele possui o Método Fatorial para a previsão da vida útil dos componentes, baseado em sete fatores, cada um determinado em valores numéricos. Portanto, é necessário que haja diretrizes que direcione a escolha desses valores, para que o método aumente a sua eficácia.

O Método Fatorial multiplica a Vida Útil de Referência (VUR) por fatores que levam em conta as condições específicas de utilização. A ISO 15686 (2008) diz que o Método Fatorial não fornece uma garantia de uma vida de serviço, ela apenas dá uma estimativa empírica com base no que as informações são inseridas.

A fórmula para estimar a vida útil de determinado elemento da construção e os fatores a serem considerados deste método, estão representados no Quadro 1.

VUE = VUR x fA x fB x fC x fD x fE x fF x fG		
VUE	Vida Útil Estimada	
VUR	Vida Útil de Referência	
fA / fB	Fatores modificadores	
FATORES	**DEFINIÇÃO**	**SIGNIFICADO**
Fator A	Qualidade do material ou componente	Condições em que são fornecidos à obra Segundo as especificações do projetista.
Fator B	Nível de qualidade do projeto	Este fator tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica, das medidas de proteção previstas, etc.
Fator C	Nível de qualidade da execução	A avaliação deste fator deverá refletir o grau de confiança da mão de obra, mas também a existência ou não de uma fiscalização rigorosa.
Fator D	Características do ambiente interior	Para quantificação deverão ser pelos agentes de degradação.

FATORES	DEFINIÇÃO	SIGNIFICADO
Fator E	Características do ambiente exterior	Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação externa onde a edificação está situada.
Fator F	Características do uso	Reflete o efeito do uso na degradação do material ou componente. É geralmente importante a distinção entre uso comum e uso privado.
Fator G	Nível de manutenção	Fator relativo à manutenção que deve ser dada pela probabilidade da existência de uma manutenção adequada.

Quadro 1: Fórmula para Vida Útil Estimada dos componentes e Fatores considerados para a fórmula. Fonte: ISO 15686-8, traduzida pelo autor, 2019.

A vantagem do método fatorial é que este permite considerar tudo o que é possível contribuir com as variações de vida útil a serem examinadas ao mesmo tempo, além da importância relativa de cada um desses fatores considerados. (JERNBERG, et. al., 2004).

Para o estudo de caso, foi escolhido um edifício público de grande representação histórica, política e patrimonial para o Brasil, o Palácio do Planalto. Essa edificação é tombada pelo IPHAN e é considerada o palácio da sede do Poder Executivo em Brasília-DF. Essa edificação passou por um processo de duas versões de projeto, a primeira tem data registrada em agosto de 1956 e a segunda meses depois, ambos projetos de Niemeyer.

A escolha partiu da busca de uma edificação que tivesse um valor patrimonial considerado para a sociedade e que fosse viável a busca por informações históricas e técnicas da construção nos períodos de intervenções. Portanto, o Palácio do Planalto foi escolhido para o estudo de caso, tendo em vista toda a sua importância histórica e de patrimônio cultural para a sociedade brasileira.

Segundo SILVA (2014), os palácios da Alvorada, do Congresso Nacional, do Supremo Tribunal e do Planalto foram projetados e construídos entre agosto de 1956, data de registro das primeiras propostas elaboradas, e abril de 1960, quando foram inaugurados. Esse período foi marcado por duas exigências específicas para a construção de Brasília. A primeira relacionava-se ao planejamento e à execução de obras dotadas de atributos que assegurassem a transferência e a permanência de pessoas e que contemplassem a representatividade e monumentalidade condizentes com uma capital.

2.3. Aplicação

O estado de conservação das edificações é um fator importante para a evolução patrimonial, e também é um eixo que conduz aos estudos de como preservar o bem edificável, proporcionando oportunidade para abordagem de processos automatizados na sua gestão.

Neste sentido, este trabalho apresenta uma sistematização da avaliação da vida útil dos componentes em uma edificação. Para isso, será necessário o entendimento de como será usado o método de vida útil estimada dos componentes, para posteriormente ser aplicado na metodologia BIM.

A escolha do método fatorial para a previsão da vida útil dos componentes é baseada em sete fatores, determinados em valores numéricos, que são definidos com base no responsável técnico de cada fator. Portanto, é necessário que haja diretrizes que direcione a escolha desses valores, para que o método aumente sua eficácia.

Para determinar o coeficiente de influência de cada fator, foram definidos, inicialmente, os índices 0.8, 0.9 e 1,0, seguidos de diretrizes para cada um dos valores. A escolha de qual índice a ser usado para cada fator, passa a ser de responsabilidade do profissional determinado. No Quadro 2, há as definições criadas para cada fator e para cada índice.

	0.8 (BAIXA)	0.9 (MÉDIA)	1.0 (ALTA)	DESCRIÇÃO
FATOR A: QUALIDADE DO MATERIAL OU COMPONENTE	Baixa qualidade. Fabricação sem certificação ou garantia, com valor baixo no mercado, sem indicação do mercado.	Média qualidade. Fabricação com certificação ou garantia, com valor médio no mercado.	Alta qualidade. Fabricação certificada pela NBR 15.575, com valor alto no mercado.	Condições dos componentes que são fornecidos à obra segundo as especificações do fabricante.
FATOR B: NÍVEL DE QUALIDADE DO PROJETO	Baixa qualidade. Com o intuito de atender as questões físicas, sem grande preocupação de manutenção e durabilidade.	Média qualidade. Solução adotada para atender em médio prazo a função do componente ou sistema.	Alta qualidade. Adoção de solução de aplicação e instalação que tenha fácil manutenção e sistema de garantir a durabilidade.	Este fator tem a ver com a adequação da escolha de uma solução construtiva específica das medidas de proteção previstas.
FATOR C: NÍVEL DE QUALIDADE DA EXECUÇÃO	Baixa qualidade. Mão de obra precária, sem fiscalização, com profissionais sem capacitação comprovada.	Média qualidade. Mão de obra intermediária, com comprovação de capacitação e com fiscalização não especializada.	Alta qualidade. Mão de obra profissional, com certificados de capacitação e fiscalização terceirizada por profissionais da área.	A avaliação deste fator deverá refletir o grau de confiança da mão de obra, mas também a existência ou não de fiscalização rigorosa.
FATOR D: CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE INTERIOR	Baixa qualidade. Local de instalação com contato de agentes biológicos e físicos, que afetam a durabilidade.	Média qualidade. Local de instalação com pouco contato ou com tratamento parcial para o contato com agentes biológicos ou físicos.	Alta qualidade. Local de instalação com tratamento adequado para não ter contato com agentes biológicos ou físicos que afetem a durabilidade.	Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação interna dos ambientes.
FATOR E: CARACTERÍSTICAS DO AMBIENTE EXTERNO	Baixa qualidade. Local de instalação com contato de agentes externos biológicos e físicos ao local, que afetam a durabilidade.	Média qualidade. Local de instalação com pouco contato ou com tratamento parcial para o contato com agentes externos biológicos ou físicos.	Alta qualidade. Local de instalação com tratamento adequado para não ter contato com agentes externos biológicos ou físicos que afetem a durabilidade.	Para quantificação deverá ser pelos agentes de degradação externa onde a edificação está situada.

	0.8 (BAIXA)	0.9 (MÉDIA)	1.0 (ALTA)	DESCRIÇÃO
FATOR F: CARACTERÍSTICAS DO USO	Baixa qualidade. Material ou componente aplicado em local para uso comum, com alto índice de usuários, sem controle de acesso.	Média qualidade. Material ou componente para uso intermediário, aplicado em local com uso comum, mas com restrição de acesso.	Alta qualidade. Material ou componente para uso restrito, aplicado em local para uso privado.	Reflete o efeito do uso na degradação do material ou componente. É geralmente importante a distinção entre uso comum e uso privado.
FATOR G: NÍVEL DE MANUTENÇÃO	Baixa qualidade. Local aplicado onde dificilmente será possível a realização de manutenção, devido fatores de acesso.	Média qualidade. Local aplicado onde há possibilidade de realizar manutenções, porém com a necessidade de intervenção de outros elementos próximos.	Alta qualidade. Local aplicado onde há facilidade de realização de manutenção, com planejamento de recursos para uma manutenção adequada.	Fator relativo à manutenção que deve ser dada pela probabilidade da existência de uma manutenção adequada.

Quadro 2: Definição de índices para cada valor e suas respectivas orientações para preenchimento da fórmula de VUE. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Ao considerar o modelo BIM como um banco de dados, pode-se dizer que em consequência disto, este modelo necessita de gestão para estas informações, e, portanto, é também um sistema de gestão das várias informações que estão integradas no modelo. (WONG; FAN, 2013).

Nesse sentindo, com base na importância das informações necessárias para a fase de manutenção da edificação, o Palácio do Planalto foi modelado com a metodologia BIM com o intuito de gerar informações para fins de manutenção, conforme mostra a Figura 3.

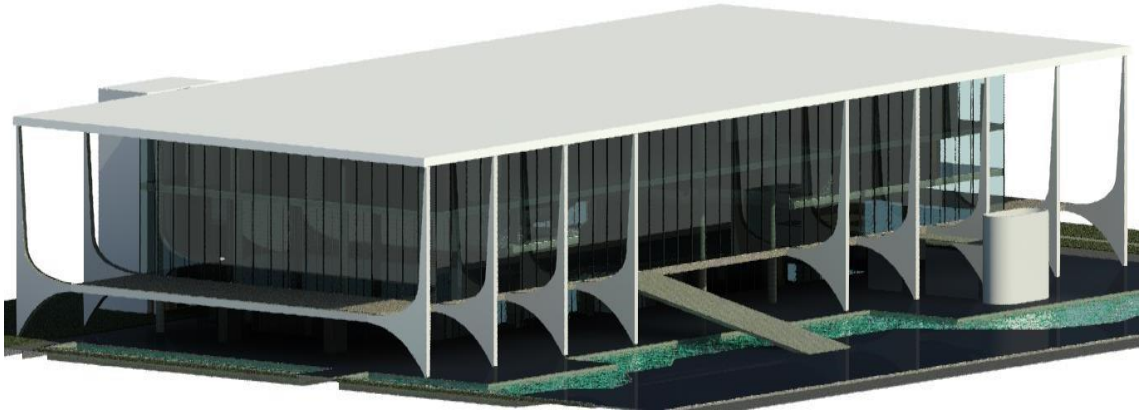


Figura 3: Palácio do Planalto modelado com o Revit. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Baseado na necessidade de uma modelagem em nível mais detalhado a fim de obter uma gestão de manutenção adequada, foi necessário na pesquisa, o recorte num dos sistemas construtivos do Palácio do Planalto. Como sendo uma área de impacto na preservação das instalações e interior do edifício, o sistema escolhido para o estudo foi o sistema de impermeabilização da cobertura. A modelagem de cada componente da cobertura permitiu que fosse inserida, nas suas propriedades, os parâmetros necessários para a alimentação da fórmula estabelecida no Método Fatorial.

No caderno de Especificações de Serviços entregues no processo de restauração do Palácio do Planalto, que foi realizada em 2010, foi colocada em questão a intervenção na impermeabilização de algumas áreas da edificação, sendo que uma delas é a cobertura do Palácio. Nele trata dos serviços de impermeabilização na restauração do Palácio propostos pela equipe técnica do Oscar Niemeyer (2007).

Diante da necessidade de restauros que ocorreram desde a execução do Palácio do Planalto e que se estenderá ao longo de toda vida útil da edificação, foram então levantados dados em busca de informações que pudessem esclarecer os métodos e tipos de materiais utilizados na última intervenção ocorrida na cobertura. Levando em consideração esses dados levantados, verificou-se que seria possível a elaboração de um plano de gestão e controle das novas intervenções de manutenção nos componentes de impermeabilização.

Mediante a escolha da cobertura como área de estudo da edificação e com o recorte do sistema de impermeabilização como elemento construtivo, foi necessário a visita em loco para resgatar as camadas reais usadas para a proteção. Portanto, por meio da Figura 4, é possível evidenciar os componentes usados para a impermeabilização da laje e a situação atual em 2019.

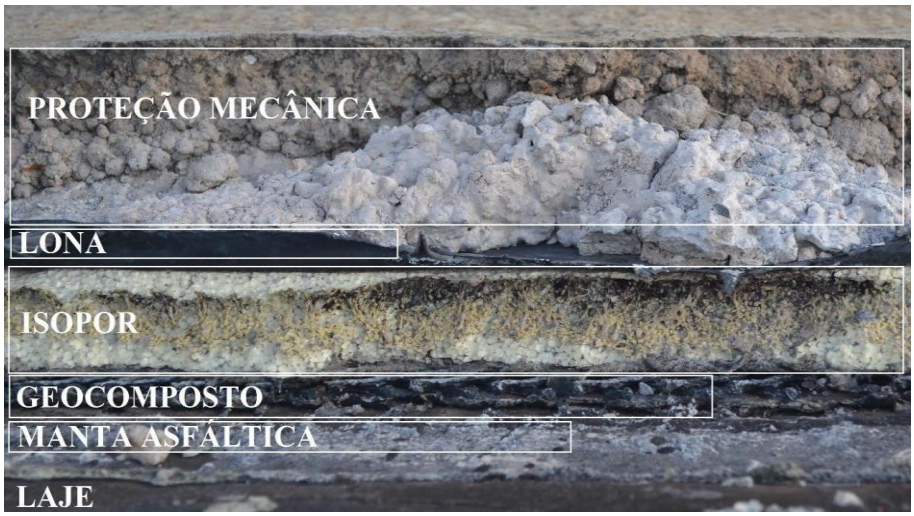


Figura 4: Camadas dos Componentes atuais de Impermeabilização da Cobertura do Palácio do Planalto. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Por meio do levantamento no local foi possível identificar cada componente que forma o sistema de impermeabilização da cobertura do Palácio do Planalto, além de fazer o levantamento de espessura e situação atual. O tipo de fornecedores para cada componente foi possível através dos registros de cadernos de especificações e projetos da época da reestruturação do Palácio do Planalto.

Após a modelagem de cada tipo de piso, foi dado início à criação dos parâmetros para inserir as variáveis que compõem a formula de cálculo de Vida Útil Estimada dos componentes, de acordo com o Método Fatorial.

Após as especificações de índices para atribuição dos valores numéricos de cada fator que contempla a fórmula do método escolhido, são inseridos os fatores no projeto em BIM e posteriormente a extração dos dados para a gestão de manutenção preventiva.

Para melhor compreender como são inseridos os parâmetros de instância de cada componente modelado, a Figura 5, ilustra como é criado os parâmetros e de que forma eles são apresentados em cada elemento do projeto, utilizando o software Revit.

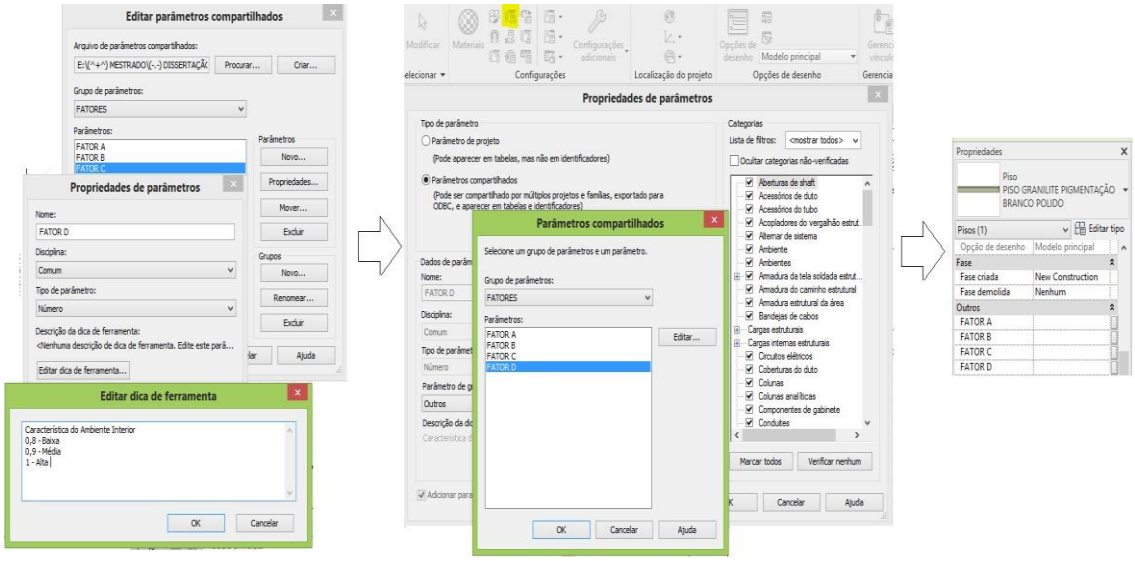


Figura 5: Criação de Parâmetros Compartilhados em todos os elementos do projeto.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Com a criação de cada um dos sete fatores da fórmula e seus respectivos preenchimentos, foi calculado o VUE de cada componente do sistema de impermeabilização da cobertura do Palácio do Planalto. Com esses valores foi criada a tabela resumo para exportação dos dados, como demonstra a Figura 6 a seguir.

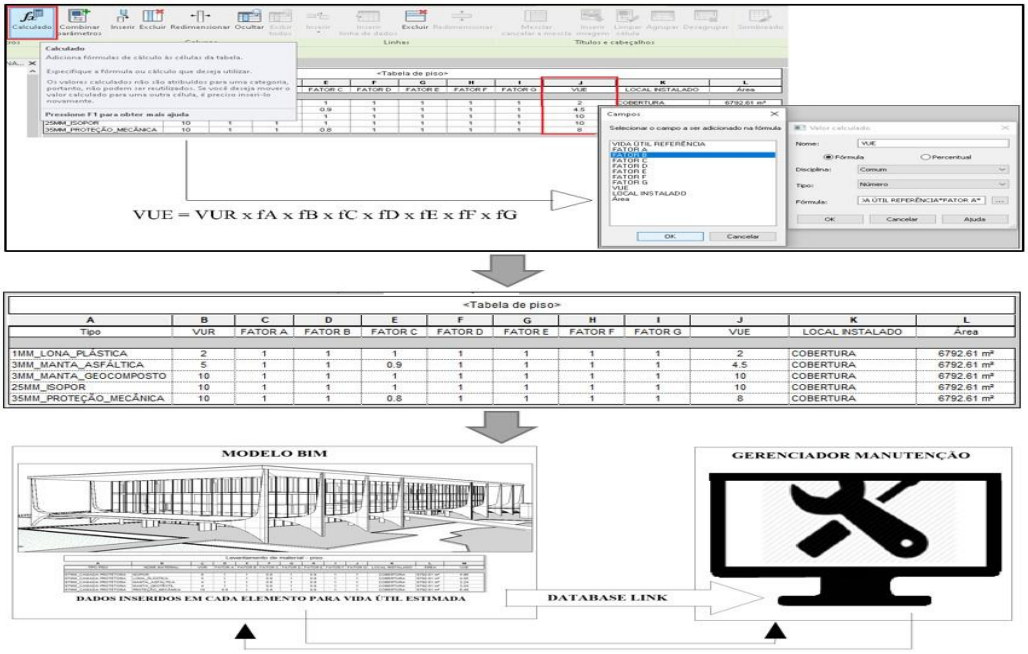


Figura 6: Etapa de interoperabilidade de software para gerenciar os dados obtidos para a gestão de manutenção. Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Para utilizar todos os dados presentes na tabela do Revit, com o intuito de criar uma gestão de manutenção, é necessário ter uma conectividade genérica para acessar o banco de dados da tabela, ligada ao modelo, a um gerenciador de manutenção. Para isso, é necessário criar um *database link* homogêneo entre bancos de dados, sendo possível referenciar tabelas e visões de outro banco de dados.

A atualização simultânea é possível através da produção do *database link*, que fará a ponte de leitura entre o plano de gestão com o modelo BIM. Uma boa possibilidade de trabalho diretamente com os dados do modelo do Revit, em via de mão dupla entre os programas, é a utilização de um suplemento disponibilizado pela Autodesk, o DB Link. (SOUZA, 2017).

Para dar seguimento a pesquisa, foi exportada a tabela do Revit com os dados de VUE de cada componente, através do *plugin* DB Link. Posteriormente, para a leitura do arquivo exportado, foi escolhido o software Access da Microsoft que tem uma interface objetiva e de fácil manipulação. Assim, foi possível ler e acrescentar informações ao banco de dados, para posteriormente criar a gestão de manutenção preventiva de cada componente que forma o elemento de impermeabilização do sistema de cobertura.

Foi possível realizar filtros no Access para trabalhar com os dados que foram escolhidos como recorte da pesquisa, que é o sistema de proteção da cobertura por meio da impermeabilização do Palácio do Planalto, composto de cinco componentes e cada um com a sua VUE calculada.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha do estudo de caso partiu da busca de uma edificação que tivesse um valor considerado para a sociedade e que fosse viável a obtenção de informações históricas e técnicas da construção e das demais intervenções subsequentes. Portanto, o Palácio do Planalto foi o objeto escolhido para o estudo de caso, tendo em vista toda a sua importância histórica, o que torna um patrimônio cultural da sociedade brasileira.

A partir das etapas dos procedimentos metodológicos apresentados, foi possível entender o alcance que a metodologia BIM pode proporcionar em benefício ao ciclo de vida da edificação e ao método de trabalho dos profissionais. Uma das contribuições ao conhecimento foi apresentar um método para obter a gestão de manutenção em componentes, que geralmente não são controlados na edificação. Por meio da análise de conceitos e métodos de previsão, foi possível adaptar um método já existente, e implantá-lo na metodologia BIM, para que a gestão desses componentes, que pertencem à um sistema construtivo, seja viável. E que agora a proposta de projeto de doutorado é aperfeiçoa-lo e usá-lo para implantação num sistema digital adequado para cada empreendimento e gestor.

Como síntese das conclusões da pesquisa, é destacado: a viabilidade de gerenciar dados inseridos desde a fase de projeto até a fase de uso da edificação e o uso da fórmula para estimar vida útil dos componentes junto à metodologia BIM, para obter a preservação da edificação, por meio do controle de manutenções periódicas, a fim de obter, ao longo do tempo, o patrimônio edificado junto à sociedade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 15686: Buildings and constructed assets – Service life planning. Part 1 a 9. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

HOVDE, P. J. The Factor Method For Service Life Prediction From Theoretical Evaluation To Pratical Implementation. 9th Internacional Conference on Durability of Building Material and Components (DBMC). Brisbane, 2002.

JERNBERG, S. JOSTROM, LACSSE, BRANDT, SIEMES. Guide and Bibliography to Service Life and Durability Research for Buildings and Components. Joint CIB W080-RILEM TC 140, CIB Publication. Rotterdam, 2004.

MATTOS, Marianna Costa. Planejamento da Vida Útil na Construção Civil. Belo Horizonte: UFMG, 2013.

NIEMEYER, Oscar; SILVEIRA, C. M; ANDRADE, Fernando. Especificações de Serviços. Ficha Técnica. Palácio do Planalto – Projeto de Restauração. Brasília-DF: 2007.

POSSAN, E; DEMOLIER, C. A. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral. Revista Técnico-Científica, 2013. Disponível em: http://creaprw16.creapr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/index. Acesso em: 21 abr. 2019.

SANTOS, M. R. P. Metodologias de previsão da vida útil de materiais, sistemas ou componentes da construção. Revisão Bibliográfica. Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2009/2010 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, p. 2. Porto – Portugal, 2009.

SATTLER, Miguel Aloysio; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Coletânea Habitare, Construção e Meio Ambiente. Volume 7, p. 24. Porto Alegre, 2006.

SILVA, Elcio Gomes da. Os palácios originais de Brasília. Edições Câmara. Brasília, 2014.

SOUZA, Dionisio. BIM com REVIT e ACCESS: 4 passos para a integração. 2017. Disponível em: https://www.aprendabim.com.br/Revit-e-access/. Acesso em: 10 jun. 2019.

SOUZA, Jessica Siqueira de. Evolução da degradação de fachadas – efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 2016.

STRAUB, A. Estimating the Service Lives of Building Products in Use. Delft University of Techonology. Journal of Civil Engineering and Architecture 9. 2015.

WONG, K.-D.; FAN, Q. Building information modelling (BIM) for sustainable building design. Facilities. V. 31, p. 138-157. 2013.

SIG-HISTÓRICO RIBEIRÃO PRETO

HGIS Ribeirão Preto

Ana Teresa Cirigliano Villela

Mestre, Universidade de São Paulo (IAU-USP), anacirigliano@usp.br

Gustavo Nogueira Zeoti

Mestre, Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, gustavozeoti@gmail.com

Resumo

O artigo apresenta o SIG-Histórico Ribeirão Preto, que envolve a sistematização e o geoprocessamento de dados sobre patrimônio cultural. É a etapa inicial para a implementação de um sistema online, uma plataforma SIG Web. Ressalta-se seu papel na compreensão de processos de transformação da paisagem ao longo do tempo. Questiona-se a representatividade do patrimônio cultural e da produção historiográfica sobre o município, usualmente vinculadas ao legado monumental do café. O projeto congrega dados coletados em arquivos públicos e particulares, físicos e digitais, e em campo, valendo-se das funcionalidades de Sistemas de Informação Geográfica. São apresentadas aplicações da sistemática adotada de georreferenciamento, vetorização, cadastro e processamento de dados, que contemplam diferentes elementos e escalas da paisagem. Contribui-se para as discussões acerca do uso de tecnologias digitais e da geoinformação histórica na produção e difusão do conhecimento sobre o patrimônio cultural.

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica; Documentação; Patrimônio Cultural

Abstract

The article presents the Ribeirão Preto Historical-GIS, which involves the systematization and geoprocessing of data on cultural heritage. It is the initial stage for the implementation of an online system, a Web GIS platform. It highlights its role in the understanding of landscape transformation processes over time. The representativeness of cultural heritage and historiographical production about the municipality is questioned, usually linked to the coffee monumental legacy. The project brings together data collected in public and private archives, physical and digital, and in field survey, using the features of Geographic Information Systems. Applications of the adopted system of georeferencing, vectorization, registration and data processing are presented, which include different elements and scales of the landscape. It contributes to discussions about the use of digital technologies and historical geoinformation in the production and dissemination of knowledge about cultural heritage.

Keywords: *Geographic Information System; Documentation; Cultural Heritage*

1. INTRODUÇÃO

As possibilidades de uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para espacialização de dados históricos são exploradas desde a década de 1990 por pesquisadores europeus e atualmente ganham espaço no Brasil. Em ambiente *online*, identificam-se duas vertentes no emprego de SIG, que se diferenciam, principalmente, pelo objeto do cadastro. A primeira delas, e talvez a mais difundida no país, é voltada para a geovisualização do patrimônio cultural reconhecido pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e por órgãos estaduais e municipais. A segunda vertente, mais recente, volta-se à espacialização de documentos, especialmente fotografias e mapas antigos, na qual o espaço geográfico é um fator comum para o cadastro e a visualização dos dados.

Ambas as vertentes estão mais próximas dos chamados mapeamentos Web (*Web mapping*), que envolvem o desenvolvimento, geração e disponibilização de mapas e dados geoespaciais, do que os SIGs baseados na Internet – SIG Web (*Web GIS*). Estes trazem funcionalidades adicionais para análises geoespaciais amparadas em funções de geoprocessamento (LI; DRAGIĆEVIĆ; VEENENDAAL, 2011).

O artigo apresenta o projeto do SIG-Histórico Ribeirão Preto, que resulta do esforço dos autores em aproximar, em suas pesquisas (ZEOTI, 2020; VILLELA, 2021a), as abordagens das vertentes de emprego do SIG supracitadas. Envolve, para além delas, o geoprocessamento de dados sobre o patrimônio cultural, não somente dos bens oficialmente protegidos, e de documentos históricos. Trata-se da primeira etapa de um projeto em andamento que se inicia com a elaboração de um SIG que congrega dados coletados em campo e em arquivos públicos e particulares, físicos e digitais, sobre o município, formando-se as bases para sua implementação *online*, em plataforma SIG Web.

Embora os objetivos das pesquisas sejam distintos, ambas compartilham de uma mesma sistematização dos dados, valem-se do processamento e análises geoespaciais em SIG e produzem geoinformação histórica. Isto envolve desde a organização das camadas, utilizando simbologias comuns para diferenciar o conteúdo de cada uma delas, até a produção de mapas temáticos que cobrem uma série de relações entre a paisagem material e o seu processo de transformação ao longo do tempo.

2. UM PROJETO EM CONSTRUÇÃO

A construção do ambiente SIG partiu de um levantamento de pesquisas acadêmicas e plataformas disponíveis ao público, para identificar métodos e possibilidades de organização, sistematização, espacialização, processamento, visualização e compartilhamento dos dados. Construiu-se, assim, um sistema próprio, adequado às características do município e da documentação disponível.

Da primeira vertente, relativa à geovisualização dos dados sobre o patrimônio cultural brasileiro, destacam-se o Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão (SICG) – desenvolvido

pelo IPHAN -, o Patrimônio Cultural Carioca – organizado pelo Instituto Rio Patrimônio Cultural – e o iPatrimônio. Há ainda sistemas como o GeoSampa, cujos dados sobre o patrimônio da capital paulista podem ser visualizados separadamente ou sobrepostos aos dados de outras secretarias. Uma interpolação que facilita a gestão de bens culturais de forma integrada ao planejamento urbano.

Em instância estadual, o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT) mantém um mapa interativo e uma base de dados dos bens protegidos integrada à Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo (IDE-SP). Integração que dificilmente é continuada pelas administrações municipais.

Já o município de Ribeirão Preto, não dispõe de plataformas assemelhadas, sejam mapeamentos Web ou SIG Web. Os documentos históricos existentes e eventualmente disponibilizados o são de maneiras diversas e bastante difusas, nem sempre de fácil acesso à população.

Por outro lado, há uma legislação consistente no que diz respeito à proteção do patrimônio cultural. Além do tombamento, estão previstos o inventário, a chancela, o reconhecimento, a vigilância, a desapropriação, o registro (para o caso do patrimônio imaterial) e outras formas de acautelamento e preservação estabelecidas pelo Conselho de Preservação do Patrimônio Cultural de Ribeirão Preto (CONPPAC-RP). Apesar disso, na prática, prevalece a compreensão equivocada de que apenas os bens tombados integram o patrimônio cultural local.

Segundo Carlos Lemos, o patrimônio cultural é composto por um incomensurável número de bens, ao passo que os bens tombados integram o chamado patrimônio “oficial”, isto é, “aquele que legalmente reúne poucos e escolhidos bens eleitos como preserváveis à posteridade” (LEMOS, 1985, p. 12). O tombamento é, portanto, um dentre os vários instrumentos disponíveis para chancelar essa seleção.

Dentre algumas ações efetivadas pelo poder público para ampliar a visão sobre o patrimônio do município pode-se citar o Inventário de Referências Culturais, realizado pela Rede de Cooperação de Identidades Culturais, por iniciativa da Secretaria da Cultura, entre 2010 e 2012, um trabalho que envolveu pesquisadores de diversas áreas e resultou no registro fotográfico e cadastro de centenas de imóveis urbanos e rurais do município. Os relatórios finais foram divulgados, mas as fichas, arquivadas na Secretaria da Cultura, não foram disponibilizadas ao público.

Especificamente sobre os bens tombados em âmbito municipal, informações são obtidas na Secretaria Municipal da Cultura e Turismo. Na instância estadual é necessária a consulta física aos processos na sede do CONDEPHAAT, na cidade de São Paulo, pois há apenas dois processos disponíveis *online* (Edifício Diederichsen e Cervejaria Antártica).

No Arquivo Público e Histórico de Ribeirão Preto (APHRP), a documentação sistematizada se refere às obras de caráter monumental, como o Theatro Pedro II e o Palácio Rio Branco. Quando se pretende obter informação sobre bens particulares, bens não tombados e não

reconhecidos pela historiografia, o acesso a essa documentação primária torna-se mais difícil. As dificuldades vão desde o extravio de processos até as lacunas do sistema de consulta, devido às mudanças na numeração predial, além das condições precárias de armazenamento e a fragilidade do material arquivado. Ainda assim, o potencial desse acervo é grande e permite reconstituir a história do município, recuperando a memória daquilo que já não existe mais e compreendendo os significados do que resistiu ao tempo.

Em relação à segunda vertente, que envolve a espacialização de documentos, especialmente fotografias e mapas antigos, foram utilizados como principais referências: *OldMapsOnline*, que dispõe de ferramentas de busca dinâmicas para visualizar e baixar documentos cartográficos históricos; *David Rumsey Map Collection*, que adicionalmente os disponibiliza georreferenciados; o imagineRio e o *Pauliceia 2.0*, que disponibilizam a visualização dinâmica de iconografia histórica diversificada georreferenciada, possibilitando leituras retrospectivas da paisagem urbana carioca e paulistana (EL-DAHDAH; METCALF, 2016; FERLA, 2020), funcionando como um "Google Maps do passado", na expressão de Ferla et al. (2020); além de pesquisas acadêmicas como a de Gauthiez (2016) e Bueno (2016, 2018).

Nesse sentido, o SIG-Histórico Ribeirão Preto tem o potencial de ampliar o acesso aos dados do patrimônio cultural do município por meio de uma única plataforma e aproximá-los aos documentos históricos do APHRP e de outros acervos, tensionando não somente discussões acerca da representatividade do patrimônio cultural local como também da própria produção historiográfica sobre a cidade. Assim, na construção do SIG-Histórico Ribeirão Preto, em sua etapa inicial, além do material cartográfico e fotográfico, também foram georreferenciados, vetorizados e processados outros documentos, conforme será apresentado na subseção 2.1. As etapas seguintes, em ambiente Web, estão sendo delineadas prioritariamente com vistas a possibilitar aos usuários análises geoespaciais *online* a partir de consultas, visualizações e entrecruzamento da diversidade de dados históricos sistematizados, além de mapeamentos como síntese da informação.

2.1 Patrimônio cultural, documentação e geoinformação

Milton Santos (2012) define a paisagem como o acúmulo desigual de tempos. No SIG-Histórico Ribeirão Preto, busca-se reconhecer os cenários que conduziram a esse acúmulo temporal e os muitos elementos que se sobrepõem nas paisagens urbana e rural. Foram definidas camadas específicas para cadastrar bens culturais, documentos de natureza fotográfica (a), gráfica (b) e cartográfica (c), e dados provenientes de fontes bibliográficas (d). Essa estratégia permitiu juntar, por assim dizer, as peças de um complexo quebra-cabeças composto por: a) fotografias de arquivos e produzidas em campo pelos autores; b) projetos de arquitetura; c) mapas, plantas cadastrais urbanas, fotografias aéreas; d) requerimentos, livros de impostos prediais, almanaques.

Cada uma dessas peças tem uma linguagem específica. As fotografias, por exemplo, reproduzem imagens sobre superfícies fotossensíveis enquanto os desenhos de arquitetura

contêm representações técnicas e artísticas feitas à mão, geralmente em nanquim. Por isso, o tipo de informação que se pode extrair é diferente: as fotografias, por exemplo, são recortes definidos pelos fotógrafos e não podem ser confundidas com a reprodução fiel da paisagem, ao passo que os desenhos técnicos evidenciam arranjos espaciais internos, mas que, não necessariamente, foram seguidos à risca no canteiro de obras.

Além da linguagem e do conteúdo de cada documento, ressalta-se a sua vinculação a tempos distintos. Há fotografias produzidas desde o final do século XIX até os dias atuais; projetos de arquitetura produzidos desde o final do século XIX; plantas cadastrais datadas desde 1884, fotografias aéreas desde 1962; livros de impostos desde 1898; dentre outros. Da mesma forma, os levantamentos de edificações e sítios de interesse histórico conduzidos pelos autores - apresentados adiante - apontam para uma heterogeneidade de períodos e estilos, que revelam a complexidade dos processos de transformação da paisagem. O SIG viabilizou essas articulações temporais ao vincular dados sincrônicos e diacrônicos a coordenadas geográficas.

Atualmente, percebe-se uma tendência em olhar para o patrimônio local como um compêndio de bens isolados, sobretudo aqueles de caráter monumental. Na medida em que se aproximam os documentos de arquivo à paisagem atual, surgem algumas questões relativas à representatividade do patrimônio oficial do município. Dentre os bens oficialmente protegidos, predominam edificações erguidas durante o auge do chamado período cafeeiro, como casas sedes de fazendas de café, estações ferroviárias, palacetes da elite, edifícios religiosos, sedes do poder municipal etc.

O café teve um papel fundamental no desenvolvimento de Ribeirão Preto até eclodir a crise de 1929, que resultou no endividamento de muitos fazendeiros da região. Contudo, naquela época, "o município já não dependia exclusivamente do setor primário-exportador, pois a rede urbana que se formou no período do auge cafeeiro e o capital acumulado proporcionaram condições para reverter o quadro da crise" (SILVA, 2006, p. 56). Grandes indústrias foram inauguradas, como as Indústrias Reunidas Francisco Matarazzo, cuja primeira fábrica em Ribeirão Preto data de 1935. Nas décadas de 1930 e 1940, foram construídos os primeiros arranha-céus, além de novos estilos e tipologias construtivas, que introduziram novas dinâmicas aos cotidianos urbanos. Na década de 1950, surgiram os primeiros exemplares da arquitetura moderna, tanto residências particulares como prédios multifuncionais. Sem contar o meio rural, que passou a se diversificar e a explorar outros usos, inclusive institucionais, como a Fazenda Monte Alegre que, na década de 1940, foi transformada em Escola Agrícola e, posteriormente, adquirida pela Universidade de São Paulo, permanecendo até hoje em atividade. Ainda assim, prevalecem os valores de monumentalidade, singularidade e excepcionalidade do patrimônio do café.

A "ideia de que a preservação é sinônimo de guarda de bens excepcionais, para serem objetos de contemplação e fonte de conhecimento é, hoje, considerada uma postura museológica anacrônica, elitista" (FONSECA, 2017, p. 73). Há um considerável esforço dos atuais membros do CONPPAC-RP para ampliar critérios e valores utilizados por décadas na seleção do

patrimônio local, a despeito de limitações institucionais e falta de vontade política na administração pública. Nesse sentido, o projeto SIG-Histórico Ribeirão Preto pode contribuir com a difusão de documentos e dados históricos e, consequentemente, com a interpretação e o conhecimento sobre bens culturais de modo mais abrangente.

O acesso à informação é um pressuposto básico para a educação patrimonial e, de acordo com Scifoni (2019), é uma "condição inerente à preservação uma vez que, a partir dela, pode-se problematizar a memória oficial e o passado, as políticas públicas de preservação e reconectar as pessoas ao patrimônio". A autora questiona se ainda hoje seria possível creditar os problemas da preservação ao desconhecimento da população sobre o patrimônio, frente ao aumento da preservação patrimonial participativa (SCIFONI, 2019). Em Ribeirão Preto, o desconhecimento é sim um dos fatores que colabora para a destruição de muitos bens situados fora do rol de bens monumentais. Não cabe aqui esgotar os demais fatores, mas a ampliação dos processos de seleção e valoração de bens culturais perpassa a difusão do conhecimento, principalmente sobre aquilo que está situado às margens da cultura erudita, do patrimônio oficial e da história monumental.

Desde 2019, no âmbito do SIG-Histórico Ribeirão Preto, estão sendo cadastradas pelos autores edificações de interesse histórico remanescentes em Ribeirão Preto, tombadas ou não, de caráter monumental ou modesto, antigas ou mais recentes. "O que se entende por atributo histórico não está vinculado à qualificação do repertório de acontecimentos ilustrados pelos bens, mas remete ao próprio processo de constituição do significado histórico" (CAVALCANTE, 2016, p. 134).

No Quadrilátero Central, há mais de 700 edificações de interesse histórico, conforme ilustra a Figura 1; no território municipal como um todo, há remanescentes das 8 linhas ferroviárias que o atravessaram, para além das estações em si; etc. Por se tratar de um projeto em andamento, espera-se dar continuidade aos trabalhos em localidades ainda não cobertas, por meio de projetos de extensão, pesquisas de iniciação científica e parcerias institucionais, fazendo uso da mesma sistemática.

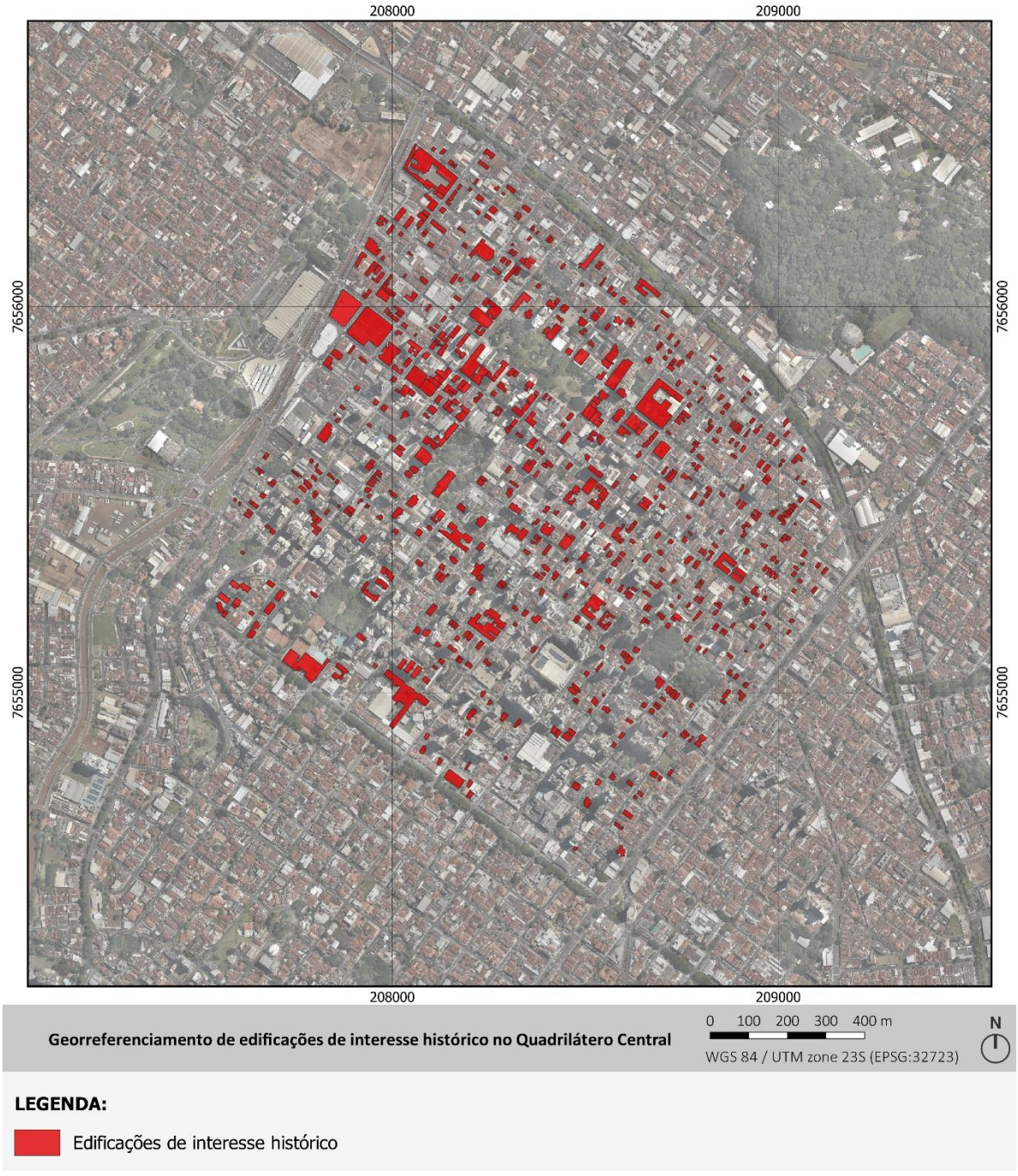


Figura 1: Georreferenciamento de edificações de interesse histórico no Quadrilátero Central. Fonte: VILLELA, 2021.

Houve um esforço em mapear e reunir material sobre os bens cadastrados, material esse que hoje se encontra disperso em diferentes repartições e arquivos. A Figura 2 reproduz o cadastro do Palácio Rio Branco, tombado em nível municipal, com alguns dos documentos levantados

no APHRP. Todos foram digitalizados com um scanner de mão, com exceção das fotografias catalogadas, que, em sua maioria, integram o acervo digital do APHRP.

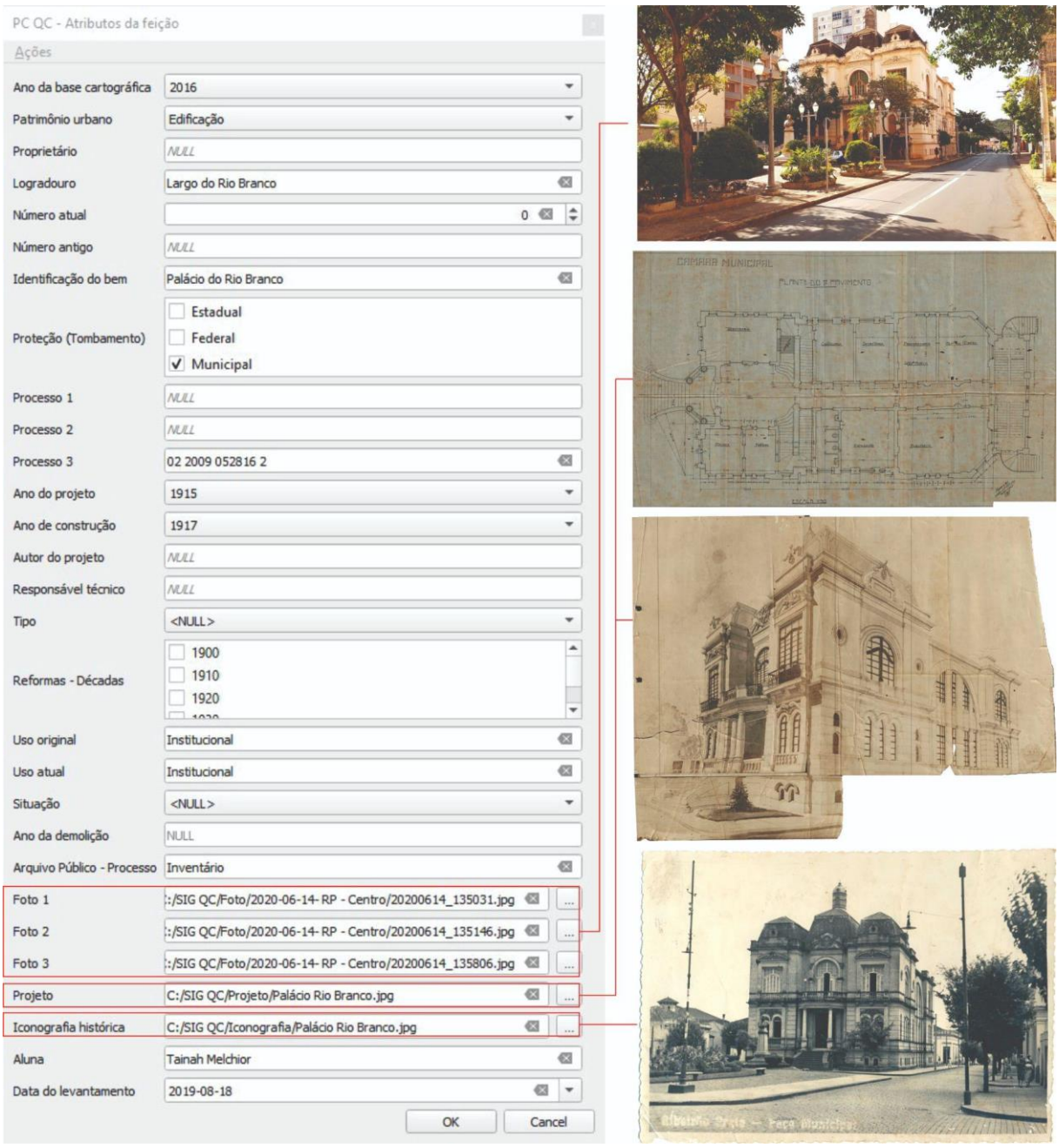


Figura 2: Cadastro do Palácio Rio Branco. Fonte: VILLELA; ZEOTI, 2021.

Também foram coletados e organizados dados e documentos relativos às edificações de interesse histórico, isto é, aquelas que não integram o patrimônio oficial, mas que conferem o caráter histórico da paisagem urbana e rural (Figura 3). Uma produção sobre a qual poucos

pesquisadores se debruçam por se tratar de uma arquitetura de caráter menor, produzida por construtores fora do ciclo dos arquitetos e engenheiros diplomados e para cidadãos comuns.

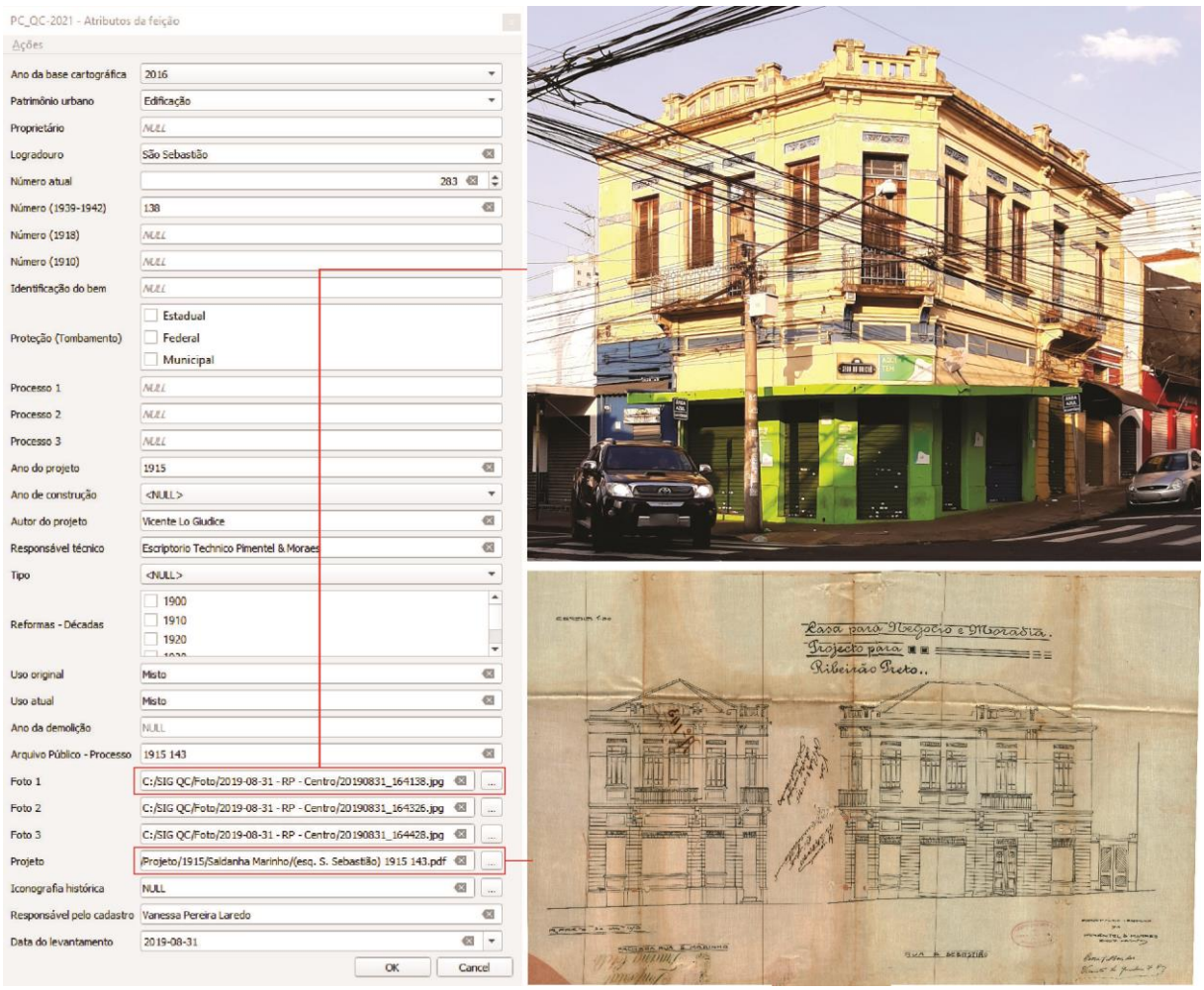


Figura 3: Cadastro do imóvel situado no Quadrilátero Central. Fonte: VILLELA, 2021.

Além das edificações, foram previstas outras categorias de elementos que abarcam especificidades do patrimônio urbano, ferroviário e rural. Em diversos cenários, essas categorias se sobrepõem, como nas fazendas de café, por onde passavam linhas férreas e, algumas vezes, onde havia estações. A Figura 4 mostra o mapeamento dos elementos construídos que integravam a Fazenda Iracema antes da sua quase completa demolição. A partir de visitas em campo, georreferenciamento de fotografias de arquivos (de 1900 e 1913) e fotografias aéreas de diferentes períodos (sobretudo 1984 e 2020), foram localizados tanto os componentes da antiga ferrovia (via férrea, passagem inferior), quanto os da antiga fazenda de café (casas de colônia, cocheira, curral, estação ferroviária, terreiro, tulha, dentre outros). Assim, foi possível reconstituir o complexo cafeeiro e ferroviário relativo sobretudo ao cenário de 1984 (data da fotografia aérea) e reconhecer as alterações da paisagem desde então.

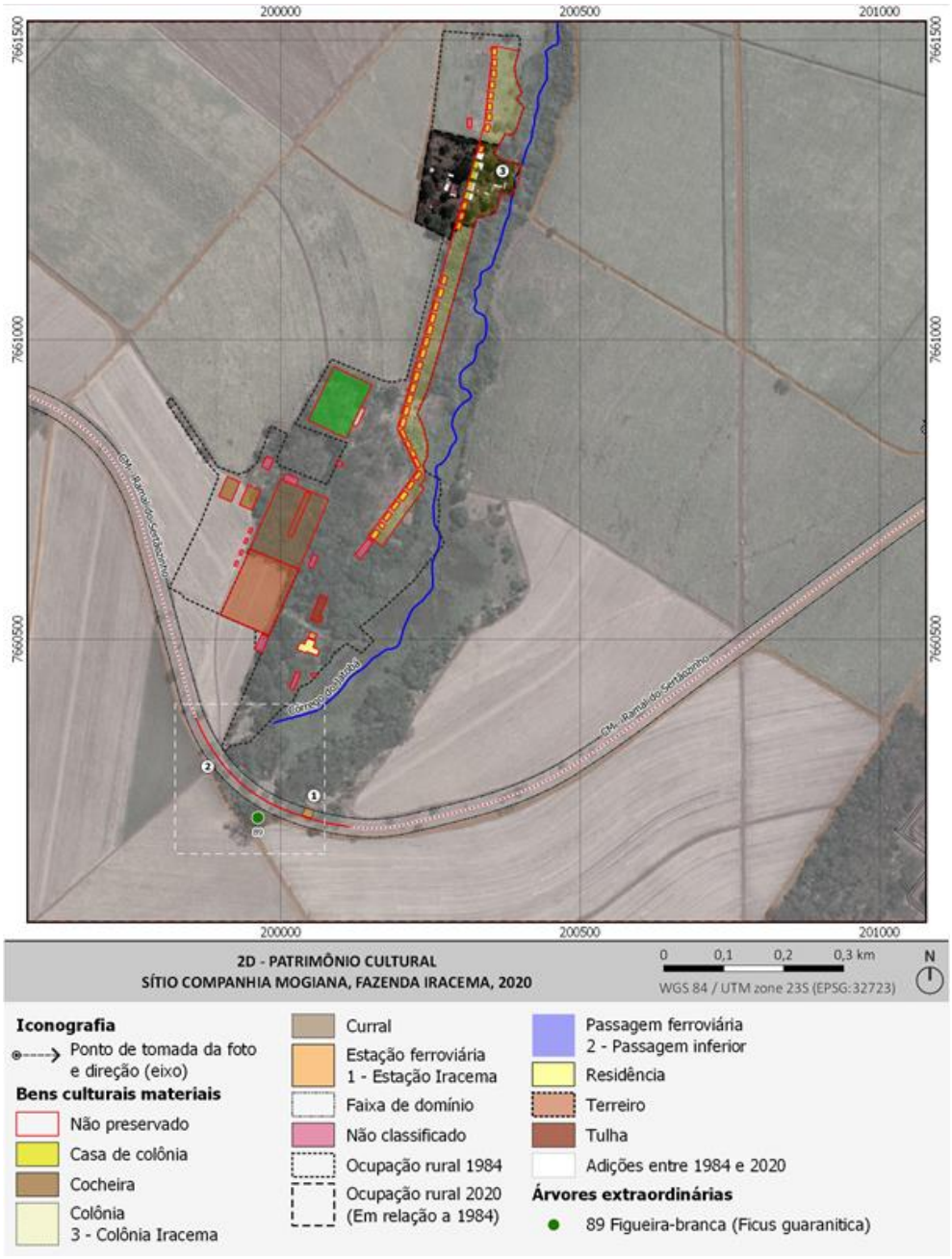


Figura 4: Mapeamento do patrimônio rural e ferroviário da Fazenda Iracema. Fonte: ZEOTI, 2020.

Outra questão importante é com relação às escalas dos elementos cadastrados. Na Figura 5, enquanto alguns elementos podem ser facilmente identificados por meio de fotografias aéreas (1984, 2002, 2016, 2020) e em séries de mapas históricos (1910, 1918, 1948), outros exigem visitas de campo e um olhar atento a vestígios materiais de menor escala.

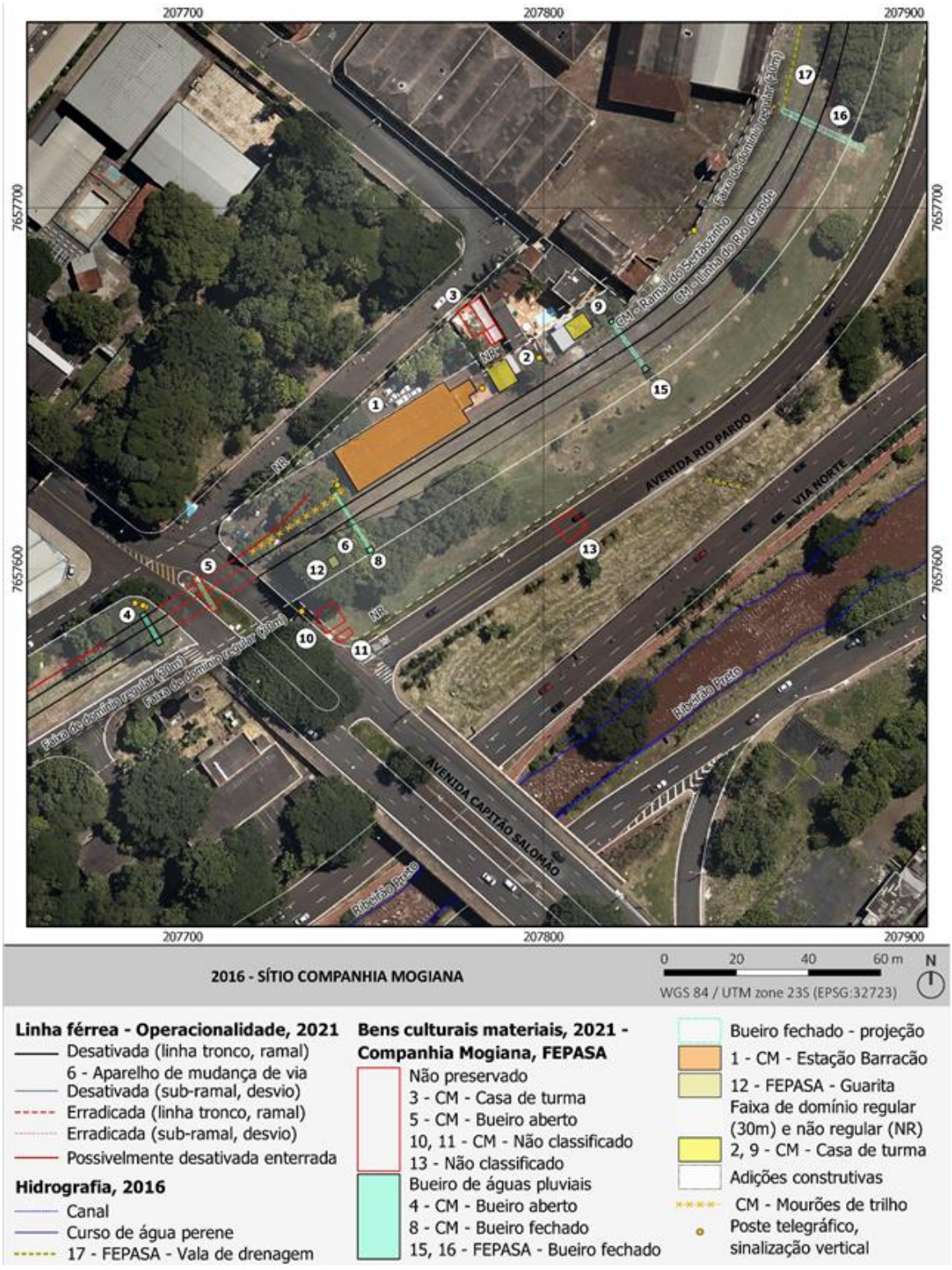


Figura 5: Mapeamento de bens culturais no sítio da Companhia Mogiana em torno da Estação Barracão. Fonte: ZEOTI; VILLELA; MANHAS, 2021.

Como modais de transporte, as ferrovias extrapolam os limites municipais e, concomitantemente, são compostas por elementos mínimos, tais como trilhos, dormentes e respectivas peças de fixação. As estações, que costumam ser o foco dos tombamentos, inventários e pesquisas acadêmicas, são apenas um dos elementos que integram o patrimônio ferroviário.

A alternância de escalas evidencia a diversidade de bens culturais que resistem na atualidade e cujos significados dificilmente são elucidados sem uma visão sistêmica da paisagem. Na documentação, a questão das escalas também é fundamental, na medida em que estão diretamente relacionadas ao tipo de informação e à sua função.

O APHRP dispõe de centenas de mapas, que subsidiam leituras mais abrangentes do território. Essa documentação pode ser complementada pela cartografia disponível no acervo digital do Arquivo Público do Estado de São Paulo (APESP). As plantas cadastrais, por sua vez, aproximam-se dos lotes e deixam entrever, dentre outros aspectos, diferentes formas de implantação, que refletem a incidência da legislação municipal sobre a ocupação do solo. Dispondo apenas das plantas cadastrais não é possível dar a conhecer quem eram os proprietários dos imóveis nelas representados. Ao cotejar dados extraídos dos livros de impostos prediais, porém, é possível não apenas resgatar essa informação como decifrar antigos sistemas de numeração, vigentes no perímetro urbano durante a primeira metade do século XX. Para esse e outros desdobramentos, procedeu-se à vetorização dos mapas e plantas cadastrais, de modo que a cada um dos vetores fossem atribuídos dados obtidos de outras fontes, para além dos documentos cartográficos.

Como exemplo, a Figura 6 ilustra o processo de georreferenciamento e vetorização do trecho correspondente ao Quadrilátero Central da Planta da Cidade de Ribeirão Preto organizada pelo Escriptorio da Empreza Força e Luz [*sic*], de 1910. O dado vetorial é uma forma de representar elementos do mundo real no ambiente SIG. Assim, cada vetor amarelo indica uma edificação ou um conjunto delas aos quais foram atribuídos dados contemporâneos ao cadastro. Isto é, como o mapa é de 1910, utilizou-se o livro de impostos do mesmo ano.

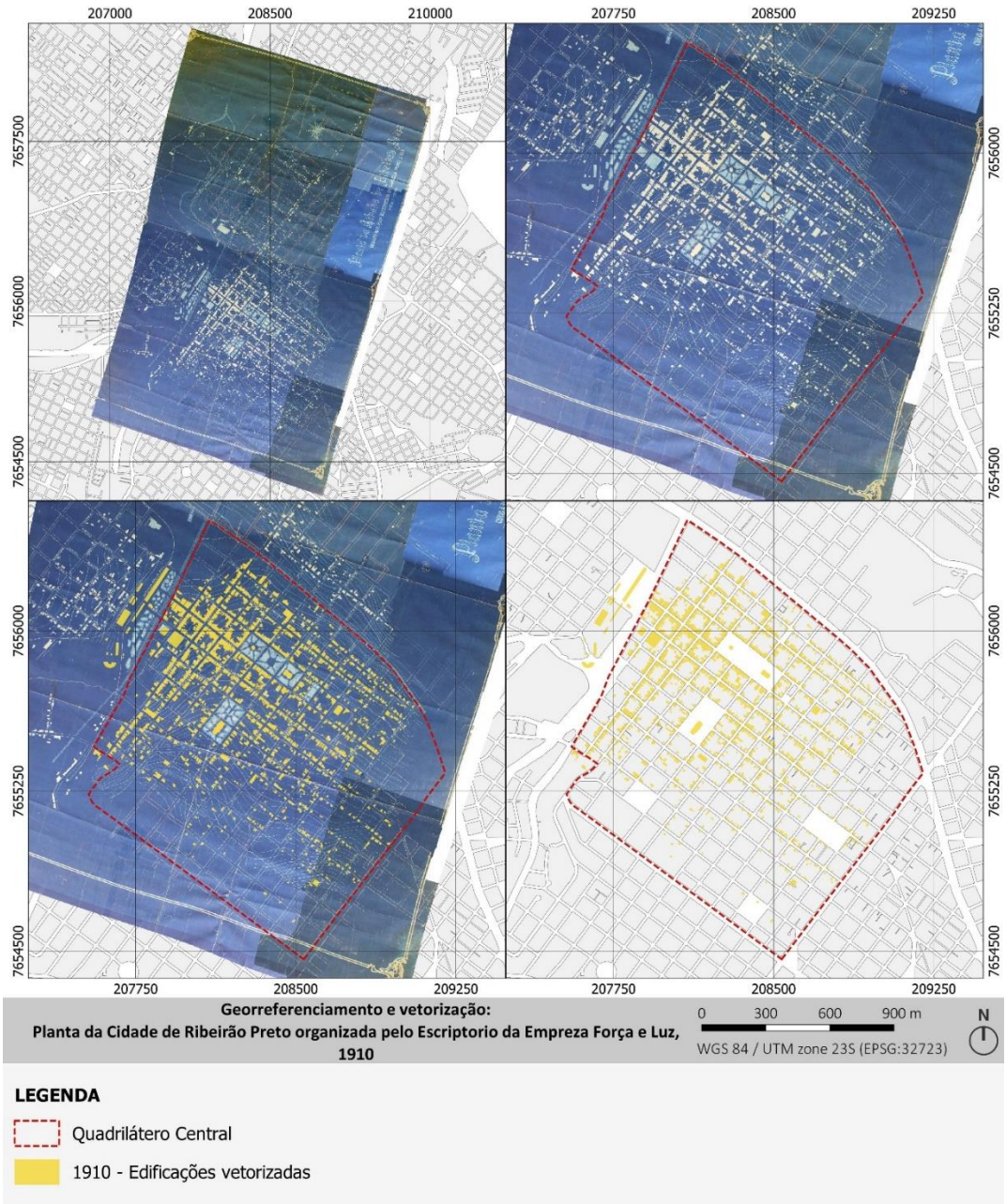


Figura 6: Georreferenciamento e vetorização da planta cadastral de 1910. Fonte: APHRP; VILLELA, 2021.

Outra importante categoria documental utilizada no reconhecimento do processo de transformação da paisagem urbana foram os processos de obras particulares, nos quais estão anexados os respectivos projetos de arquitetura. Foram levantados e digitalizados todos os projetos destinados ao Quadrilátero Central produzidos até 1949 e, até o momento, foram atribuídas coordenadas geográficas a mais de 800 projetos, relativos a processos aprovados entre 1910 e 1922 (Figura 7).

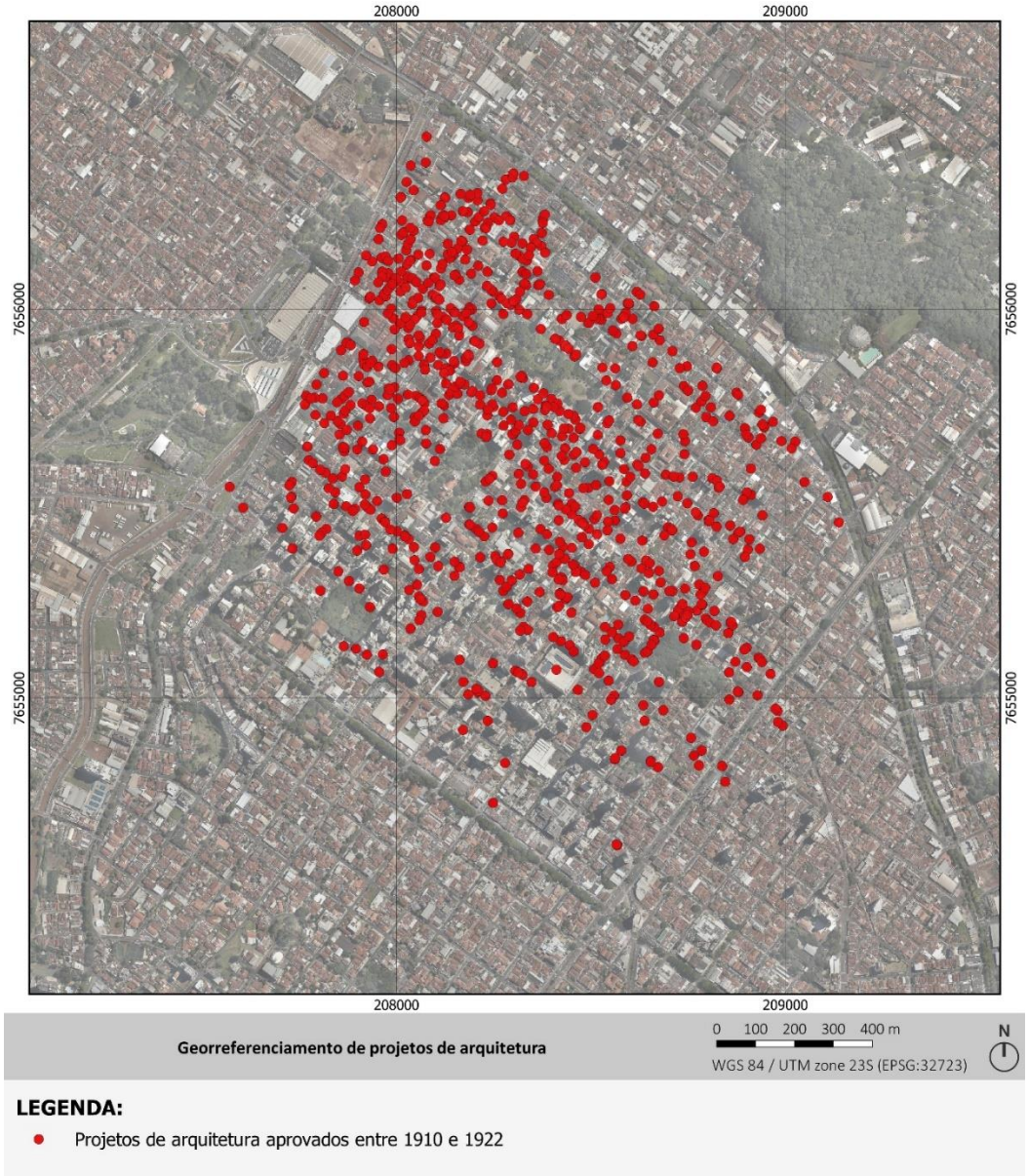


Figura 7: Georreferenciamento dos projetos de arquitetura. Fonte: VILLELA, 2021.

Esse é um processo bastante moroso, uma vez que, feita a digitalização das pranchas, é necessário o tratamento das imagens, o levantamento de dados de cada processo (profissionais envolvidos no projeto e na construção, ano, proprietário, endereço, uso, etc.) e, finalmente, a geolocalização. Ainda que os livros de impostos prediais tenham auxiliado nessa última etapa, há muitos projetos sem identificação, de modo que é preciso esgotar uma série de possibilidades para que, enfim, sejam atribuídas as coordenadas geográficas. Mesmo assim permanecem lacunas, pois boa parte das edificações representadas já foi demolida ou muito alterada. No entanto, um olhar mais atento pelas ruas levou os pesquisadores a perceber

vestígios que permitem a localização de determinados projetos, com base nas similaridades em relação ao imóvel atual (Figuras 8 e 9).

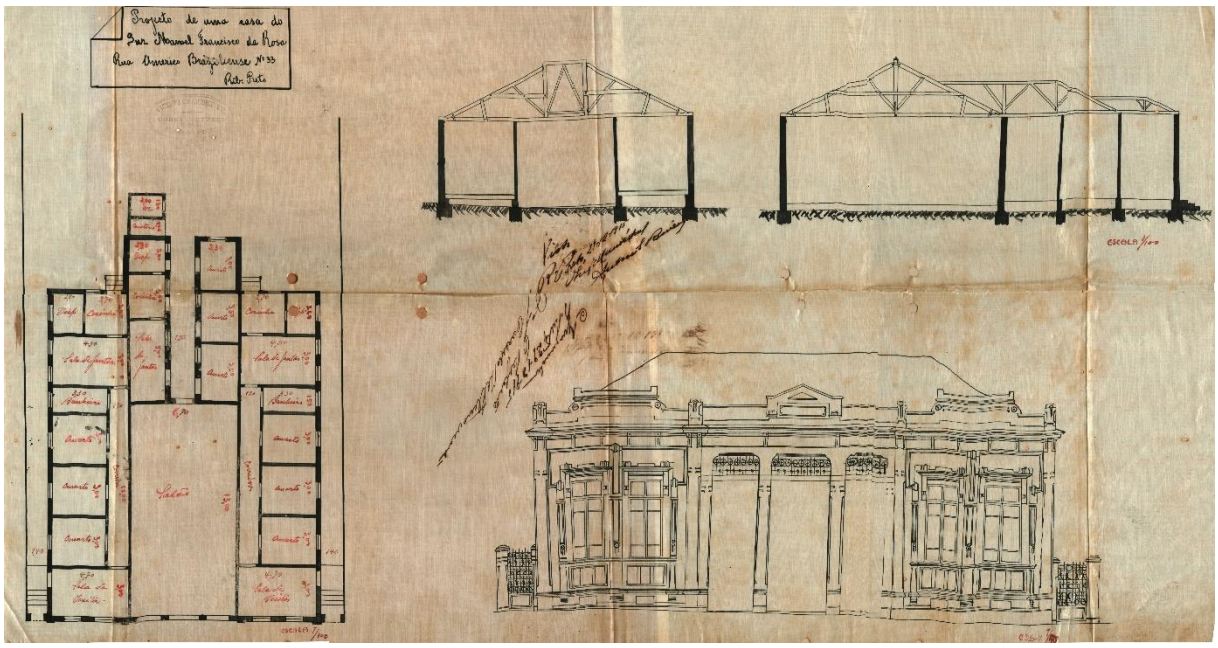


Figura 8: "Projeto de uma casa do Sr. Manoel Francisco da Rosa - Rua Américo Brasiliense n. 33" (numeração antiga). Processo 192 de 1915. Fonte: APHRP.



Figura 9: Imóvel executado segundo o projeto da Figura 7 na atualidade. Fonte: os autores, 2020.

O SIG facilita o diálogo entre arquivos e paisagem, e mesmo entre documentos de um mesmo acervo, na medida em que apoia todas as informações e documentos sobre o espaço

geográfico. A Figura 10, por exemplo, mostra duas fotografias e o trecho da planta cadastral de 1918 correspondentes à antiga residência de Dona Iria Alves, uma edificação demolida, mas cujos registros documentais permitem precisar sua localização na paisagem. Assim, o SIG se apresenta não apenas para o cadastro e visualização de dados históricos, mas também como uma potente ferramenta de análise dos processos de transformação da paisagem, em suas mais diversas escalas, ao longo do tempo.

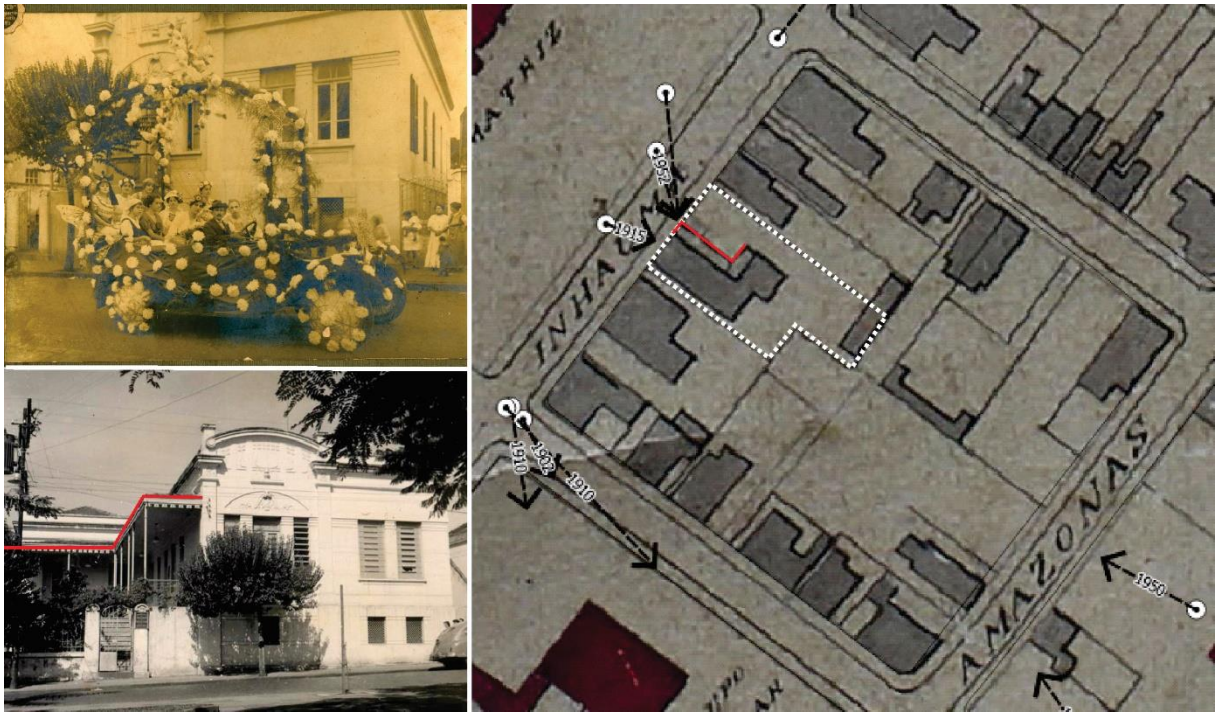


Figura 10: Antiga residência de Dona Iria Alves (demolida), registrada em duas fotografias e na planta cadastral de 1918. Fonte: APHRP; VILLELA, 2021.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao mesmo tempo que se assume o SIG como ferramenta efetiva para a realização de descobertas científicas, tal como observa Fu (2018), assume-se o mesmo para as plataformas SIG Web. O SIG-Histórico Ribeirão Preto estabelece uma relação direta entre a paisagem existente e documentos de arquivos e de outras diversas fontes, explorando as possibilidades de sistematização, espacialização e processamento de dados. Para além da difusão e do conhecimento sobre a história e o patrimônio cultural de Ribeirão Preto, uma vez disponibilizado aos usuários de Internet, possibilitará a realização de análises geoespaciais, tais como leituras retrospectivas da paisagem. Contribui, assim, para ampliar as abordagens e narrativas sobre o município, inclusive para além do legado monumental do café.

Em perspectiva, e considerando-se o cenário atual de possibilidades tecnológicas e limitações observáveis para o caso de Ribeirão Preto, vislumbra-se na sequência uma plataforma em que

seja possível: incremento nas funções básicas de geoprocessamento (classificações vetoriais com base em parâmetros específicos, por exemplo), colaboração do usuário com a adição de dados ao sistema e gestão desses dados pelos próprios usuários.

REFERÊNCIAS

BUENO, B. P. S. A cidade como negócio mercado imobiliário rentista, projetos e processo de produção do Centro Velho de São Paulo do século XIX à Lei do Inquilinato (1809-1942). 2018. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-17012019-135711/pt-br.php. Acesso em: 25 ago. 2021.

BUENO, B. P. S. Aspectos do mercado imobiliário em perspectiva histórica: São Paulo (1809-1950). São Paulo: Edusp, 2016.

CAVALCANTE, I. M. P. Arquiteturas temporais: a prática historiográfica do patrimônio cultural. 2016. Dissertação (Mestrado em História) - Instituto De Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/23327. Acesso em: 25 ago. 2021.

EL-DAHDAH, F.; METCALF, A. imagineRio: A Diachronic Atlas of the Social and Architectural Evolution of Rio De Janeiro. In: DIGITAL FRONTIERS CONFERENCE, 5, 2016. 5th Annual Digital Frontiers Conference. Houston: Rice University. 1 vídeo (25h:49min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=JukOndhNE9I&feature=youtu.be&t=1m45s. Acesso em: 25 ago. 2021.

FERLA, L. et al. Pauliceia 2.0: mapeamento colaborativo da história de São Paulo (1870-1940). História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro, v.27, n.4, out.-dez. 2020, p.1207-1223. DOI: 10.1590/S0104-59702020000500010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hcsm/a/LsTg5nrNLZXdd8mfdGSNr7C/?lang=pt. Acesso em: 25 ago. 2021.

FONSECA, M. C. L. O Patrimônio em processo: Trajetória da Política Federal de Preservação no Brasil. 4. ed. São Paulo: UFRJ, 2017.

FU, P. Getting to know Web GIS. 3 ed. Redlands, California, USA: Esri Press, 2018.

GAUTHIEZ, B. Lyon, das fontes escritas ao SIG histórico – método e exemplos de aplicação. Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, São Paulo, v. 3, n. 64, p. 21, 2016. DOI: 10.11606/issn.2316-901x.v0i64p21-50. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rieb/article/view/119563. Acesso em: 25 ago. 2021.

LEMOS, C. C. O que é patrimônio histórico. 4 ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 1985.

LI, S.; DRAGIĆEVIĆ, S.; VEENENDAAL, B (ed.). Advances in Web-based GIS, mapping services and applications. London, UK: CRC Press, 2011.

RIBEIRÃO PRETO. Secretaria da Cultura e CONPPAC. Ofício n. 05/2021. Ribeirão Preto: Secretaria da Cultura, 22 jul. 2021.

SANTOS, M. A Natureza do Espaço. Técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Edusp, 2012.

SCIFONI, S. Conhecer para preservar: uma ideia fora do tempo. Revista CPC, São Paulo, v. 14, n. 27 esp, p. 14-31, 2019. DOI: 10.11606/issn.1980-4466.v14i27espp14-31. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/cpc/article/view/157388. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, A. C. B. da. Campos Elíseos e Ipiranga: Memórias do Antigo Barracão. Ribeirão Preto: Editora COC, 2006.

VILLELA, A. T. C. Arqueologia da Paisagem Urbana: o processo de (trans)formação do Quadrilátero Central de Ribeirão Preto (SP) – 1884-1949. Orientador: Maria Ângela Pereira de Castro e Silva Bortolucci. Memorial de Qualificação (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

VILLELA, A. T. C.; ZEOTI, G. N. Uso do SIG para o cadastro do patrimônio urbano: o Quadrilátero Central de Ribeirão Preto (SP). Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 16, n. 3, 2021. DOI: 10.11606/gtp.v16i3.171819. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/171819. Acesso em: 14 fev. 2022.

ZEOTI, G. N. Subsídios para o planejamento de redes de greenways: estudo de caso de Ribeirão Preto, SP. Orientador: Renata Bovo Peres. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/13980. Acesso em: 14 fev. 2022.

ZEOTI, G. N.; VILLELA, A. T. C.; MANHAS, A. C. B. da S. Patrimônio ferroviário e SIG histórico: para além das estações. Labor e Engenho, Campinas, SP, v. 15, n. 00, p. e021012, 2021. DOI: 10.20396/labore.v15i00.8665804. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8665804. Acesso em: 14 fev. 2022.

MODELANDO PAISAGENS CULTURAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA ACERCA DO HLIM E CONCEITOS CORRELATOS

Modeling Cultural Landscape: a bibliographic HLIM and related concepts

Lucas Edson de Chico

Mestrando, IAU USP, lucas.chico@usp.br

Anja Pratschke

Livre docente, IAU USP, pratschke@sc.usp.br

Resumo

O objetivo deste artigo é trazer o conceito de Paisagem Cultural e o de *Heritage Landscape Information Modeling* (HLIM), relacionando as características da paisagem com os processos de modelagem da informação com base em conceitos correlatos ao HLIM, como o BIM, LIM, HBIM e GIS. Através de um processo de revisão bibliográfica e análise comparativa, é possível discutir os aspectos da paisagem cultural a serem modelados, como os naturais, materiais e imateriais, e como cada um dos conceitos relacionados ao HLIM pode contribuir para o processamento dessa informação, além de verificar as necessidades de interlocução entre as partes. O que se pôde observar é que a paisagem cultural é um conceito que necessita de uma abordagem complexa, baseada na Teoria do Pensamento Complexo, de Morin (2005), e que o HLIM deve ser pensado para além da criação de uma única plataforma, podendo ser considerado um sistema constelar de plataformas que devem compartilhar dados entre os diversos interessados.

Palavras-chave: Paisagens Culturais; HLIM; Pensamento Complexo

Abstract

The objective of the article is to bring the concept of Cultural Landscape and the Heritage Landscape Information Modeling (HLIM), relating the characteristics of the landscape with the information modeling processes based on concepts related to HLIM, such as BIM, LIM, HBIM and GIS. Through a process of literature review and comparative analysis, it is possible to discuss aspects of the cultural landscape to be modeled, such as natural, material and immaterial, and how each of the concepts related to HLIM can contribute to the processing of this information, in addition to verify as a need for interlocution between the parties. What was noticed is that a cultural landscape is a concept that needs a complex approach, based on the Theory of Complex Thinking, by Morin (2005), and that the HLIM must be thought of beyond the creation of a single platform, which can be considered a constellation system of platforms that must share data among the various stakeholders.

Keywords: *Cultural Landscape; HLIM; Complex Thinking*

1. INTRODUÇÃO

A paisagem cultural tem sua raiz científica na geografia. Segundo o geógrafo brasileiro Rafael Winter Ribeiro,

> Foi a geografia a disciplina que, desde o final do século XIX, mais se dedicou à ideia de paisagem cultural como fruto do agenciamento do homem, em diferentes escalas, fazendo com que hoje, na disciplina geográfica, este termo se confunda com o próprio conceito de paisagem (RIBEIRO, 2007, p. 10).

Durante mais de cem anos, o termo passou por transformações significativas de definição, estando inicialmente vinculada à escola de Berkeley, liderada pelo geógrafo Carl Sauer. Sauer trouxe a paisagem para o campo científico, fundando a metodologia morfológica de análise da paisagem. Segundo esta metodologia, "A paisagem é analisada em suas formas materiais, existindo uma preocupação em investigar como a cultura humana, analisada através de seus artefatos materiais, transforma essa paisagem." (RIBEIRO, 2007, P. 15-16).

Porém, essa definição não abarcava as questões imateriais, simbólicas e subjetivas da paisagem. Sendo assim, a partir de 1960, surgiu uma corrente de pensamento denominada Nova Geografia Cultural, que intentava tratar do conceito por uma abordagem que valorizava a subjetividade. Segundo Ribeiro,

> A paisagem é introjetada no sistema de valores humanos, definindo relacionamentos complexos entre as atitudes e a percepção sobre o meio. Nessa visão, a estética da paisagem é uma criação simbólica, desenhada com cuidado, onde as formas refletem um conjunto de atitudes humanas (RIBEIRO, 2007, p. 24).

Atualmente, o trabalho do geógrafo francês Augustin Berque traz questões importantes ao debate, uma vez que não trata a paisagem como morfologia ou fruto da percepção, mas sim a partir da relação complexa entre o sujeito e o objeto, onde a paisagem é matriz e marco. Segundo Berque,

> Paisagem Matriz na medida em que as estruturas e formas da paisagem contribuem para a perpetuação de usos e significações entre as gerações; Paisagem Marco, na medida em que cada grupo grava em seu espaço os sinais e os símbolos de sua atividade (BERQUE, 1984, p. 33).

É possível relacionar a definição dada por Berque com aquela tratada pela UNESCO em 1992. Segundo relatório técnico expedido pela organização, as paisagens culturais seriam

> ilustrativas da evolução da sociedade e dos assentamentos humanos ao longo do tempo, sob a influência de condicionantes e/ou oportunidades físicas apresentadas pelo seu ambiente natural, e de sucessivas forças sociais, econômicas e culturais, tanto externas quanto internas. (UNESCO, 2012)

Ao convergir os argumentos de ambos, é possível compreender as paisagens culturais como um sistema complexo, dinâmico e vivo, onde diversos atores transformam o ambiente e são transformados por ele. Dentre os diversos elementos e relações existentes na paisagem cultural, Ribeiro (2007) cita alguns deles, como a integração entre homem e natureza, e entre patrimônio material e imaterial. Os elementos destacados (natureza, patrimônio material e

imaterial) podem ser apontados como a base constituinte das paisagens culturais. Com base nas definições do IPHAN (2014), esses elementos podem ser definidos da seguinte maneira:

Patrimônio Natural: são os elementos cujas características principais são dadas pelas ações da natureza, e correspondem a formações geológicas, fisiográficas e outros sítios naturais. Neste caso, a proteção recai sobre as características ambientais, arqueológicas e culturais de populações tradicionais. (IPHAN, 2014).

Patrimônio Material: compreendem bens concebidos pelo homem, e traduzidos em algum suporte físico ou material. Estes bens podem ser imóveis, como cidades históricas, arquitetura e sítios arqueológicos ou paisagísticos; ou móveis, como produtos das artes liberais, artesanato, indústria e manufatura, como pinturas, esculturas, bens de produção como máquinas, acervos documentais, fotográficos, entre outros. (IPHAN, 2014).

Patrimônio Imaterial: são os bens culturais cujos suportes são a cultura oral e os modos de vida em sociedade, por exemplo, saberes, ofícios, celebrações e artes performativas. Podem estar associadas a especialidades materiais específicas, como feiras e santuários, ou não. (IPHAN, 2014).

Ainda segundo o IPHAN (2014), a união entre os patrimônios materiais e imateriais é o patrimônio cultural, representativos dos diferentes povos brasileiros em relação a sua identidade, memória e ação. Os elementos da paisagem destacados pelo IPHAN são muito semelhantes aos trazidos por YANG et al (2019) na conceituação do HLIM (*Heritage Landscape Information Modelling*). De acordo com os autores, os elementos e suas subdivisões são os que se seguem (figura 1).

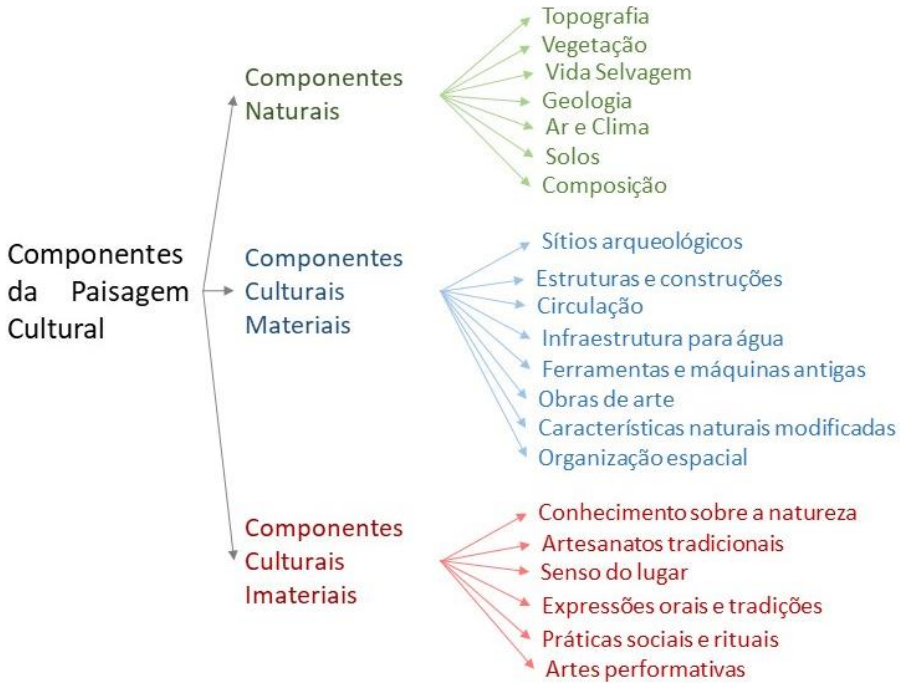


Figura 1: Componentes da paisagem cultural. Fonte: Yang et al (2019). Tradução nossa.

Como pode ser observado, o HLIM se propõe a abarcar as diversas dimensões e interações da paisagem cultural em seu processo de modelagem. Segundo os autores, o objetivo desta modelagem seria

> um recurso de conhecimento compartilhado para informações sobre uma paisagem patrimonial, formando uma base confiável para a decisão nos processos de gestão, incluindo avaliação do patrimônio, plano de conservação, implementação, monitoramento de impactos e avaliação de circunstâncias em mudança. (YANG et al, 2019, p. 1225, tradução nossa)

Esse objetivo vai ao encontro da definição de paisagem cultural como algo complexo e dinâmico, que se transforma ao longo tempo. Além disso, é apontado por YANG et al (2019) que a paisagem tem múltiplos atores e interesses, que devem ser analisados no processo de gestão, que também é multidisciplinar. Apontada essa demanda, se coloca como importante a criação de um modelo digital que seja passível de atualização constante por diversos profissionais de áreas correlatas, visando uma compreensão dos elementos da paisagem em diversos níveis de interação.

O modelo digital resultante da modelagem do HLIM, segundo YANG et al (2019), deve seguir seis princípios básicos para que possa funcionar, sendo estes:

> 1) Deve ser uma plataforma baseada em GIS integrando dados espaciais e de atributos;
>
> 2) deve ser um grupo de programas com cada parte individual tendo funções especiais, mas eles podem trabalhar juntos de uma maneira consistente;
>
> 3) deve ser capaz de lidar com big data, uma vez que a gestão do patrimônio paisagístico é um processo interminável;
>
> 4) deve ter uma interface amigável, uma vez que um grande grupo de stakeholders com diferentes perspectivas e experiências serão conectados por tal plataforma;
>
> 5) a capacidade de atualização em tal programa deve ser poderosa para que o monitoramento regular e a documentação dos componentes do patrimônio sejam possíveis;
>
> 6) deve ser capaz de lidar com arquivos multimídia de forma que muitos patrimônios culturais imateriais possam ser integrados à plataforma. (YANG et al, 2019, p. 1225, tradução nossa).

No que concerne a este artigo, será abordado apenas os dois primeiros, visto a limitação dada pelo tamanho máximo do documento, o que dificulta tratar de maneira adequada questões extensas como big data, capacidade de processamento, gerenciamento de dados, extensões e arquivos multimídia, entre outros. Sendo assim, atentando-se aos dois primeiros princípios, têm-se como objetivo identificar quais os conceitos são relacionados ao HLIM e possíveis plataformas e técnicas de levantamento de dados. Segundo YANG et al (2019), alguns desses conceitos são o BIM (*Building Information Modelling*) o LIM (*Landscape Information Modelling*) e o GIS (*Geographic Information System*). Além disso, os autores apontam para uma necessidade de inserir arquivos audiovisuais para registro dos componentes imateriais.

Sendo assim, esboçou-se um diagrama que visa uma compreensão visual das possíveis plataformas, conceitos e relações presentes no HLIM (figura 2).

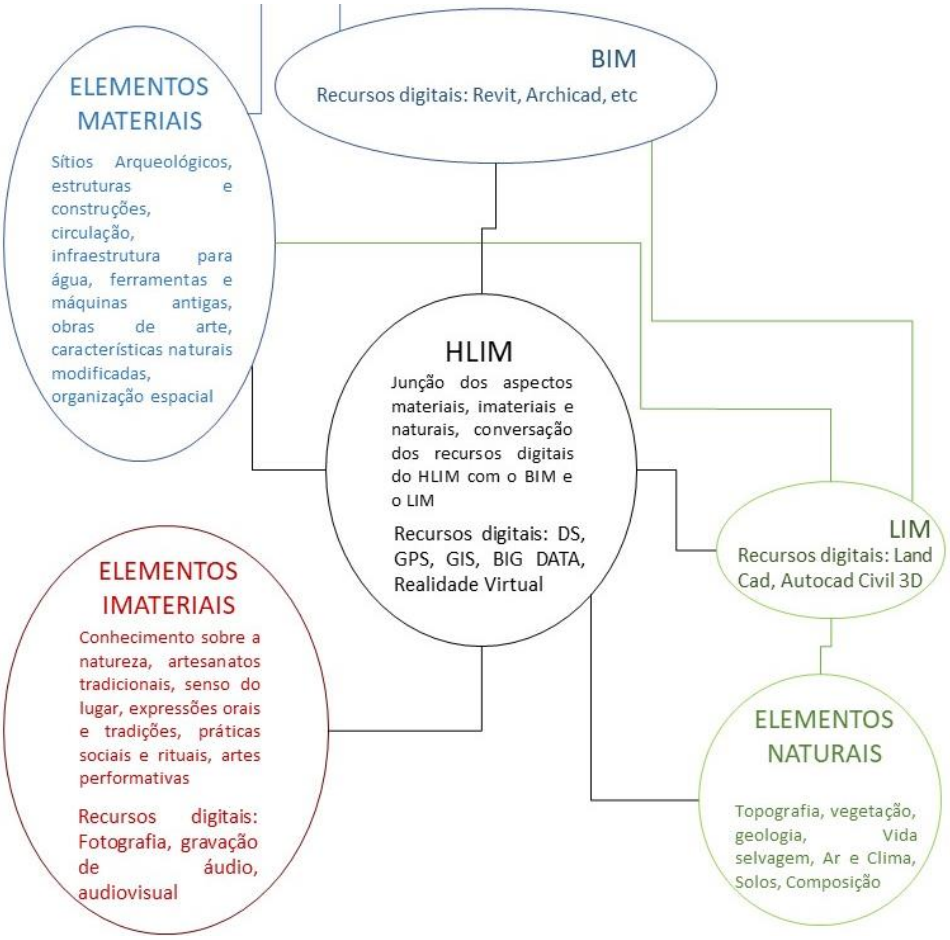


Figura 2: Esquema visual do HLIM e suas relações baseado nos escritos de Yang et al (2019). Fonte: Acervo da pesquisa, 2020.

Com base nas questões apresentadas até o momento, é possível inferir que o HLIM busca integrar informações das mais diversas naturezas (como demonstrado no esquema acima), dados e metadados, em uma plataforma colaborativa que possibilite a leitura e organização dessas informações em diferentes níveis de aproximação e relação entre os elementos materiais, imateriais e naturais da paisagem, o que implica em um aparato conceitual e tecnológico integrado para funcionar, tendo como base recursos de georreferenciamento das informações.

2. DESENVOLVIMENTO – CONCEITOS CORRELATOS

Com base no que foi apresentado, este artigo irá tratar a seguir, de maneira mais detalhada, alguns conceitos e plataformas demonstradas acima, divididos entre BIM, HBIM, LIM e GIS.

Para isso será utilizada uma metodologia de revisão sistemática de literatura, bem como uma análise comparativa ao final, a fim de criar relações entre os diversos conteúdos aqui apresentados.

2.1 Building information modeling (BIM)

Segundo o engenheiro Bilal Succar (2009, p. 357, tradução nossa), BIM pode ser definido como "um conjunto de políticas, processos e tecnologias interativas que geram 'uma metodologia para gerenciar o design de construção essencial e dados de projeto em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício'". Sendo assim, o BIM deve ser capaz de hospedar e gerenciar dados referentes à todas as etapas do ciclo de vida de um edifício. Entretanto, quando se trata de paisagens culturais, os espaços já estão construídos, representando uma outra lógica de etapas e processos. Porém, vale destacar que o BIM pode ser considerado um ponto de inflexão com relação aos métodos de representação em arquitetura anteriormente a ele.

Segundo Succar (2009), é chamado de pré-BIM os modos de representação cujas informações não se encontram conectadas ao modelo, tanto dados quanto metadados. Já a modelagem em BIM promove um fluxo de dados integrado. Ao invés de representações bidimensionais, no BIM cria-se modelos tridimensionais com parâmetros integrados, isto é, com dados e metadados que extrapolam a dimensão formal do modelo para incorporar informações como a categoria de um objeto, o tipo de material em que é fabricado, custos de fabricação, entre outros (SUCCAR, 2009).

Outro ponto importante é a possiblidade de colaboração existente em um modelo BIM. Diversos profissionais com atribuições específicas podem atuar simultaneamente dentro de um ambiente BIM, rompendo uma linha de trabalho hierarquizada e contribuindo para o gerenciamento da informação por diversos profissionais (SUCCAR, 2009). Apesar de estar voltado ao projeto e construção de edifícios, as questões conceituais do BIM como modelos integrados, colaboração e gerenciamento de dados impactaram diversas outras áreas, resultando em aplicações para a arquitetura da paisagem que, por exemplo, acaba dando origem ao *Landscape Information Modelling* (LIM) (YANG et al, 2019).

No caso de paisagens culturais, a possiblidade de haver modelos integrados e colaborativos de elementos do patrimônio material se tornam relevantes no processo de gestão, em atividades como inventariação, planos de preservação, estudos de impacto, ente outros. (YANG et al, 2019). Porém, no caso de gerenciamento do patrimônio material, há uma problemática que os elementos já existem, e não serão criados. Ou seja, não se pode aplicar o BIM de maneira integral, sendo necessário incluir uma metodologia específica para o patrimônio, e que mantenha na modelagem da informação do pré-existente todas as qualidades de um modelo BIM. Para isso, foi desenvolvido o HBIM (Heritage Building Information Modelling), que será tratado a seguir.

2.2 *Heritage Building Information Modelling* (HBIM)

O HBIM foi pensado para ser uma aplicação dos conceitos do BIM para edifícios e objetos patrimoniais. Segundo Murphy et al. (2009), o HBIM é uma proposta de modelagem da informação para edifícios históricos que trabalha com o princípio de engenharia reversa: ao invés de seguir a lógica sequencial do BIM, do projeto à demolição, ele se inicia na coleta de dados da edificação pré-existente, sendo estes geométricos, de materiais, técnicas construtivas, estado de conservação, entre outros, e termina na modelagem 3D em um software BIM que abarcará todos os dados e metadados do objeto em questão. Detalhadamente, o fluxo de informações e metodologia HBIM pode ser expresso através do quadro síntese proposto por Murphy et al. (2009), demonstrado na figura 3.

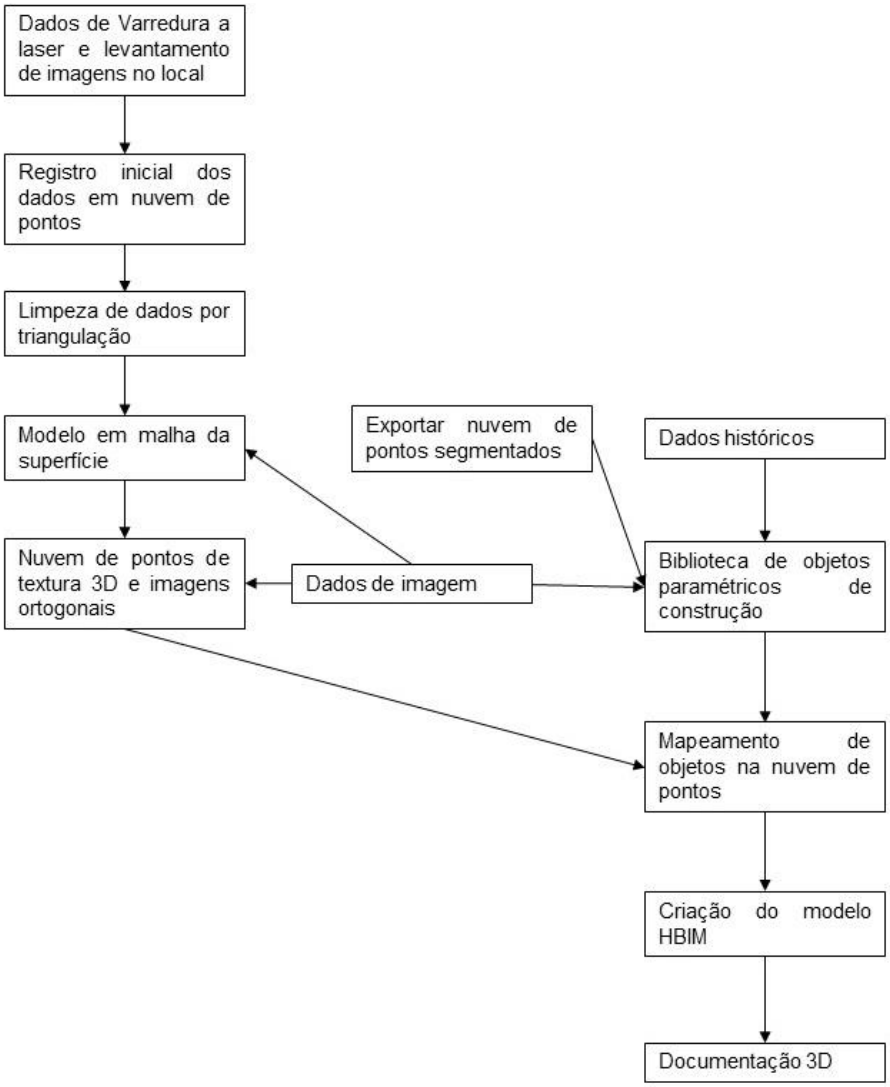


Figura 3: Da nuvem de pontos aos desenhos técnicos. Fonte: Murphy et al., 2009, p. 323. Tradução nossa.

Ao acompanhar o gráfico, é possível verificar que a primeira etapa seria o levantamento de dados. No HBIM, o levantamento das características geométricas do objeto é realizado através de varredura a laser, uma técnica de emissão e recepção de sinais para a alocação de pontos do espaço em um ambiente virtual de três dimensões (MURPHY, 2009). Os pontos coletados conformam o que é denominado Nuvem de Pontos, que é um objeto tridimensional com todos os pontos do ambiente detectados. Um exemplo de Nuvem de pontos é o realizado pela arquiteta e urbanista Mônica Tolentino (2016), em seu experimento na Igreja do Bom Jesus de Matozinhos, Bahia, onde ela a reconstrói através de uma metodologia HBIM (figura 4).



Figura 4: Nuvem de pontos do teto da Igreja de Bom Jesus de Matosinhos. Fonte: Tolentino, 2016, p. 146.

A próxima etapa é a limpeza de pontos excessivos, que causam imperfeições no modelo e sobrecarregam os arquivos resultantes através de triangulação e filtros de suavização (MURPHY et al., 2009). Tolentino

(2016) utiliza o software Autodesk Recap para manipular e otimizar a nuvem de pontos levantada. A autora coloca ainda que, com a manipulação da nuvem de pontos, é possível criar desenhos técnicos com precisão milimétrica, o que otimiza o modelo BIM posterior. Após a limpeza, é possível gerar uma malha de superfície que forma a geometria do objeto. É possível enriquecer essa malha com dados de imagem, que podem atribuir ao objeto texturas e cores (MURPHY et al., 2009).

Com isso, é possível criar imagens ortogonais que representam os desenhos técnicos necessários para a modelagem 3D em ambiente BIM. A partir daí, é preciso identificar nessas imagens os elementos construtivos, tais como paredes, portas e janelas, e modelá-las em um software BIM (TOLENTINO, 2016). Com a geometria e componentes modelados, é possível finalizar o modelo BIM através da integração de dados e metadados relacionados à história, técnicas construtivas, nível de degradação, dados físicos e de aparência dos materiais para

assim criar um modelo que possa carregar todas as informações relevantes do objeto de estudo (MURPHY et al., 2009).

2.3 *Landscape Information Modelling* (LIM)

Landscape Information Modeling (modelagem da informação da paisagem) é o conceito correspondente ao BIM que foi desenvolvido para a arquitetura da paisagem (YANG et al., 2019). Esse conceito se baseia na modelagem de aspectos visíveis, invisíveis, estáticos e dinâmicos, com foco no gerenciamento, visualização de propostas e análise de impactos. Essa modelagem pode trazer mais ou menos informações, a depender da qualidade do modelo elaborado e das variáveis inseridas. Segundo o especialista em arquitetura da paisagem, Stephen M. Ervim (2001, p. 50, tradução nossa), as paisagens podem ser entendidas normalmente como compostas por 6 elementos essenciais combinados: "1. Relevo; 2. Vegetação; 3. Água; 4. Estruturas (incluindo arquitetura e infraestrutura); 5. Animais (incluindo pessoas) e 6. Atmosfera (incluindo sol, vento e etc.)".

Os quatro primeiros aspectos podem ser considerados tradicionais no processo de projeto de arquitetura da paisagem, enquanto o quinto é incluído para um entendimento ecológico, pois os espaços projetados são compartilhados entre homens e animais, sendo preciso pensar nas relações ecológicas dessa interação. Já o sexto elemento se torna muito importante para a visualização crítica e perceptiva desses espaços (ERVIM, 2001). Sendo assim, abordar-se-á os aspectos relevantes de cada um dos pontos apresentados e as dificuldades de modelar determinadas informações.

O terreno pode ser considerado a camada inicial para a modelagem de paisagens, e pode ser descrito por funções geométricas que representem superfícies, como as NURBS (No-Uniform Rational B-Splines), que possibilitam a criação de formas suaves e arredondadas mais naturalizadas (ERVIM, 2001). Porém, é necessário agregar a modelagem morfológica outros metadados, como o cálculo de movimentação de terra, a interação do solo com outros elementos, como ventos, chuvas, rios e clima para estudo de processos de erosão e sedimentação dos solos, por exemplo, criando uma compreensão mais precisa desse elemento (ERVIM, 2001).

Com relação à vegetação, Ervim (2001) destaca que uma planta demanda milhões de polígonos e muitas de suas formas não obedecem a geometrias simples. Isso gera uma necessidade de processamento intensa, o que dificulta representações realistas dos objetos vegetais. Já os metadados envolvidos são, por exemplo, processo de crescimento, floração, perda de folhas, e também a paisagem sonora causada pela vegetação, como a atenuação de ruídos e o farfalhar das folhas. (ERVIM, 2001).

Com relação ao elemento água na paisagem, sua representação necessita de uma modelagem dinâmica, uma vez que este elemento assume formas como corredeiras e cachoeiras, e com isso é trazido uma série de relações, seja com a vegetação, seja com o solo, além de constituir

parte da paisagem sonora com seus sons característicos (ERVIM, 2001). Já as estruturas e arquitetura tem um desenvolvimento dos processos de modelagem mais avançado, devido à possiblidade de implantação do BIM através de softwares especializados. Entretanto, dos modelos BIM interessam para o projeto de paisagem seus aspectos perceptíveis e de inserção no terreno (ERVIM, 2001).

Com relação aos animais e pessoas, estes apresentam todas as dificuldades já mencionadas com relação aos demais como geometrias complexas e elevado número de polígonos. Entretanto, mais que uma aparência, é necessária uma abordagem ecológica no quesito do comportamento, isto é, as relações complexas entre os animais e as pessoas com os elementos da paisagem e da arquitetura (ERVIM, 2001). Por fim, os elementos atmosféricos são importantes para inferências visuais da paisagem, a fim de verificar os nuances de luz, nebulosidade, névoa, umidade, ente outros fatores na percepção. (ERVIM, 2001)

Após a apresentação de todos esses elementos, é possível afirmar que a modelagem da informação em arquitetura da paisagem deve ir além de uma representação visual, para incorporar outros dados e metadados necessário para avaliação de aspectos dinâmicos e invisíveis da paisagem, além da possiblidade de interação entre os diversos elementos que a constitui. Porém, o autor (2001) salienta que o objetivo do LIM não é trabalhar de maneira hiper-realista, seja com relação aos atributos físicos ou de aparência, pois toda modelagem elege informações e é um processo de abstração e decodificação da realidade. É necessária uma análise sobre quais informações são relevantes para os casos específicos com os quais se trabalha, com base na percepção humana e atributos físicos mais expressivos.

2.4 *Geographic Information System* (GIS)

O *Geographic Information System* (GIS) ou Sistema de Informação Geográfica (SIG) “é um sistema que cria, gerencia, analisa e mapeia todo tipo de dado” (ESRI, 2021) resultando em “bancos de dados espaciais, constituído por um mapa base contendo as feições de interesse da aplicação e seus atributos” (AMORIM, 2015). Sendo assim, o conceito de GIS está baseado no georreferenciamento, isto é, da atribuição de dados semânticos a determinadas localidades geográficas.

Através de um mapa-base, é possível atribuir bancos de dados a pontos geográficos específicos em diversas camadas, o que possibilita leituras variadas dos espaços a depender da informação utilizada e da combinação desta com outras informações relevantes, servindo na identificação de problemas, gerenciamento e monitoramento de eventos e mudanças e na avaliação de tendências (ESRI, 2021). Os produtos gerados através do GIS podem ser mais simplificados, com representações 2D com polígonos e cores, ou pode ser mais elaborado, com representações 3D e análise de objetos geográficos, como edifícios, vias, entre outros (AMORIM, 2015).

Há um segmento específico do GIS voltado para o gerenciamento, denominado *Aided Facilities Management* (CAFM). Segundo Amorim,

> Um recurso poderoso, à disposição destes sistemas e que os potencializa ainda mais, é a possiblidade de receber informações online por meio de sistemas de telemetria, permitindo a alimentação dinâmica da base de dados e o acompanhamento contínuo do desempenho do sistema do mundo real representado na aplicação (AMORIM, 2015, p. 92)

Esse tipo de monitoramento pode ser importante num processo de gestão de paisagens culturais. De acordo com Yang et al. (2019), após estudo de caso de gestão em paisagens culturais na China, o ferramental disponibilizado pelo GIS foi utilizado pra análises espaciais e formas do relevo. Entretanto, muitos elementos da cultura imaterial, como as lendas, não estão necessariamente relacionados a determinada espacialidades geográficas, o que torna o processo de modelagem dessas informações um problema ético e técnico.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As paisagens culturais se mostram desafiadoras tanto do ponto de vista conceitual, quanto operacional. Se para Ribeiro (2007), as paisagens culturais têm definições que se modificam a depender das disciplinas e do momento histórico em que são desenvolvidas, analogamente, para Yang et al. (2019), o HLIM é um recurso de conhecimento capaz de gerenciar e se adaptar às mudanças em decorrer das análises acerca do status da paisagem, dos seus parâmetros e limites.

De maneira a tentar representar a complexidade que surge das relações e emergências entre os diversos elementos da paisagem cultural, o HLIM se propõe como um conceito abrangente, que abarca áreas específicas, como o BIM, HBIM, LIM e GIS, se valendo de conceitos, plataformas e ferramentais específicos para fazer emergir um outro paradigma, focado na gestão de maneira sistêmica, contínua e aprimorada de natureza, edifícios e aspectos sociais.

Yang et al. (2019) aponta que se torna inviável a criação de uma única plataforma que condense todas as linguagens de representação, dados e metadados necessários. Portanto, é possível pensar o HBIM como uma entidade constelar, no qual os elementos individuais criam algo maior e mais complexo na medida em que se afasta de conhecimentos específicos (mas sem perdê-los), para a visualização de um todo que é maior e mais plural que cada um em separado.

Apesar de o BIM poder representar uma mudança significativa no modo como agencia-se os processos construtivos, e o HLIM se utilizar de bases semelhantes, não é possível aplicar ao HLIM a mesma ontologia aplicada ao BIM (YANG et al, 2019), pois o HLIM necessita de uma modelagem da informação histórica da paisagem, e isso inclui bens imateriais, como a percepção espacial, cultura oral, praticas ritualísticas, entre outros, que parecem ser dificilmente expressados por parâmetros, ou talvez, não seja prudente a tentativa de parametrizar tais informações.

Sendo assim, pode-se finalizar este texto apontando para a necessidade de testagem de plataformas HLIM e de seus conceitos correlatos, a fim de verificar possiblidades de modelagem e integração da informação. Também se coloca como necessário o diálogo com o pensamento complexo, enunciado por MORIN (2005), pois todos os caminhos conceituais aqui apresentados levam a crer que as paisagens culturais e seus respectivos processos de modelagem se encaixam em dinâmicas que fogem do método científico racionalista segregador, que parte do princípio de entender as partes para entender o todo. Na direção contrária, as paisagens culturais demonstram que as partes estão interconectadas, e que se retroalimentam. Também é uma característica destas e do pensamento complexo a não neutralidade do sujeito, que é, desdobrando Berque (1984), simultaneamente, feitores e feitos.

REFERÊNCIAS

AMORIM, Arivaldo L. D. Discutindo City Information Modelling (CIM) e conceitos correlatos. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, 10, Julho à Dezembro 2015. 87-99.

BERQUE, Augustin. Paysage-empreinte, paysage-matrice: élémentos de problématique pour une géographie culturelle. L'Espace Géographique, v. 12, n. 1, p. 33-34, 1984.

ERVIN, Stephen M. Digital Landscape Modelling and visualization: a research agenda. Landscape and Urban Planning, v. 54, p. 49-62, 2001.

ESRI. What is GIS? ESRI, 2021. Disponível em: https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview. Acesso em: 13 Julho 2021.

IPHAN. Patrimônio Cultural. Portal do IPHAN, 2014. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/218. Acesso em: 13 Julho 2021.

IPHAN. Patrimônio Imaterial. Portal do IPHAN, 2014. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/234. Acesso em: 13 Julho 2021.

IPHAN. Patrimônio Material. Portal do IPHAN, 2014. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/276. Acesso em: 13 Julho 2021.

IPHAN. Patrimônio Mundial Cultural e Natural. Portal do IPHAN, 2014. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/29. Acesso em: 13 Julho 2021.

MORIN, Edgar. Introdução ao Pensamento Complexo. Porto Alegre: Editora Sulina, 2005.

MURPHY, Maurice; MCGOVERN, Eugene. Historic Building Information Modelling (HBIM). Structural Survey, 27, n. 4, 2009. 311-327. Disponível em: https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02630800910985108/full/html. Acesso em: 13 Julho 2021.

RIBEIRO, Rafael W. Paisagem Cultural e Patrimônio. Rio de Janeiro: IPHAN, 2007.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18, 2009. 357-375.

TOLENTINO, Mônica M. A. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do patrimônio arquitetônico. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 330. 2018.

UNESCO. Operational Guidelies for the Implementation of the World Heritage Convention. Paris: UNESCO World Heritage Centre. 2012.

YANG, Chen et al. Heritage Landscape Information Modelling (HLIM): towards contextualised framework for digital landscape conservation in China. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Ávila, v. XLII, n. 15, p. 1221-1227, Setembro 2019. ISSN https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-1221-2019, 2019.

HBIM NA PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO MODERNO: PROCESSAMENTO DE NUVENS DE PONTOS E MODELAGEM GEOMÉTRICA

HBIM for modern heritage preservation: point clouds processing and geometric modelling

José Gonzalo Vilchez Contreras
Mestrando, FAUUSP, gonzalo@usp.br
Norberto Corrêa da Silva Moura
Professor Doutor, FAUUSP, betomoura@usp.br
Fabiana Lopes de Oliveira
Professor Doutor, FAUUSP, floliveira@usp.br

Resumo

Constituindo parte de uma pesquisa mais ampla sobre o uso do HBIM para preservação do patrimônio arquitetônico moderno, este artigo explora as fases intermediárias do método HBIM cunhado por Maurice Murphy, que constitui-se na criação de bibliotecas paramétricas para posterior construção de modelos BIM. Deste modo, utilizando como estudo de caso a Residência Nadyr de Oliveira, o presente trabalho explora o processo de criação de objetos geométricos que representam componentes arquitetônicos da residência. O artigo apresenta o fluxo de trabalho para a obtenção de objetos 3D, diretamente a partir de uma nuvem de pontos. Os produtos 3D obtidos servirão posteriormente para a construção de componentes paramétricos e, assim, auxiliar na constituição de uma biblioteca BIM do estilo arquitetônico moderno.

Palavras-chave: HBIM; Escaneamento a laser; Nuvem de Pontos; Preservação do Patrimônio Moderno

Abstract

As part of a broader research on the use of HBIM for modern architectural heritage preservation, this paper explores the intermediate phases of the HBIM method coined by Maurice Murphy, which focuses on the creation of parametric libraries for later construction of BIM models. Thus, using the Nadyr de Oliveira Residence as a case study, this work explores the process of creating geometric objects that represent architectural components of the residence. This paper presents the workflow for obtaining 3D objects directly from a point cloud. The 3D products obtained will later serve to build parametric components and therefore help in the constitution of a BIM library for modern architectural style.

Keywords: *HBIM; Terrestrial Laser Scanner; Point Clouds; Modern Architectural Heritage Preservation*

1. INTRODUÇÃO

Os avanços na tecnologia da informação tornaram as ferramentas computacionais - que dão suporte ao projeto de um edifício - mais acessíveis aos projetistas, gerando uma mudança considerável no modo em que os edifícios são projetados ou analisados na contemporaneidade (OXMAN, 2006). Uma das ferramentas computacionais que evoluiu com maior rapidez, trouxe benefícios e gerou substanciais mudanças no processo de projeto e gestão do edifício, foi o *Building Information Modeling* (BIM). BIM é a denominação para o processo de planejamento, desenho, construção, operação e manutenção do edifício apoiado em um modelo digital formado a partir de objetos paramétricos (EASTMAN, 2018). As mudanças descritas ocorreram também no campo da preservação do patrimônio arquitetônico, onde o uso de instrumentos digitais para a reconstrução virtual de obras de interesse histórico abriu novas possibilidades para a manutenção, operação e também a conservação da memória do edifício (CUPERSCHMID et al., 2018, p. 185). Assim, Groetelaars (2015, p. 339) corrobora que os modelos BIM têm capacidades para serem utilizados no registro, documentação e gestão de edifícios históricos, visto que a plataforma BIM permite integrar informações de fontes diversas em uma única base de dados, facilitando a gestão das intervenções necessárias à preservação de um bem.

Em sua tese intitulada "*Historic Building Information Modelling* (HBIM)", Maurice Murphy (MURPHY, 2012) desenvolveu um procedimento BIM para a fase de operações de edifícios históricos, tendo em vista a documentação, gestão e preservação do imóvel. Atualmente, o processo HBIM se mostra composto por 3 grandes etapas: a coleta e processamento de dados a partir do escaneamento laser ou fotogrametria, a construção de uma biblioteca de objetos paramétricos e, finalmente, o mapeamento e correlação dos objetos paramétricos em uma plataforma criada a partir da nuvem de pontos.

Deste modo, o produto final do HBIM é a criação de um modelo 3D que incluem detalhes do método construtivo do edifício e dos materiais usados na sua construção. A partir do modelo deve ser possível obter informação 2D (planimetrias e cortes), 3D (modelos analíticos), detalhes e planilhas (MURPHY et al., 2013, p. 90). Embora Murphy (2012) estabeleça fases específicas para o processo HBIM, atualmente o termo tem sido adotado na produção científica que usa ferramentas BIM na preservação de patrimônio arquitetônico e não necessariamente segue as fases anteriormente mencionadas.

Toma-se como estudo de caso uma obra residencial de autoria do arquiteto Carlos Millan, que embora de pequenas dimensões - o que favorece a investigação integral do objeto de estudo – é um exemplar de valor inestimável do patrimônio arquitetônico modernista paulista.

2. DESENVOLVIMENTO

Tendo como base as três etapas do HBIM definidas por Murphy, o presente trabalho está focado na investigação e experimentação da segunda etapa: a construção de bibliotecas paramétricas. O trabalho foi desenvolvido sob a metodologia de estudo de caso, tendo por objeto a Residência Nadyr de Oliveira, da autoria do arquiteto Carlos Millan.

2.5 Materiais e métodos

Com base em uma varredura a laser feita no objeto arquitetônico, o trabalho teve como principal objetivo estudar o processo de transformação de uma nuvem de pontos em peças geométricas, que posteriormente possam ser constituídas como componentes paramétricos dentro de uma plataforma BIM.

2.5.1 Objeto de Estudo: Residência Nadyr de Oliveira

Primeira casa-apartamento projetada por Carlos Millan, a Residência Nadyr de Oliveira é resolvida em pavimento único sobre oito pilotis, resultando em mínima interferência no terreno natural de acentuado declive. O conjunto apresenta volumetria simples, composta de um prisma de base retangular elevado e de um cilindro em concreto aparente que confina a escada caracol de serviços, ver Figura 1. (MATERA, 2005, p.243-248). No pavimento térreo, sob o prisma elevado, estão as dependências de empregados, abrigo de automóveis e vestíbulo de acesso com fechamento envidraçado.

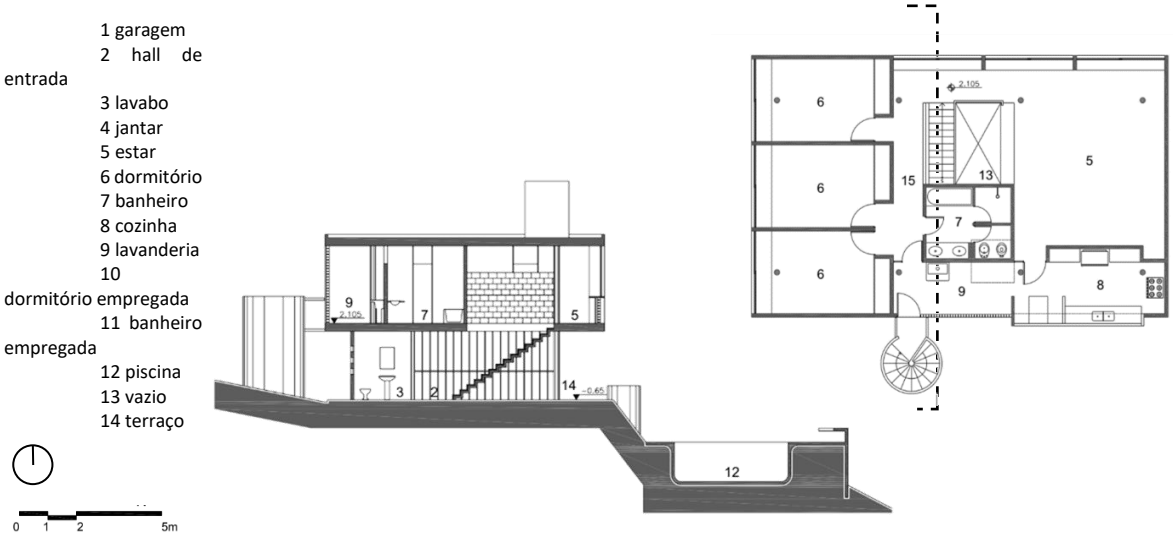


Figura 1: Planta e Corte da Residência Nadyr de Oliveira. Fonte: Matera, 2005.

2.5.2 Levantamento a laser

Este trabalho foi realizado com um laser scanner terrestre (LST) modelo TRIMBLE TX8® que possui uma unidade laser invisível classe 1, com comprimento de onda de 1,5 µm e um espelho de rotação vertical em base de rotação horizontal. Além destes, o instrumento possui uma câmara HDR integrada com resolução máxima de 10 megapixels. O instrumento permite realizar o trabalho de varredura em diferentes configurações de acordo com a necessidade, a varredura feita para a Residência Nadyr de Oliveira foi realizada no Nível 2 (Tabela 1).

Parâmetros	Pré-visualização	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Alargado
Amplitude máxima	120 m	120 m	120 m	120 m	340 m
Duração de medição	01:00 min	02:00 min	03:00 min	10:00 min	20:00 min
Espaçamento de pontos a 10 m	15,1 mm	---	---	---	---
Espaçamento de pontos a 30 m	---	22,6 mm	11,3 mm	5,7 mm	---
Espaçamento de pontos a 300 m	---	---	---	---	75,4 mm
Número de pontos	8,7 Milhões	34 Milhões	138 Milhões	555 Milhões	312 Milhões

Tabela 1: Parâmetros de medição do Trimble TX8. Fonte: Adaptado de TRIMBLE, 2016.

Os dados foram processados em um computador portátil constituído por um processador Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ, CPU @ 2.80GHz 2.81 GHz, sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64, memória RAM de 8GB e placa de vídeo GeForce GTX 1040. Os arquivos gerados a partir da varredura foram importados em um programa de manipulação de nuvem de pontos, TRIMBLE REALWORKS®, e foram manipulados nas seguintes etapas: registro e orientação, segmentação, modelagem e produção de imagens 2D.

2.6 Processamento da Nuvem de Pontos

2.6.1 Registro e Orientação

Foi utilizada a ferramenta de auto registro de planos onde o programa permitiu reconhecer as superfícies que coincidem entre as 22 nuvens obtidas de cada estação do levantamento para concatenar, sem auxílio de alvos ou pontos de controle, os dados em uma única nuvem, a qual representa o objeto arquitetônico estudado como mostrado na Figura 2. Das 22 estações utilizadas no levantamento, três estações foram georreferenciadas e permitiram modificar a orientação a nuvem de pontos nos eixos X, Y e Z para facilitar a manipulação dos dados.

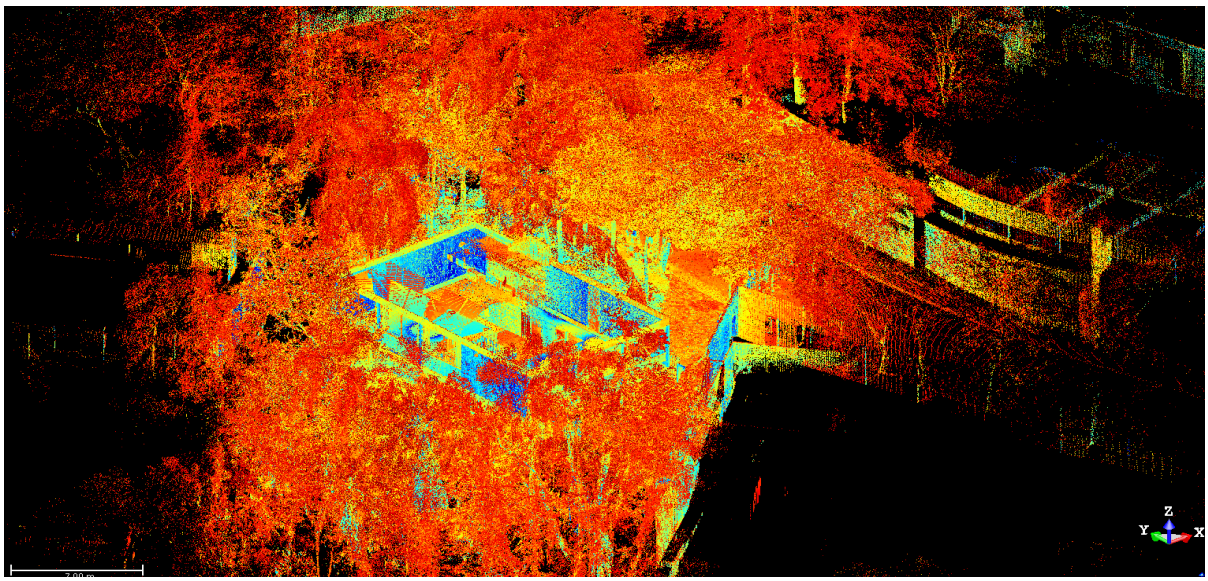


Figura 2: Nuvem de Pontos da Residência Nadyr de Oliveira. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Na Tabela 2 apresentam-se os parâmetros utilizados para o processamento e os dados obtidos como produto da nuvem resultante.

Parâmetro	Valor
Quantidade de estações	22
Quantidade de Pontos	52153300
Erro de nuvem para nuvem	1.63 mm
Índice de confiança média	98 – 100 %
Tempo de processamento	20 minutos

Tabela 2: Parâmetros da nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

2.2.1 Segmentação

A nuvem de pontos resultante das fases anteriores foi segmentada, em dois momentos diferentes, para facilitar a obtenção de produtos 2D e 3D. O primeiro momento corresponde à separação da área de interesse para o estudo da área restante, assim, por meio da ferramenta *Limitbox* no ambiente *Realworks* foi possível isolar a área da nuvem de pontos que continha apenas o objeto arquitetônico e o contexto imediato dele.



Figura 2: Primeira segmentação da nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Assim os dados da nuvem de pontos foram divididos como se mostra na Tabela 2.

	Número de Pontos	Porcentagem
Nuvem de Pontos total	39 540 077	100%
Pontos da Área de Interesse	18 114 580	45,81%
Pontos da Área restante	21 425 497	54,18%

Tabela 3: Primeira segmentação da nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Em um segundo momento, com a finalidade de ter uma melhor visualização dos elementos de cada um dos pavimentos da residência, a nuvem foi segmentada nas seguintes camadas de informação: pavimento térreo, pavimento superior, caixa d'água, escada helicoidal, escada integrada, elementos estruturais, vegetação, topografia e, por último, "ruido". Para conseguir esta segmentação foram utilizados diferentes filtros dentro do programa, principalmente filtros de cores separados pela elevação ou pela intensidade de cada ponto.

A camada de informação denominada como "ruido" contém aqueles pontos que não são relevantes para o estudo e não representam elementos pertencentes ao objeto arquitetônico ou ao contexto dele, como por exemplo, pontos resultantes da passagem do laser por uma superfície translúcida, efeito de sombras ou silhuetas de pessoas presentes no momento em que foi realizado o levantamento. Porém, é importante esclarecer que nada foi apagado, pois os dados não relevantes foram apenas ocultos ou separados para facilitar o trabalho. Deste modo, a segunda segmentação da nuvem de pontos teve como resultado os dados mostrados na Tabela 4.

	Número de Pontos	Porcentagem
Pontos da Área de Interesse	18 114 580	100%
Pavimento Térreo	2 062 070	11,38%
Pavimento Superior	5 439 248	30,02%
Caixa d'Água	13 403	0,07%
Escada Helicoidal	490 362	2,70%
Escada Interior	44 562	0,24%
Elementos Estruturais	162 955	0.89%
Vegetação	959 514	5.29%
Topografia	8 812 682	48.64%
Ruido	129 784	0,71%

Tabela 4: Segunda segmentação da nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Tendo em mente que o objetivo deste processamento era conseguir modelar elementos individuais do objeto arquitetônico, foi necessário fazer uma separação mais específica de alguns elementos, pois eles foram identificados como os primeiros objetos a serem modelados e futuramente exportados para uma plataforma BIM. Entre os objetos selecionados têm-se: sapatas, pilares, escada helicoidal e um painel de concreto. Assim, embora elementos como pilares e sapatas pertençam à mesma camada de informação: "Elementos Estruturais", cada um dos pilares e sapatas foram separados em uma única nuvem de pontos.

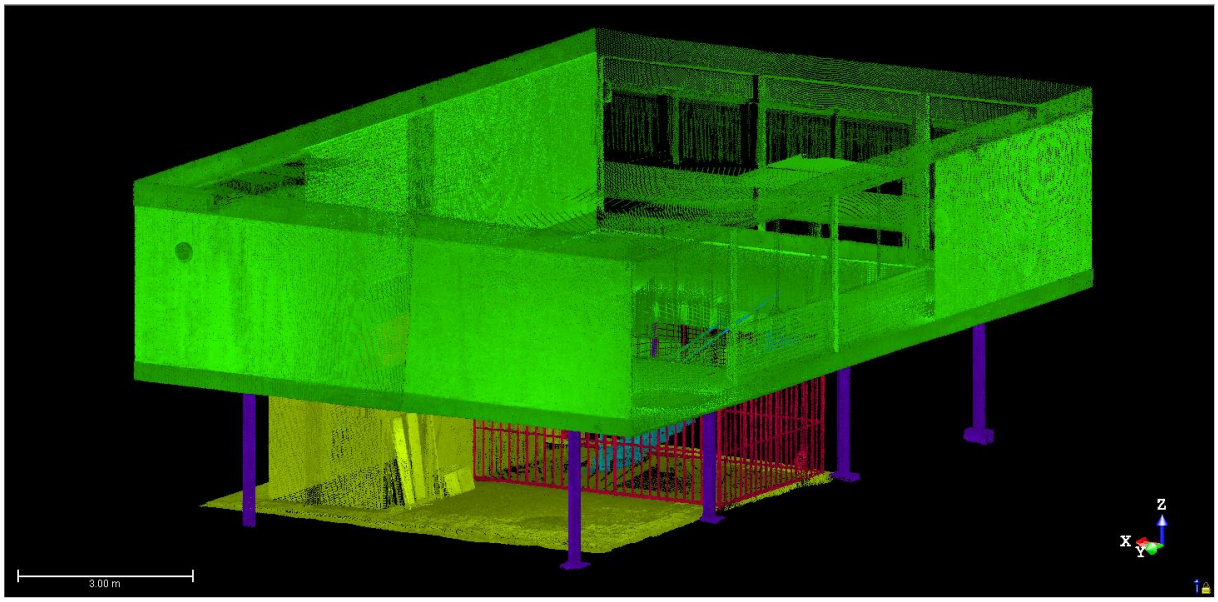


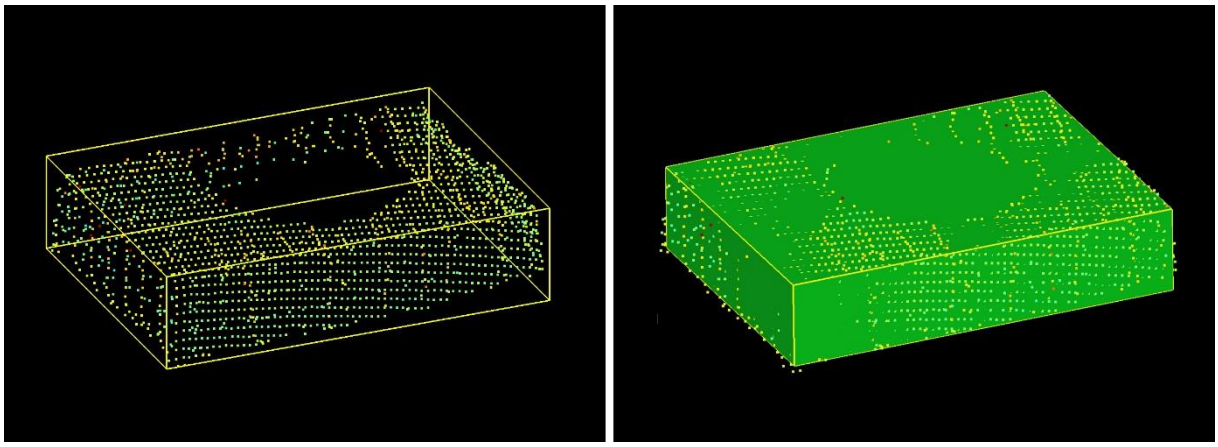
Figura 3: Segunda segmentação da nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

2.2.1 Modelagem Geométrica

Visando simplificar a futura modelagem de componentes paramétricos em plataforma BIM, foram utilizadas algumas ferramentas de modelagem geométrica dentro do ambiente do Trimble Realworks. Assim, foi possível obter geometrias formadas a partir da nuvem de pontos. Desta forma os dados a serem exportados seriam, não apenas, segmentos da nuvem de pontos, mas objetos 3D propriamente ditos, que contém os dados da nuvem de pontos dentro deles. Assim, de acordo com o tipo de geometria a ser modelada, foram utilizadas diversas estratégias como descrito em seguida.

Para a modelagem dos pilares presentes no pavimento térreo da residência foi necessário, primeiro, isolar os pontos pertencentes ao corpo do pilar, dos pontos pertencentes à sapata. Esta necessidade surge a partir da identificação de dois tipos de geometria diferentes: cilindro para o corpo do pilar, e paralelepípedo para a sapata do mesmo. Em seguida, a partir da correta segmentação dos pontos pertencentes a cada corpo geométrico, foi possível gerar sólidos geométricos diretamente da nuvem de pontos segmentada.

As figuras 4 e 5 mostram a conversão da nuvem de pontos da “Sapata A”, em um elemento geométrico, e na Tabela 4, tem-se o detalhamento dos dados geométricos do solido.



Figuras 4 e 5: Nuvem de pontos segmentada e geometria resultante. Fonte: Elaboradas pelos autores, 2021.

Parâmetro	Valor
Número de Pontos	1 931
Erro RMS	2,23 mm
Largura	0,90 m
Profundidade	0,32 m
Altura	0,42 m

Tabela 5: Dados geométricos da Sapata A, 2020. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Por outro lado, a Figura 6 mostra processo descrito anteriormente, porém desta vez com um dos pilares do piso térreo. A Figura 6 permite observar a sequência na geração de um cilindro facetado que representa um elemento estrutural do objeto arquitetônico estudado. A Tabela 6 detalha os parâmetros do sólido geométrico criado deste objeto.



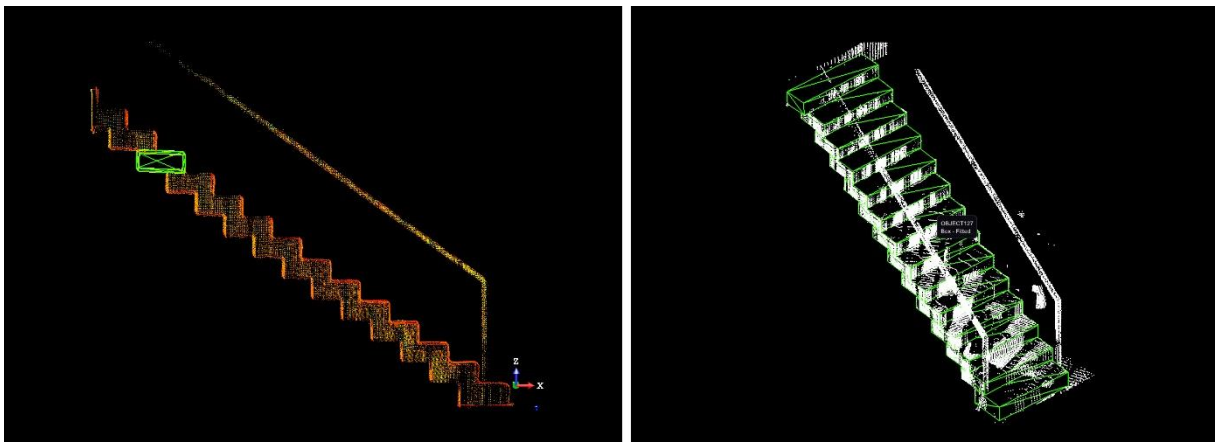
Figura 6: Nuvem de pontos, *wireframe* e solido geométrico. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Parâmetro	Valor
Número de Pontos	18 541
Erro RMS	3,26 mm
Diâmetro	0,20 m
Altura	2,48 m

Tabela 6: Dados geométricos do Pilar D. Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

No caso da escada de serviço helicoidal foi necessário modelar 3 peças geométricas, um cilindro referente ao raio externo da parede da escada e outro cilindro referente ao raio interno da parede da escada. Além destes elementos, foi modelado também o paralelepípedo da parede que delimita o início e final da escada. A intersecção destes elementos para a modelagem do volume da escada, propriamente dita, será feita dentro de uma plataforma BIM.

A escada interior de acesso à edificação foi modelada de uma forma diferente. Os degraus foram modelados de forma individual, segmentando a nuvem de cada um deles manualmente. Isto aconteceu porque foram identificadas irregularidades na geometria do elemento pela visualização de seções da nuvem de pontos, como mostrado na Figura 7.

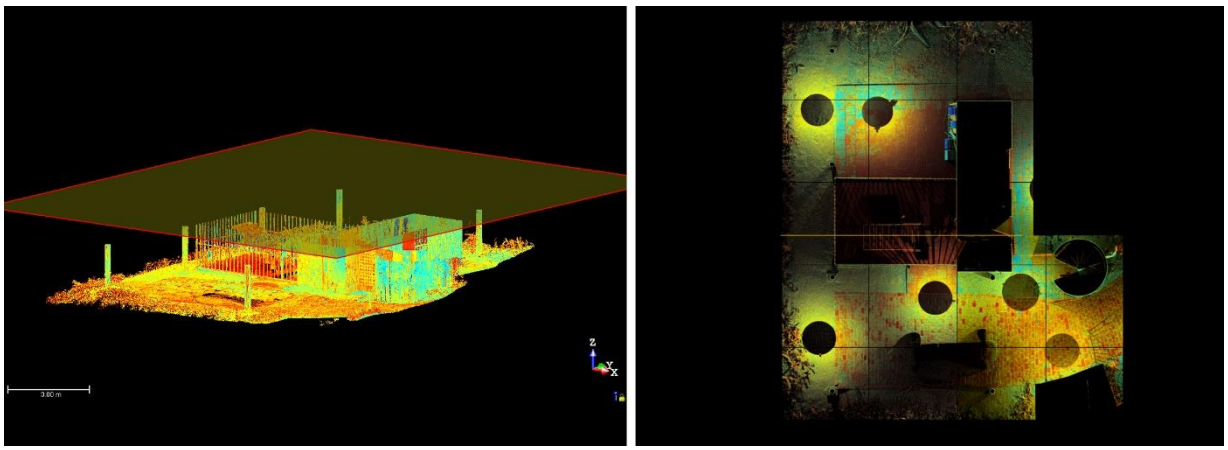


Figuras 7 e 8: Modelagem geométrica da escada interior. Fonte: Elaboradas pelos autores, 2021.

2.7 Analise dos Resultados

2.7.1 Produtos 2D

Embora o foco deste trabalho não seja a produção de imagens 2D, no desenvolvimento da pesquisa foi identificado o potencial que as imagens 2D retificadas, ou "ortoimagens", poderiam ter no momento da modelagem em plataforma BIM. A produção destas imagens poderia evitar a necessidade de voltar à própria nuvem de pontos para verificar algum dado durante a modelagem. Assim, foram produzidas 6 ortoimagens, 4 correspondentes às fachadas e 2 correspondentes a cada um dos pavimentos da residência.



Figuras 9 e 10: Produção e resultado da ortoimagem do pavimento térreo.
Fonte: Elaboradas pelos autores, 2021.

Cada ortoimagem produzida é composta por um mosaico de 4 x 5 imagens, dando um total de 20 imagens, no formato TIFF, que posteriormente foram utilizadas para reconstituir a ortoimagem em um ambiente CAD, para seu uso e verificação. Os parâmetros gerais das ortoimagens produzidas estão listados na Tabela 7.

Parâmetro	Valor
Tamanho real	14,26 x 16,60 m
PPI	2.54
Tamanho em pixels	1426 x 1659
Tamanho de pixel	0,005 m

Tabela 7: Parâmetros de ortoimagens. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

2.7.2 Produtos 3D

Por meio do trabalho descrito nos itens acima, utilizando o *workflow* resumido na Figura 11, foi possível produzir os seguintes objetos 3D: 7 pilares, 7 sapatas, 1 painel de concreto vazado, 1 caixa cilíndrica da escada helicoidal, e os degraus junto com o guarda corpo da escada interior; todos, elementos do objeto arquitetônico estudado. Estes objetos 3D são sólidos geométricos e contém os dados da nuvem de pontos embutidos neles. Outrossim, eles podem ser exportados nos principais formatos para objetos 3D como fbx, dxf, rcp, dwg, entre outros, além de ser possível exportá-los no formato IFC.

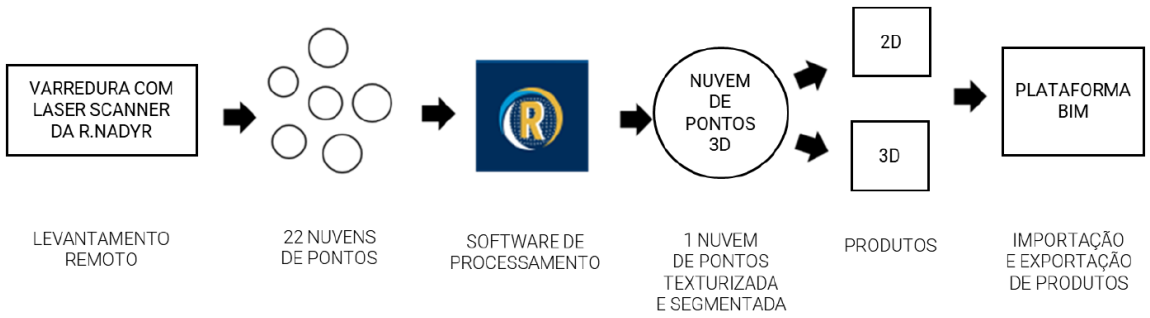


Figura 11: Esquema resumo do workflow utilizado no trabalho. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extração de sólidos geométricos diretamente de uma nuvem de pontos, é possível e apresenta-se como uma alternativa à modelagem utiliza os dados do levantamento remoto apenas como referência. Além disto, os objetos produzidos neste trabalho, contém informação captada pelo laser e pela câmera HDR integrada no instrumento, o que quer dizer que além da modelagem ser fiel à realidade registrada pelo levantamento, ela já possui informação do objeto que está sendo documentado.

Por outro lado, como o primeiro levantamento teve como enfoque a fachada e áreas abertas no pavimento térreo, as estações levantadas ainda não revela detalhes geométricos de alguns elementos da Residência Nadyr de Oliveira, como por exemplo, o interior da escada helicoidal e do pavimento superior. Será necessário realizar novas varreduras e repetir o fluxo de trabalho mostrado neste artigo para modelar componentes mais complexos, como os

caixilhos da residência ou a totalidade da escada helicoidal. Além disto, será necessário verificar se um levantamento feito em Nível 3 poderia auxiliar na captação e interpretação de elementos geométricos.

No trabalho desenvolvido, tem-se ainda pela frente a tarefa de importação dos objetos 3D produzidos dentro de uma plataforma BIM. A geometria será refinada e parametrizada para conseguir constituir a biblioteca de componentes do objeto arquitetônico estudado. Desta forma, aqueles componentes poderão auxiliar na modelagem de exemplares do mesmo estilo arquitetônico.

AGRADECIMENTOS

À Delma Oliveira Machado, proprietária da Casa Nadyr de Oliveira, por autorizar que o imóvel fosse estudo de caso da pesquisa.

À Trimble pelo escaneamento da Casa Nadyr de Oliveira e licença do *software* Trimble RealWorks.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida, processo número 88887.503181/2020-00

REFERÊNCIAS

CUPERSCHMID, Ana et al. Casa de vidro: BIM e Gestão do Patrimônio Histórico Arquitetônico. Cadernos PROARQ, Rio de Janeiro, v. 30, p.178-198, jul. 2018.

EASTMAN, Charles. The Use of Computers Instead of Drawings. AIA Journal. New Jersey, p. 46-50. mar. 1975.

GROETELAARS, Natalie. Criação de Modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

MATERA, S. Carlos Millan: Um Estudo Sobre a Produção em Arquitetura. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. p.243-248

MURPHY, Maurice. Historic Building Information Modelling (HBIM): For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830. 2012. 1 f. Tese (Doutorado) - School Of Engineering, Department Of Civil, Structural & Environmental Engineering, Trinity College, Dublim, 2012.

MURPHY, Maurice; MCGOVERN, Eugene; PAVIA, Sara. Historic Building Information Modelling: Adding intelligence to laserand image based surveys of European classical architecture. ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing. p. 90-102. nov. 2013.

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. Design Studies, Haifa, p.229-265, 2005.

ESTUDOS PARA IMPLEMENTAÇÃO HBIM NA GESTÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO DA FIOCRUZ

Studies for HBIM implementation in the management of Fiocruz's built cultural heritage

Bruno Teixeira de Sá

Mestre, Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, bruno.sa@fiocruz.br

Cristiane Lopes Canuto

Doutoranda, Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, cristiane.canuto@fau.ufrj.br

Maurício Silva dos Santos Filho

Graduado, Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, mauricio.filho@gmail.com

Thaianni Ribeiro Magalhães

Graduada, Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, thaianni@gmail.com

Resumo

A Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) detém um expressivo acervo relacionado ao patrimônio cultural da saúde, incluindo um conjunto de edifícios históricos localizados em Manguinhos, Rio de Janeiro. As tecnologias digitais oferecem alternativas para o registro e, ao mesmo tempo, podem contribuir para a conservação desse patrimônio. Este artigo visa relatar a experiência do Departamento de Patrimônio Histórico, responsável pela conservação do patrimônio cultural edificado da Fiocruz, na implementação HBIM (*Heritage Building Information Modelling*). A pesquisa propõe um método exploratório, empregando como estratégias os planos BIM e a realização de um estudo de caso. Serão apresentados o planejamento e as etapas executadas na implementação HBIM que, como resultados preliminares, já apontam as vantagens desses estudos na adoção da tecnologia e na gestão da preservação do patrimônio.

Palavras-chave: HBIM; Fiocruz; Implementação

Abstract

The Oswaldo Cruz Foundation (Fiocruz) holds an important collection related to the cultural heritage of health, including a set of historic buildings located in Manguinhos, Rio de Janeiro. Digital technologies offer alternatives for registration and, at the same time, can contribute to the conservation of this heritage. This article aims to report the experience of the Department of Historical Heritage, responsible for the conservation of the built cultural heritage of Fiocruz, in the implementation of HBIM (Heritage Building Information Modelling). The research proposes an exploratory method, using as strategies the BIM plans and a case study. The planning and steps taken in the HBIM implementation

will be presented, which, as preliminary results, already point out the advantages of these studies in the adoption of technology and in the management of heritage preservation.

Keywords: *HBIM; Fiocruz; Implementation*

1. INTRODUÇÃO

A Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz, instituição de ciência e tecnologia vinculada ao Ministério da Saúde, sediada no Rio de Janeiro, possui um significativo e variado patrimônio científico e cultural, reunidos ao longo dos seus 120 anos. São acervos arquivísticos, bibliográficos, museológico, coleções biológicas, além de edifícios e jardins históricos. (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2018). Para a preservação do patrimônio e a memória da instituição e das ciências e da saúde, foi criada em 1985 a Casa de Oswaldo Cruz – COC, que tem desenvolvido e aprimorado estratégias de preservação e gestão dos acervos.

O patrimônio edificado da Fiocruz tem a sua conservação sob responsabilidade do Departamento de Patrimônio Histórico (DPH), que conta com equipes dedicadas ao desenvolvimento de ações de conservação, projetos de restauração e intervenção, fiscalização de obras, pesquisas e estudos e ações de educação patrimonial. Em 30 anos de atuação, muitas informações foram acumuladas resultantes das diversas atividades do departamento e atualmente verifica-se a necessidade de repensar a forma como esses dados são armazenados e disponibilizados ao trabalho de seus colaboradores.

As tecnologias digitais utilizadas na preservação do patrimônio cultural oferecem variadas possibilidades de contribuir para a adoção de uma forma mais efetiva de documentar e gerir acervos e edificações históricas, colaborando para a sua conservação e valorização. Nesse sentido, tem destaque o HBIM (*Heritage Building Information Modelling*), considerado uma ramificação BIM (*Building Information Modelling*) envolvendo a área do Patrimônio Cultural (ARAYICI et al., 2017, CANUTO e SALGADO, 2020). A utilização do HBIM se apresenta como uma oportunidade de aprimorar o planejamento e a gestão desse patrimônio podendo colaborar na rotina da conservação por meio de uma nova organização das informações, atreladas a um modelo tridimensional de elevada precisão.

De acordo com Eastman et al. (2014), BIM se refere não apenas aos softwares que permitem a modelagem paramétrica da informação, mas também à forma de trabalho e ao processo de projeto que estão por trás da adoção desses softwares. O paradigma BIM, portanto, tem seu conceito associado a processos, tecnologias, pessoas e, também, a produtos e políticas com agentes, requisitos, entregas e usos específicos em cada uma destas categorias (SUCCAR, 2009; ABDI, 2017).

Vale ressaltar que BIM é uma mudança de cultura que altera a maneira segundo a qual organizações resolvem seus problemas e desenvolvem seus produtos. Sua adoção não ocorre de forma imediata, havendo vários estágios, com a apropriação gradual das tecnologias e transformação dos processos correlacionados, levando até sua adoção completa (SUCCAR,

2009). A implantação BIM depende de uma reestruturação da organização, impactando todos os intervenientes e parceiros do processo de projeto. É natural, portanto, que existam receios para a sua adoção, com isso a adoção deve ser cuidadosamente planejada (PEREIRA e CORREIA, 2019).

A pesquisa apresentada nesse artigo é de caráter exploratório e as estratégias metodológicas foram definidas a partir dos planos BIM (ABDI, 2017; CBIC, 2016; MENSSER et al. 2019) e um estudo de caso que representa o projeto piloto da implementação. Essas estratégias fazem parte da primeira fase de implementação que visa desenvolver o Plano de Implementação HBIM (PI-HBIM) e o Projeto Piloto, que compreende o Levantamento 3D Plano de Execução HBIM (PE-HBIM) e modelo HBIM. Nesse contexto será apresentado a experiência, em andamento, do Departamento de Patrimônio Histórico (DPH/COC/Fiocruz) na implementação HBIM, descrevendo desde as primeiras ações, passando pelo diagnóstico, planejamento, levantamento com laser scanner e os próximos passos.

2. PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO HBIM

2.1 Iniciação

A gestão do patrimônio edificado da Fiocruz pelo DPH/COC tem apresentado nos últimos anos a necessidade de aprimorar os seus processos de trabalho e sua infraestrutura tecnológica, em função de alguns entraves verificados nas atividades desenvolvidas por sua equipe, que tem demandado uma melhor gestão da documentação e bases de trabalho mais precisas para o desenvolvimento dos seus trabalhos.

Os estudos para a implementação da metodologia HBIM na gestão e documentação do patrimônio edificado da Fiocruz foram iniciados a partir da aprovação junto ao Programa Integrado de Desenvolvimento Institucional (PIDI), coordenado pela Casa de Oswaldo Cruz, de um projeto que propõe elaborar um Plano de Implementação HBIM e desenvolver um projeto piloto em uma edificação histórica da Fiocruz. Foram selecionados três arquitetos com capacitações adequadas aos objetivos do projeto, sob orientação do DPH, para compor uma equipe responsável pelo desenvolvimento das atividades de forma colaborativa.

O Plano de Implementação HBIM para o patrimônio arquitetônico da Fiocruz contempla o desenvolvimento do planejamento da adoção do HBIM na gestão dos edifícios históricos da Fiocruz, a partir da elaboração de um diagnóstico das condições dos processos de trabalho e da infraestrutura no DPH e da análise das demandas de gestão e documentação junto à equipe permanente. Com isso, o plano busca a definição de diretrizes para adequar processos, infraestrutura e capacitação da equipe para trabalhar sob o novo método.

A implementação de BIM refere-se ao conjunto de atividades realizadas por uma unidade organizacional para preparar, implantar ou melhorar as suas entregas (produtos) BIM e os seus fluxos de trabalho (processos) relacionados (BIMe, 2021, tradução nossa). Diante disso,

os estudos para implementação HBIM no DPH tem como objetivo planejar essas ações de forma estratégica com o planejamento para os anos de 2021 a 2023.

A primeira fase do projeto de implementação, correspondente ao ano de 2021, foi programado em 4 fases que constituem o método de trabalho: Plano de implementação HBIM (PI-HBIM), Levantamento 3D, Plano de execução HBIM (PE-HBIM) e modelo HBIM, conforme a figura 1.

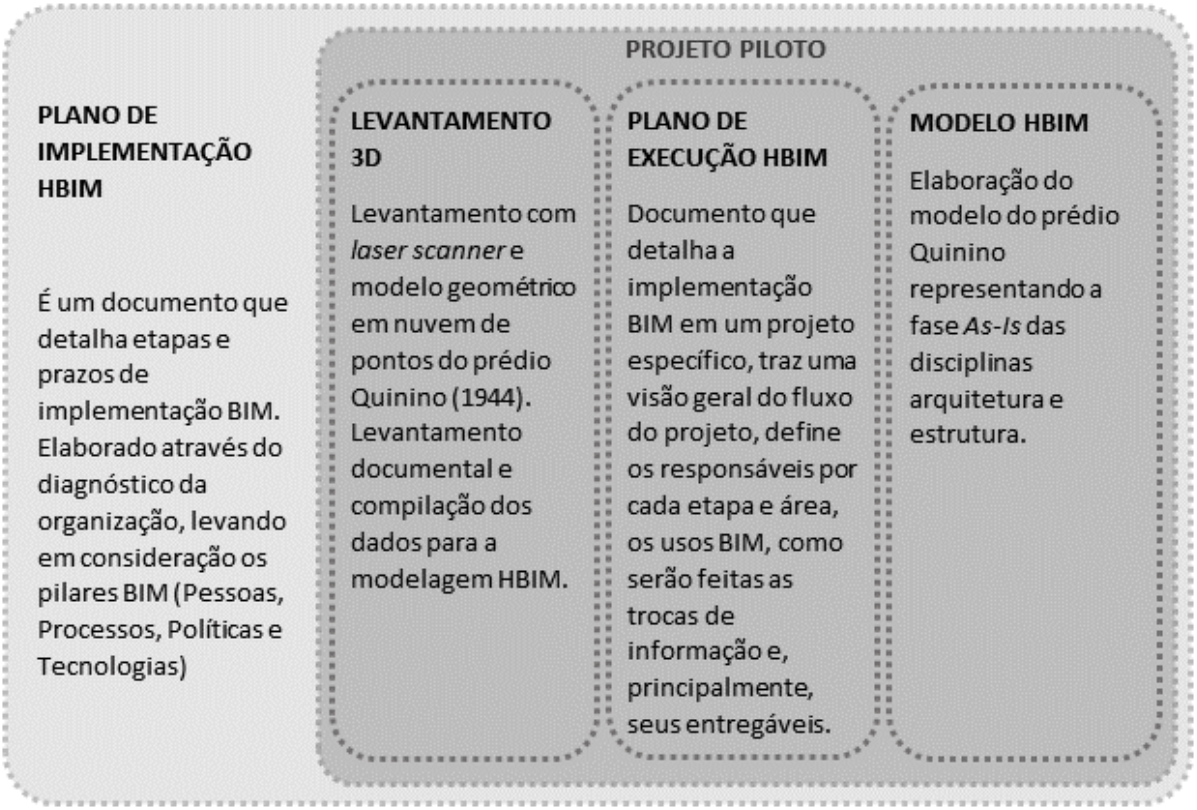


Figura 1: Síntese da primeira fase (2021) do projeto de implementação.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

2.2 Disseminação

A implementação HBIM é um trabalho multidisciplinar e colaborativo, portanto é de suma importância o conhecimento de todas as partes envolvidas sobre os conceitos BIM e HBIM. Conforme ABDI (2017), ações de disseminação como ciclo de palestras, oficinas e mesas redondas ajudam a entender esses conceitos e integrar as equipes. Para os profissionais envolvidos na implantação, essas ações introdutórias são métodos de levantamento de dados para entender os objetivos da organização e desenvolver estratégias para a implementação.

A primeira ação de disseminação foi uma atividade online, com uma palestra e um *workshop* mobilizando toda a equipe do DPH. A palestra teve como objetivo introduzir os temas BIM e

HBIM, nivelando a equipe sobre os fundamentos HBIM. No *workshop*, a intenção foi levantar o nível de entendimento sobre BIM/HBIM, as motivações e os objetivos para a implementação e entender os pontos fortes e fracos do departamento.

Os resultados do *workshop* indicam que a equipe do DPH reconhece no HBIM a possibilidade de melhorar a qualidade de todas as etapas do ciclo de vida da edificação, permitindo uma boa gestão e sistematização da informação e otimizando os processos de trabalho. Em relação às expectativas relacionadas aos usos HBIM, se destacaram a *compatibilização de projetos* e a *conservação programada.* No entanto, identificou-se uma relativa variedade de respostas nesse tópico e concluiu-se que seria necessário promover uma nova discussão explorar melhor o tema dos usos HBIM, relacionando-o mais objetivamente ao contexto do departamento.

Realizou-se, então, novo *workshop online*, com o objetivo de estabelecer um diálogo para o alinhamento das expectativas da equipe. A atividade incluiu uma apresentação sobre as possibilidades de usos HBIM, que foram adaptados a partir dos usos BIM (MENSSER et al. 2019), incluindo as dificuldades e implicações das escolhas. Além disso, foram realizadas dinâmicas junto à equipe do DPH, nas quais procurou-se entender o que era esperado com a implementação e nivelar um entendimento sobre a sua viabilidade dentro do contexto atual do departamento.

Como resultado, o uso com mais menções foi “modelagem de condições existentes”, seguido por “documentação patrimonial” e “Restauração e intervenção”. A discussão com a equipe possibilitou alcançar um entendimento coletivo sobre as possibilidades e limitações de cada uso, considerando o contexto do departamento. Desse modo, acordou-se que o planejamento atual priorizará certos usos, mais ligados às rotinas de projetos e obras, sem necessariamente impossibilitar a inserção de outras funções HBIM, que poderão ser alcançadas com o tempo de acordo com a maturidade da metodologia no departamento.

2.3 Diagnóstico

O primeiro diagnóstico do DPH consistiu no levantamento das atribuições e competências digitais de cada profissional e no levantamento da infraestrutura tecnológica (hardware e software). De acordo com a ABDI (2017), esses levantamentos contribuem para o desenvolvimento de uma proposta para as novas funções HBIM; o planejamento a capacitação da equipe; e a indicação da infraestrutura tecnológica necessária para a implementação.

A equipe do DPH é composta por profissionais especializados na área de patrimônio histórico que desenvolvem atividades de conservação e restauração das edificações históricas da Fiocruz, incluindo o desenvolvimento de projetos, o acompanhamento de obras e a gestão da manutenção predial (Serviço de Conservação e Restauração). Além disso, realiza pesquisas nas áreas de conservação preventiva e de história da arquitetura das ciências e da saúde

(Núcleo de Estudos do Urbanismo e Arquitetura de Saúde) e promove ações de educação e valorização patrimonial (Serviço de Educação Patrimonial).

Os estudos para implementação HBIM tem foco no Serviço de Conservação e Restauração, que possui dentre suas atribuições o planejamento, a orientação e a realização de ações de monitoramento, conservação, restauração, manutenção, bem como o desenvolvimento de projetos e a execução de intervenções em edifícios e áreas livres que compõem o patrimônio cultural edificado da Fiocruz. A figura 2 apresenta um gráfico da composição atual da equipe interna do DPH, de acordo com a função de cada profissional.

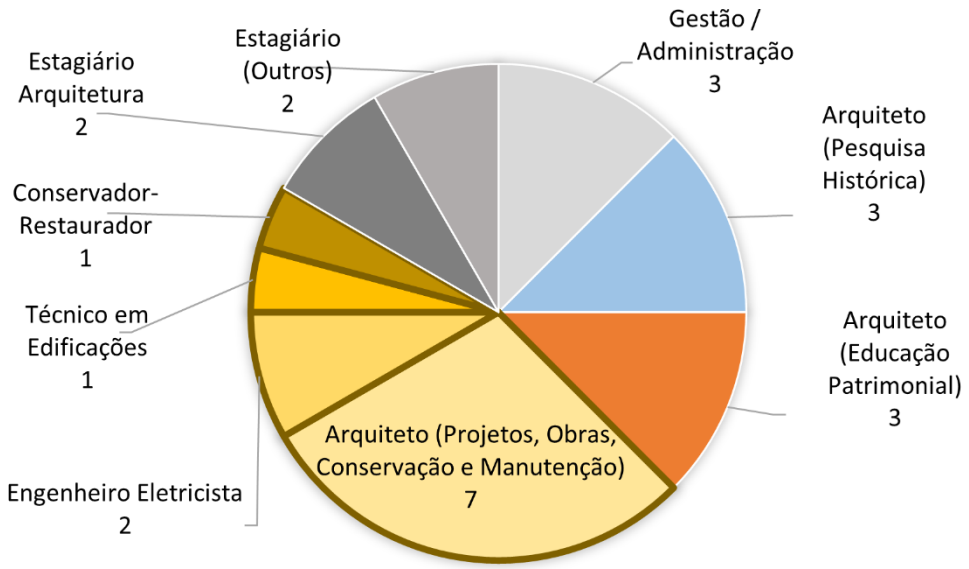


Figura 2: Composição atual da equipe do DPH/COC. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para mapear as competências digitais dos integrantes do DPH, foram levantadas as habilidades individuais, identificando quais os softwares são utilizados para a realização das atividades, o nível de domínio e a frequência de uso. Todos os integrantes utilizam alguma ferramenta tecnológica para a realização das atividades; no entanto os softwares utilizados em sua maioria se restringem a *Excel* e *Autocad*. Apenas dois profissionais têm conhecimento de software de modelagem BIM - no caso, o *Revit* - porém o nível é iniciante e eles não o utilizam nos serviços do departamento.

As informações do diagnóstico sobre as atribuições da equipe, competências digitais e objetivos a serem alcançados possibilitam traçar um planejamento de capacitação e mudanças na equipe ao longo do tempo. Dentro desse planejamento, é necessário prever as mudanças na infraestrutura tecnológica para dar suporte a cada etapa da implementação (CBIC, 2016). Com isso, foi realizado o levantamento no DPH do parque tecnológico existente em termos de hardware, software, rede interna e externa, para assim programar a demanda de investimentos de cada ano do projeto de implementação.

Como parte do diagnóstico também foram estudadas as primeiras experiências do DPH com modelos BIM. Em 2018, foi contratada a elaboração de um modelo em *Revit* para uma

edificação do conjunto arquitetônico. O modelo foi analisado com base em critérios como nível de detalhe, nível de informações imputadas e padrão de modelagem. Verificou-se que muitos de seus elementos, inclusive os estruturais, foram modelados como componentes no local, elementos distintos foram aglutinados em uma única família, e foram utilizadas categorias de sistemas incompatíveis para imputação determinadas famílias.

No ano seguinte foi contratado um levantamento a laser e a fotogrametria de outra edificação do complexo. Dessa vez, percebe-se um melhor planejamento da modelagem, que previu um nível de detalhe específico, e uma maior preocupação com a fidelidade de representação. Mas, assim como no trabalho anterior, notou-se a ausência de georreferenciamento, de padronização de categorias de famílias, códigos, tipos informação e parâmetros utilizados.

A análise desses modelos possibilitou avaliar que faltam diretrizes de modelagem que permitam seu uso para outras finalidades além da volumetria 3D. As características desses modelos dificultam ações como a extração de informações, quantitativos e/ou coordenação. Verifica-se, portanto, a importância de haver maior clareza sobre os objetivos do modelo e do seu planejamento correto por equipe capacitada, para que não resultem em produtos que enfocam na representação gráfica, mas que são pouco efetivos no processo de implementação HBIM.

2.4 Planejamento

Após a análise do diagnóstico, definiu-se um planejamento de 2021 a 2023 para o Serviço de Conservação e Restauração do DPH. Lino (2017) define três tipos de modelo de implementação: (a) Renovação da Equipe - Mudar toda a organização e incorporar especialistas BIM; (b) Introdução de Equipe BIM - Contratar uma primeira equipe imediatamente operativa, que ajude e apoie o resto da organização ao longo do processo de implementação; e (c) Transformação da Equipe - Mudar a cultura colaborativa da organização, convertendo os profissionais, sem produção inicial e sem fluxos de trabalho garantidos durante a fase de formação (LINO, 2017). A estratégia para o DPH enquadra-se no modelo b, introduzindo uma equipe HBIM para dar suporte, disseminando e capacitando a equipe do departamento ao longo do processo de implementação HBIM.

Com isso, planejou-se a disposição sequencial das atividades, com base níveis de maturidade BIM, que incluem: o pré-BIM (nível 0), com desenhos 2D; as fases de modelagem baseada em objetos (nível 1); a integração baseada nos modelos (nível 2); a integração baseada em redes (nível 3); e o pós-BIM integrado, no qual já se considera o trabalho entre equipes através de um ambiente comum de dados (CDE) (SUCCAR e SHER, 2012; ABDI, 2017).

A figura 3 mostra um resumo do planejamento de implementação no Serviço de Conservação e Restauração (SCR) do DPH, destacando o nível de maturidade e as ações relacionadas. Em linhas gerais, os profissionais do SCR se dividem em uma equipe de Projetos e Obras e uma de Conservação e Manutenção.



Figura 3: Resumo do planejamento de implementação no Serviço de Conservação e Restauração do DPH. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para alcançar os níveis de maturidade pretendidos, está em desenvolvimento o planejamento da capacitação nesses 3 anos. No primeiro ano (2021), a equipe externa, com auxílio dos profissionais internos envolvidos no processo, promove ações de disseminação de fundamentos HBIM. No segundo ano (2022), após seleção dos profissionais de acordo com a habilidade HBIM, ganha ênfase a capacitação em relação a softwares de modelagem nível básico e intermediário no 1º semestre e planejamento e orçamento (básico) no 2º semestre. Por fim, no terceiro ano (2023), atinge-se o nível avançado na modelagem e a capacitação aborda a execução de obras e gestão da manutenção. Todo esse planejamento vai sendo ajustado de acordo com as metas alcançadas.

Em paralelo, está sendo estudada a estrutura organizacional que descreve ao longo dos anos as funções e as responsabilidade dos profissionais do SCR e da equipe externa HBIM. Outra etapa em andamento é o planejamento de infraestrutura tecnológica, área sobre a qual será necessário realizar investimentos. Com a definição dos perfis HBIM e a partir do levantamento da infraestrutura, será delineada a melhoria em hardware e redes, com a aquisição e a instalação de softwares específicos, inicialmente para três anos.

2.5 Projeto piloto: Quinino

Para a elaboração do projeto piloto, foi selecionado o Pavilhão Figueiredo de Vasconcelos, também conhecido como Quinino, edificação histórica que integra o conjunto de prédios, concebida originalmente para receber laboratórios e atualmente ocupada com uso administrativo. O desenvolvimento desse projeto piloto, além de constituir o primeiro modelo a ser utilizado na gestão do patrimônio cultural edificado da Fiocruz, fornecerá as bases técnicas e metodológicas para o desenvolvimento dos modelos das demais edificações históricas da Fiocruz a serem produzidos no futuro.

O edifício foi projetado pelo engenheiro e arquiteto Luiz Moraes Júnior e idealizado por Oswaldo Cruz no início do Século XX. Segue a linguagem do ecletismo e apresenta uma planta em forma de polígono irregular com cinco lados, desenvolvida em torno de um pátio central. O edifício foi inaugurado em 1922 e apresentava dois pavimentos e uma circulação avarandada no pavimento superior. Em 1943 passou por uma reforma de ampliação com a construção de mais dois pavimentos, seguindo as delimitações do perímetro poligonal original (BENCHIMOL, 1990; OLIVEIRA et al, 2003).

A escolha do edifício Quinino (Figura 4) como projeto piloto se deu pelo seu porte - 4 pavimentos e considerável quantidade e diversidade de informações – e por suas características estilísticas com ornamentação relativamente simples, propiciando a modelagem no prazo do estudo. Além disso, o edifício tem previsão de passar por diversas intervenções durante 2022, quando será comemorado o seu centenário, e pretende-se que o modelo já possa ter utilizado para a gestão dessas obras.



Figura 4: Pavilhão Figueiredo de Vasconcelos (Quinino). Fonte: Os autores, 2021.

2.5.1 Levantamento com laser scanner

Após a definição do objeto de estudo, a equipe se direcionou às estratégias de levantamento da edificação *As-Is.* Inicialmente foram feitas uma coleta e uma análise da documentação existente pelo DPH, destacando o levantamento por medição direta em CAD, feito em 2010, e os cadernos do plano de conservação preventiva do Edifício Quinino.

O levantamento por *laser scan* com a geração de uma nuvem de pontos apresenta vantagens em virtude do prazo, riqueza de detalhes e confiabilidade de informação (CANUTO, MOURA, SALGADO, 2016), com isso optou-se por essa tecnologia para o levantamento do Quinino. A captura das cenas, o processamento e o registro em nuvem de pontos se deram através de uma parceria com a empresa FARO®, após a definição de premissas iniciais, cronograma de trabalho, planejamento de datas, autorizações de acesso, ferramentas e/ou equipamentos de apoio.

Para a captura das cenas foram necessárias 19h distribuídas em 6 dias. Foi usado um *Laser Scanner* 3D terrestre, marca FARO®, modelo FOCUS S PLUS 350. As atividades subsequentes como, processamento, registro e exportação para RCP foram realizadas pelo software do fabricante, o FARO® SCENE. Ao todo foram necessárias 40h desde a captura até a exportação do arquivo em RCP. Em seguida, a nuvem de pontos processada foi inserida no *Revit* para iniciar a modelagem do edifício (Figura 5).

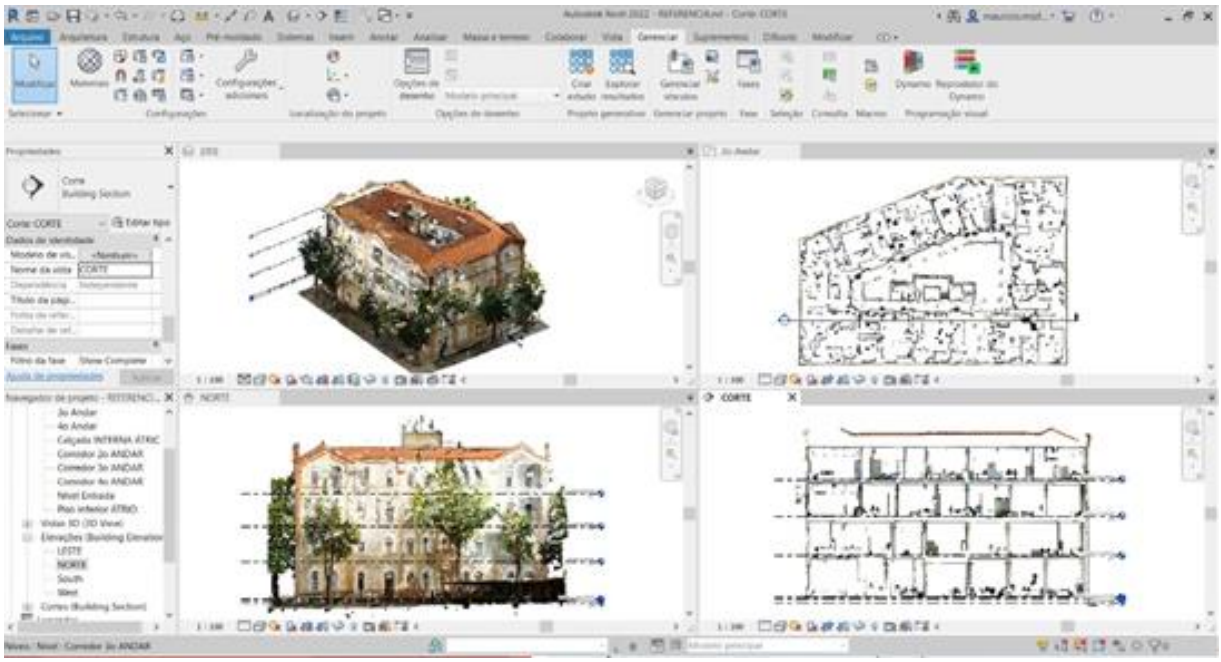


Figura 5: Nuvem de pontos do Edifício Quinino em RVT. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A ferramenta *laser scan* é capaz de acelerar significativamente os processos de levantamento (CAMPIOTTO, 2019), como de fato ocorreu. Entretanto, cabe pontuar que, para se garantir uma nuvem de pontos que atenda às expectativas, se faz necessário um bom planejamento e o alinhamento pontos importantes no ato da contratação:

- Definição de critérios de captura e obstáculos dentro e fora edificação (mobiliários, equipe, instalações, equipamentos, árvores, arbustos).
- Definição de nível de detalhe a ser capturado (LOD).
- Quantidade de cenas e especificação da resolução das imagens.
- Prazo disponível para a realização do serviço.
- Formato de entrega do material (RCP, RCS, RVT, NWD, etc.).
- Ferramenta de entrega do material (físico e digital).

2.6 Ações em andamento

2.6.1 Plano de execução

O plano de execução BIM é um documento que instrui a implementação da metodologia em determinado projeto (MENSSER et al. 2019). A pesquisa busca adaptar os conceitos para a área de patrimônio cultural. O plano para o Quinino propõe diretrizes práticas para a aplicação do uso HBIM no projeto piloto. Destacam-se algumas diretrizes já definidas, como o uso HBIM (Modelagem de condições existentes) e o *software* de modelagem (*Revit*).

Em andamento, está sendo desenvolvido o *template* que conta com padrões, famílias e codificações que garantam a uniformidade dos projetos e a *Definição de entregáveis* que especifica a forma de entrega, armazenamento, versões e extensões dos arquivos.

O plano de execução HBIM Quinino também servirá como base para futuras contratações, oferecendo subsídio aos termos de referência de projetos HBIM, bem como diretrizes para coordenação e compatibilização de projetos.

2.6.2 Modelo HBIM

A modelagem do Quinino será realizada a partir do levantamento da nuvem de pontos, seguindo os critérios especificados no Plano de execução. O método da elaboração do modelo leva em consideração a análise da arquitetura do edifício, da documentação existente e da finalidade do modelo. Foram identificados os sistemas e os elementos do edifício, bem como os seus ambientes, de forma a possibilitar uma categorização dos itens da edificação que devem constar no modelo e a definição das famílias que serão criadas.

As estratégias de parametrização e codificação estão alinhadas à proposta de códigos (*tags*) que serão empregados na gestão da conservação preventiva dos demais edifícios do complexo. Os *tags* serão criados a partir de uma ordem pré-estabelecida, reunindo em um

nome uma sequência de códigos que possibilite identificar o edifício, o sistema/grupo, o elemento e sua posição. A figura 6 apresenta um exemplo da codificação em estudo.

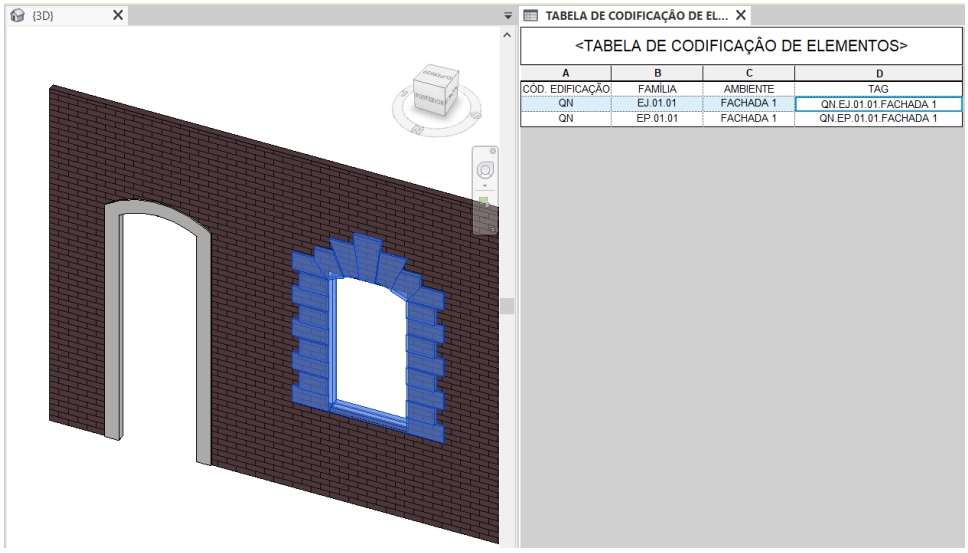


Figura 6: Parte do modelo do Quinino em RVT, com a inserção da codificação dos elementos.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para o gerenciamento das informações, definiu-se que serão imputadas, dentro de parâmetros de URL no modelo, a localização dos dados do servidor de rede do DPH relacionados aos elementos e ambientes, como fotos, fichamentos, histórico da edificação. Com isso, esse banco de dados poderá ser alimentado dentro do modelo, sem a necessidade de atualizações que tornem o modelo somente um repositório pesado de se trabalhar.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização dos estudos apresentados neste artigo permitiu compreender a importância do planejamento no processo de implementação HBIM. Um dos principais desafios na introdução da metodologia foi estabelecer os objetivos da implementação, com a mobilização de equipe e gestores para um entendimento comum sobre as possibilidades do HBIM e para avaliar a viabilidade e os impactos da adoção do método nas rotinas do DPH. Para promover uma implementação efetiva, será preciso aumentar o engajamento de todos e planejar as ações do departamento de forma continuada e integrada às atividades demandadas pelo plano, bem como realizar um esforço permanente de articulação entre as rotinas HBIM e as atribuições da equipe.

O desafio que se coloca pela frente envolverá uma mudança dos paradigmas dos diferentes processos atrelados ao trabalho da conservação do patrimônio edificado na Fiocruz. Trata-se de um movimento progressivo de longo prazo e que demanda investimentos para adequação da infraestrutura, capacitação da equipe e previsão de contratações para dar suporte à implementação.

Outro ponto importante se refere à necessidade de organizar as informações produzidas sobre os edifícios históricos e as suas ações de conservação, para possibilitar que sejam imputadas nos modelos ao longo da implementação. Vale destacar também que a equipe deve adaptar-se aos novos procedimentos de documentação, que deverão estar alinhados à organização de informações definidas para a gestão da conservação do patrimônio edificado da instituição.

As atividades realizadas na pesquisa poderão contribuir para diversas ações futuras no DPH no âmbito da gestão do patrimônio cultural da Fiocruz. Com a consolidação do plano de implementação e da aplicação prática da metodologia em um projeto piloto conforme o plano de execução, acredita-se que ao longo dos anos a equipe possa alcançar maiores níveis de maturidade BIM. Como consequência, poderá ser atingido o desejado aprimoramento dos processos de trabalho e infraestrutura graças à capacidade de gerenciar suas atividades de maneira mais assertiva, ágil, integrada e tecnológica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Guia 1 – Contratação e Elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia, v.4; 22 p. Brasília: ABDI, 2017.

ARAYICI, Y.; MAHDJOUBI, L.; COUNSELL, J. **Heritage Building Information Modelling.** Abingdon: Routledge, 2017.

BENCHIMOL, J.L. **Manguinhos do sonho à vida: a ciência da belle époque**. Rio de Janeiro: COC/FIOCRUZ, 1990.

BIMe Initiative. BIM Dictionary, 2021. Acesso em: 29 jun. 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Implementação BIM - Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CBIC, 2016.

CAMPIOTTO, R. C. Escaneamento laser 3D na preservação do patrimônio edificado: experiências no Museu Paulista da USP. **In:** ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...] São Carlos: IAU-USP, 2019

CANUTO, C. L.; MOURA, L. R. de; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. ISSN 1980-6809. Disponível em: http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456. Acesso em: 14 maio 2017. doi:http://dx.doi.org/10.20396/parc.v7i4.8647456.

CANUTO, C. L.; SALGADO, M. S. Modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema 1937-1945: pela preservação digital do patrimônio moderno. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v.15, n.1, p.101-116, jan.2020. http://dx.doi.org/10.116/gtp.v14i1.152823

COSTA, H. A; SOUZA, M. P; BALDESSIN, G. Q; ALBANO, G; FABRICIO, M. M. Modelagem BIM para registro digital do patrimônio arquitetônico moderno. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 49-68, 25 jan. 2021.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Política de preservação dos acervos científicos e culturais da Fiocruz. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2018. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/documento/politica-de-preservacao-dos-acervos-cientificos-e-culturais-da-fiocruz-1. Acesso em: 31 ago. 2021.

MESSNER, J., ANUMBA, C., DUBLER, C., GOODMAN, S., KASPRZAK, C., KREIDER, R., LEICHT, R., SALUJA, C., AND ZIKIC, N. **BIM Project Execution Planning Guide**, Version 2.2. Computer Integrated Construction Research Program. State College: Pennsylvania State University, ago. 2019. Disponível em: https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanningv2x2. Acesso em: 31 ago. 2021.

LINO, J.C., AZENHA, M., CAIRES, B. BPEP BIM Project Execution Plan. Apostila da Especialização Internacional Master BIM Manager. Zigurat Global Institute of Technology, 2017.

OLIVEIRA, B.T. (Coord.); COSTA, R.G.; PESSOA, A.J.S. **Um lugar para a ciência: a formação do campus de Manguinhos**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

PEREIRA, S.M.S.A.; CORREIA, M.C. Implementação da abordagem e tecnologia BIM no processo de gestação na FIOCRUZ. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 10, p. e019014, mar. 2019. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8653755. Acesso em: 27 mar. 2019.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, 18(3), 357-375, 2019. Disponível em: http://bit.ly/BIMPaperA2. Acesso em: 31 ago. 2021.

SUCCAR, B., SHER, W., & WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: five metrics. **Architectural Engineering and Design Management,** 8(2), 120-142, 2012. Disponível em: http://bit.ly/BIMPaperA5. Acesso em: 31 ago. 2021.

LEVANTAMENTO COM SCANNER À LASER NA MODELAGEM DA IGREJINHA: UM ESTUDO DO NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO-LOD

Survey with laser scanner in the modeling of the Igrejinha: a study of the Level of Development-LOD

Juliê Pena de Oliveira

Universidade de Brasília, julliepena@gmail.com

Vanda Alice Garcia Zanoni

Profa. Doutora, Universidade de Brasília, vandazanoni@unb.br

Pedro Pellegrino

Diretor da Flug Soluções e Tecnologias, pedro.pellegrino@grupoflug.com

Resumo

O presente artigo é uma pesquisa sobre o uso de HBIM para o levantamento e documentação do Patrimônio Cultural, em que o objeto de estudo foi a Igreja Nossa Senhora de Fátima, localizada em Brasília, Distrito Federal. O levantamento arquitetônico foi feito com Scanner à Laser. A partir da nuvem de pontos gerada, foi feita a modelagem 3D utilizando o software Revit. O objetivo deste trabalho é analisar o Nível de Desenvolvimento (LOD) empregado na modelagem, com base no padrão desenvolvido pelo *American Institute of Architects* (AIA). Foi possível notar que a ausência de documentação pode influenciar na modelagem 3D, por não ter informações suficientes para gerar um modelo HBIM. Portanto, reunir informações no modelo pode contribuir para a preservação patrimonial de forma mais efetiva ao longo do seu ciclo de vida. O uso de ferramentas como o LOD pode tornar o processo de documentação mais acurado e transparente, melhorando a qualidade de comunicação entre os usuários do modelo e pesquisadores.

Palavras-chave: LOD; HBIM; Documentação; Patrimônio Cultural; Igrejinha

Abstract

This article is a research on the use of HBIM for the survey and documentation of Cultural Heritage, in which the object of study was the "Igreja Nossa Senhora de Fátima", located in Brasília, Distrito Federal. The architectural survey was carried out with a Laser Scanner. From the generated point cloud, 3D modeling was performed using Revit software. This work aims to analyze the Level of Development (LOD) used in modeling, based on the standard developed by the American Institute of Architects (AIA). It was possible to notice that the absence of documentation can influence the 3D modeling, as it does not have enough information to generate an HBIM model. Therefore, gathering information in the model can contribute to heritage preservation more effectively throughout its life cycle. The use of tools

such as LOD can make the documentation process more accurate and transparent, improving the quality of communication between model users and researchers.

Keywords: *LOD; HBIM; Documentation; Cultural Heritage; Igrejinha*

1. INTRODUÇÃO

A abordagem BIM (Building Information Modeling) abarca todo o ciclo de uma construção, desde a etapa de projeto até a manutenção da edificação. O Heritage Building Information Modeling (HBIM) é a aplicação do conceito BIM para o patrimônio cultural, e visa a documentação, a análise e a conservação de edifícios de valor cultural.

O BIM é uma metodologia utilizada para gerenciar o projeto e os dados da construção no formato digital ao longo de toda a vida da edificação (PENTTILÄ, 2006). Além da compreensão de todo o processo, contribui para a integração entre as disciplinas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), bem como permite a documentação e acompanhamento da edificação em todos os seus estágios.

Segundo Tolentino (2014, p. 04), o HBIM contempla um processo que envolve uma solução de engenharia reversa em que, inicialmente, mapeiam-se os elementos arquitetônicos utilizando varredura à laser ou fotogrametria. Em seguida, os dados levantados são combinados a objetos paramétricos, gerando o modelo. O produto final HBIM é um modelo geométrico completo, incluindo detalhes do objeto, tais como materiais e métodos construtivos. A partir daí, podem ser gerados cortes, detalhes, vistas ortográficas e perspectivas, subsidiando a análise e conservação do objeto histórico (DORE; MURPHY, 2017).

A abordagem HBIM pode-se constituir numa alternativa importante para a organização dos dados relativos às edificações de interesse histórico-cultural. Nos modelos HBIM podem ser agregados além dos dados geométricos e semânticos referentes à construção, outros dados inerentes à história da própria edificação, transformações sofridas, fotografias, mapas de danos, entre outros tipos de informações (AMORIM et al., 2019, p. 20).

Para Tolentino (2018, p. 85), embora se aproprie do conceito BIM, o HBIM não contempla todo o ciclo de vida da edificação histórica que pretende representar, por não participar da fase de projeto nem de construção. No entanto, uma vez feito o levantamento cadastral, o modelo HBIM servirá como base de projetos de restauro e para a operação e manutenção do edifício.

O termo Nível de Desenvolvimento - ND (Level of Development - LOD), foi desenvolvido e padronizado pelo American Institute of Architects (AIA). É um meio de comunicar expectativas sobre o desenvolvimento de elementos do modelo entre os membros da equipe durante todo o processo de construção, servindo para fins de planejamento, gerenciamento e coordenação. A especificação do LOD é um recurso que visa melhorar a qualidade da comunicação entre os usuários de BIM sobre as características dos elementos nos modelos.

O presente artigo é um experimento aplicado ao uso de HBIM para o levantamento e documentação do Patrimônio Cultural, em que o objeto de estudo foi a Igreja Nossa Senhora de Fátima (afetivamente denominada Igrejinha), localizada em Brasília - Distrito Federal. O levantamento arquitetônico foi feito com Scanner à Laser. A partir da nuvem de pontos gerada foi feita a modelagem 3D no software Revit.

Este trabalho visa analisar o Nível de Desenvolvimento empregado na modelagem, e quais as consequências para a documentação do Patrimônio Moderno. Acredita-se que o Nível de Desenvolvimento empregado na modelagem de cada elemento deve ser compatível com as expectativas quanto ao valor cultural (significância cultural) no modelo HBIM. Destaque-se a compreensão de que a ausência de documentação pode influenciar na modelagem, por não ter informações suficientes para gerar um modelo HBIM.

2. IGREJINHA COMO PATRIMÔNIO NACIONAL

O objeto de estudo desta pesquisa é a Igreja Nossa Senhora de Fátima (Igrejinha). Ela foi concebida como a primeira capela em alvenaria construída em Brasília, em 1957 (Figura 1), situa-se na entre quadra 307/308 Sul (Figura 2). Projetada por Oscar Niemeyer, foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan) em 2007.

Componente de grande valor, a Igrejinha integra o conjunto da superquadra modelo, como imaginado no plano original de Lucio Costa, que reúne as quadras SQS 107, 108, 307 e 308. Considerado um verdadeiro sítio histórico, a superquadra modelo é composta pela Igrejinha, o Cine Brasília, o Clube Vizinhança, a biblioteca, as escolas e o Espaço Cultural Renato Russo. Pertencente à escala residencial, ela é um ícone da cidade, exemplo da influência da arquitetura modernista.



Figura 1: Fotografias de Marcel Gautherot - via blog do Instituto Moreira Salles. Fonte: Acervo Iphan DF.

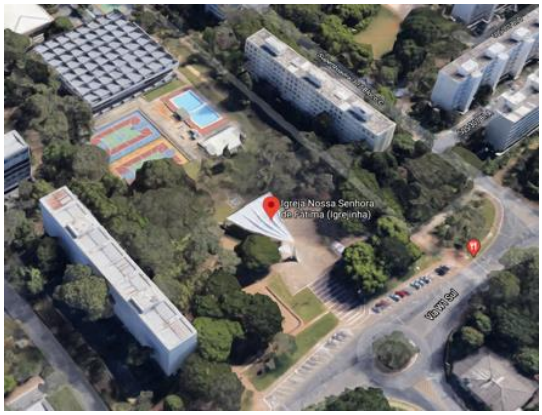


Figura 2: Localização da Igrejinha na 308/309 Sul em Brasília-DF Fonte: google maps.

Em seu interior e na fachada encontram-se azulejos de Athos Bulcão. Os afrescos com bandeirolas e anjos de Alfredo Volpi (Figura 3) foram cobertos por tinta na década de 1960. Posteriormente, em 2008, o artista plástico Francisco Galeno foi convidado pelo IPHAN para restaurar as paredes internas da Igreja (SCOTTÁ, 2010, p. 159). Na parte externa, a parede é toda revestida por azulejos criados por Athos Bulcão (Figura 4). Esse é o único painel de Athos com estampa figurativa - a Estrela de Belém, e a Pomba que representa o Espírito Santo.

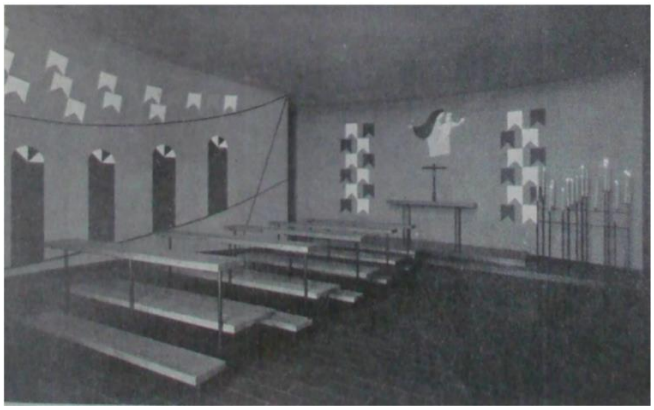


Figura 3: Interior da Igreja Nossa Senhora de Fátima Fonte: Brasília n° 26, fev. 1959.

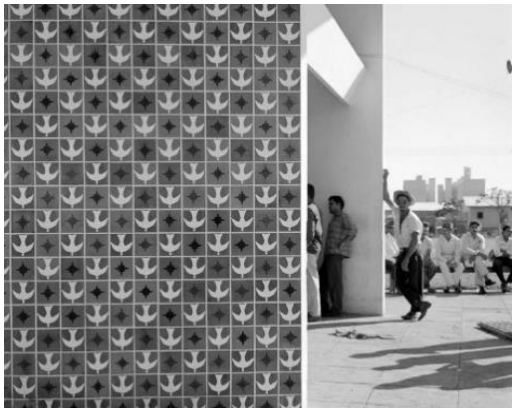


Figura 4: Igrejinha de Nossa Senhora de Fátima, 1960. Painel de azulejos de Athos Bulcão. Fonte: Marcel Gautherot.

Sua arquitetura simples consiste em três elementos básicos, mostrados na Figura 5: duas paredes estruturais (azul marinho), três pilares externos (vermelhos) e a cobertura (azul turquesa). A parede 1, em curva, envolve toda a igreja, deixando uma abertura frontal para a porta de entrada principal. Nesta parede aparecem também 2 aberturas laterais, as quais inicialmente possuíam a função de janelas, e que hoje em dia são usadas como pequenas portas. A parede 2 separa a pequena nave da sacristia, gerando uma pequena sala atrás do altar (INOJOSA, et al., 2016, p.04).

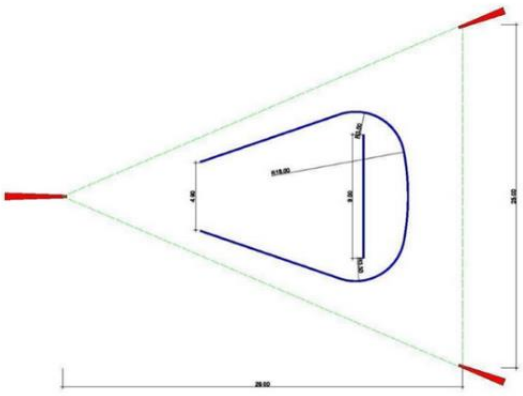


Figura 5: Planta da Igrejinha Nossa Senhora de Fátima. Fonte: Adaptado de Leonardo Inojosa, 2016.

Externamente, os três grandes pilares sustentam a cobertura curva da igreja, dos quais os dois posteriores são iguais e um pouco menores se comparados ao pilar frontal. As formas dos pilares contribuem para o destaque da cobertura; possuem a base mais larga que se estreita através de uma curva, até encontrar a cobertura, destacando-a e conferindo-lhe leveza.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Levantamento Cadastral por Varredura à Laser

A técnica do Escaneamento à Laser consiste em realizar a varredura das superfícies externas visíveis, adequada para um levantamento rápido e preciso de objetos de diferentes dimensões e níveis de complexidade. Essa aquisição de dados contém as informações necessárias para o levantamento da edificação.

A Figura 6 apresenta o scanner utilizado, Faro Focus Laser S70. A tecnologia empregada baseia-se no princípio da diferença de fase, em que, segundo Tolentino (2018, p.137), a medição da distância é feita através da comparação das fases dos sinais emitidos e recebidos.

Quando se emite o feixe de laser na direção do objeto a ser levantado, parte do sinal volta para o sensor, determinando e armazenando a posição de cada um dos pontos obtidos, gerando um modelo geométrico do tipo “nuvem de pontos” mostrado na Figura 7.



Figura 6: Scanner a Laser. Fonte: O autor, 2021.

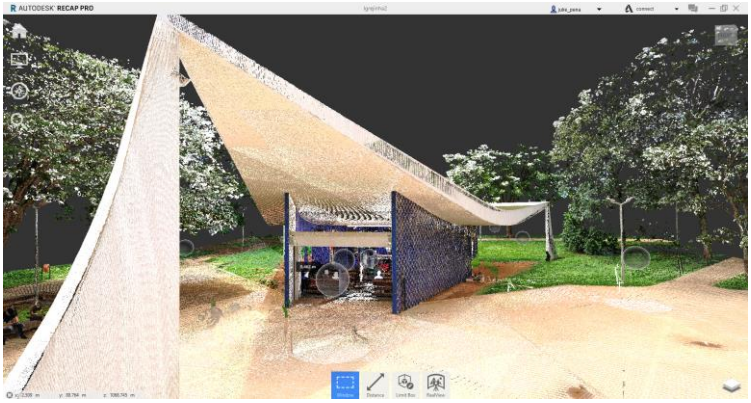


Figura 7: Nuvem de pontos gerada - Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.

A navegação na nuvem de pontos pode ser feita de forma livre, ou através do mapa, em que é possível ver a quantidade e os locais em que foram posicionados o scanner. Outra possibilidade de visualização é a 360°, a qual é composta por imagens, e para acessá-la basta clicar nas bolhas ou nos pontos que estão no mapa, como mostra as Figuras 8 e 9. Para alternar o ponto de visualização basta clicar nas esferas brancas na imagem, ou nos pontos pretos no mapa à direita. Além da rotação 360° da imagem, também é possível aproximar para ver de forma mais detalhada.



Figura 8: Mapa da nuvem com os pontos de posicionamento do scanner: Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.



Figura 9: Visualização 360° do escaneamento: Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.

A nuvem de pontos, após o seu processamento com programas específicos, serve de base para a modelagem de objetos tridimensionais com alto nível de precisão. Ela pode ficar armazenada e ser utilizada posteriormente para se obter novos produtos, ou ainda, para se verificar ou refinar (detalhar) modelos criados anteriormente (GROETELAARS,2015, p. 84.)

3.2 Nível de Desenvolvimento (LOD)

O nível de desenvolvimento (Level of Development - LOD) é uma referência que auxilia os profissionais da indústria de AEC-Arquitetura, Engenharia e Construção – a especificar e articular com um alto nível de clareza e confiabilidade o conteúdo dos Modelos de Informação da Construção (BIM) em vários estágios do processo de concepção e construção.

O LOD define e ilustra as características dos elementos do modelo de diferentes sistemas de construção em diferentes níveis de desenvolvimento. Essa articulação clara permite que os autores estabeleçam em que seus modelos podem ser confiáveis e possibilita aos usuários o entendimento da usabilidade e as limitações dos modelos gerados.

Baseado nos conceitos criados em 2008 e atualizados em 2013 pelo American Institute of Architects (AIA), o BIMForum publicou e vem atualizando o documento Level of Development Specification For Building Information Models, onde define:

- No LOD 100 os elementos do modelo podem ser representados por um símbolo ou uma representação genérica. Qualquer informação derivada destes modelos deve ser considerada aproximada.
- No LOD 200 os elementos do modelo podem ser representados graficamente como um objeto ou como um sistema genérico, com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximadas. Informações não gráficas podem ser anexadas a ele. Neste nível, os elementos podem ser reconhecidos como os componentes que eles representam. Qualquer informação derivada destes modelos deve ser considerada aproximada.
- No LOD 300 os elementos são representados graficamente de forma precisa e informações não gráficas podem ser anexadas a ele. Sua quantidade, tamanho, forma, localização e orientação podem ser medidos diretamente no modelo.
- No LOD 350 os elementos são representados graficamente de forma precisa, com relação à quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interface com outros sistemas, informações estas que podem ser aferidas diretamente no modelo. Neste nível, são modelados os itens necessários à coordenação entre disciplinas, à compatibilização de projetos e à verificação de interferências. Informações não gráficas podem ser anexadas a ele.
- No LOD 400 os elementos são representados graficamente de forma detalhada e precisa, visando a fabricação. Informações não gráficas podem ser anexadas. Quantidade,

tamanho, forma, localização, orientação e informações relacionadas à fabricação, instalação e execução, podem ser aferidas diretamente no modelo.

- No LOD 500 as informações devem ser verificadas em campo e os elementos são representados graficamente de forma detalhada e precisa. Informações não gráficas podem ser anexadas. Quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e informações relacionadas à fabricação, instalação e execução podem ser aferidas diretamente no modelo.

Reconhecida internacionalmente por Level of Development (LOD) os níveis de desenvolvimento fornecem uma estrutura conceitual para nortear coordenadamente o processo de desenvolvimento do projeto e a evolução de seu detalhamento de informações. Cada etapa do projeto é definida sucintamente, permitindo que diferentes membros da equipe de trabalho entendam o nível de desenvolvimento que precisam trabalhar e a hierarquia de decisões (MANZIONE, 2013).

Segundo Groetelaars (2015 p.180), ao determinar o LOD no início de um projeto em BIM, torna-se mais fácil o planejamento das etapas e a definição dos objetivos do cliente/proprietário, bem como a definição de prazos e custos de projeto. Tais critérios contribuem para um modelo mais adequado às necessidades do cliente, com melhor custo-benefício.

No entanto, o uso do LOD para a modelagem de edificações históricas já construídas não é algo tão simples, segundo Brusaporci (2018), pois o nível de desenvolvimento do modelo BIM dependerá em grande parte da disponibilidade de informações já existentes. Isso implica em um LOD não homogêneo, pois partes da edificação podem ser mais bem definidas enquanto outras mais desconhecidas devido à ausência de documentação e dados históricos.

4. MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa aplicada baseada no levantamento da Igreja Nossa Senhora de Fátima por varredura à laser, realizado em parceria com o Grupo Flug. Para tanto, o equipamento utilizado foi o FARO® Focus Laser Scanners S70, responsável por coletar informações do ambiente físico, permitindo a transferência para o ambiente digital.

O equipamento utilizado para a aquisição das imagens gera 500 mil pontos por segundo, com precisão de 3mm para a distância de 10 metros, pegando uma esfera de raio de 70 metros. A nuvem carrega informação de coordenada, cor e intensidade. É possível inserir outras informações caso seja de interesse do usuário, como barômetro, altímetro, gps, entre outros, mas para este estudo tais recursos não foram utilizados.

Para o pré-processamento dos dados, o software Scene foi utilizado para o registro das cenas, que consistiu em posicionar as várias cenas capturadas em um único arquivo e um mesmo referencial (georreferenciamento). Para tanto, foi feita a identificação dos alvos esféricos comuns a duas ou mais cenas. Na sequência, foram geradas e otimizadas as nuvens de pontos, representando as superfícies por meio de suas coordenadas (x, y, z) e de um atributo de cor.

Para tanto, os arquivos FLS do Scene foram importados no software Recap, da Autodesk. Utilizando este programa, foi possível diminuir a quantidade de pontos, os ruídos e o tamanho do arquivo, ficando ao final com 2,28 GB. Além disso, o Recap foi usado para converter o arquivo FLS importado do Scene para o formato RCS (Reality Capture Scan) que foi lido pelo Revit da Autodesk, usados para gerar o modelo HBIM da Igreja Nossa Senhora de Fátima.

Foi escolhido o software Revit para realizar o Scan-to-HBIM, processo em que a nuvem de pontos é inserida dentro do programa e a modelagem é feita com base nas referências que ela traz, ou seja, “as-is”, exatamente como a construção estava no momento do escaneamento à laser. O que é de extrema importância para a conservação e documentação, pois permite a verificação do estado da edificação naquele momento.

Na fase da modelagem, a nuvem de pontos foi processada para um modelo BIM, nas seguintes etapas, conforme sugerem Tang (2010, p. 830): modelagem da geometria de cada componente; associação do objeto a uma determinada categoria ou família; atribuição de parâmetros aos objetos, juntamente com os seus metadados; estabelecimento de relações espaciais e funcionais entre os componentes da construção.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi estabelecido na modelagem da Igrejinha a necessidade da reprodução da volumetria e uma correta representação dos níveis, dos espaços internos e das aberturas. Foram utilizadas algumas famílias paramétricas já existentes no Revit, como as de piso, paredes e esquadrias. Já alguns outros elementos foram modelados in-place, devida à sua geometria diferenciada. Além disso, foram atribuídas informações sobre a composição material de cada elemento.

A modelagem dos pilares foi feita in-place (Figura 10), associando o material utilizado na construção (concreto), levando em consideração os níveis associados (Figura 11) e a curvatura do pilar. O que pode ser conferido por meio da nuvem de pontos da Figura 12.

Para a cobertura foi estabelecido planos de referência para os 3 pontos do triângulo que lhe conferem a forma, ela também foi modelada in-place. A extrusão do perfil da cobertura foi feita a partir de um corte na nuvem de pontos (Figura 13), a fim de captar o perfil abaulado que a laje de cobertura possui. Foi necessária a extrusão até as extremidades, sempre analisando em corte e em planta baixa. Para que a cobertura não se resumisse a uma extrusão retangular, foi necessário criar vazios que cortassem as laterais, conferindo-lhe o verdadeiro formato que ela possui (figura 14).

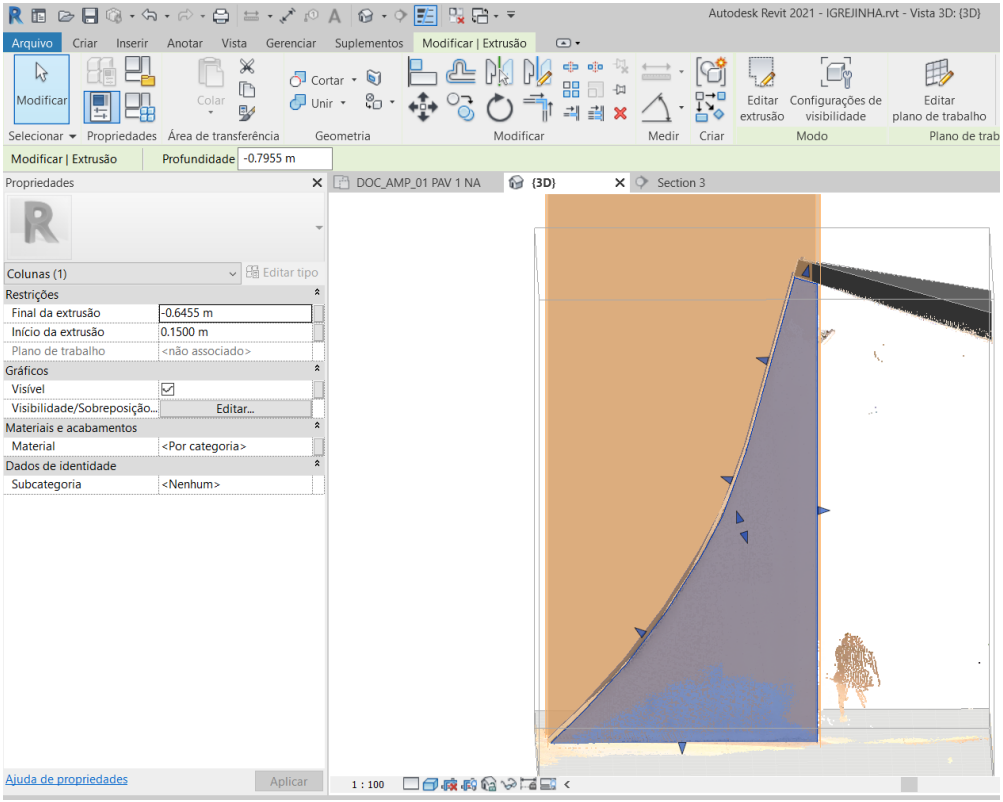


Figura 10: Modelagem do Pilar da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.

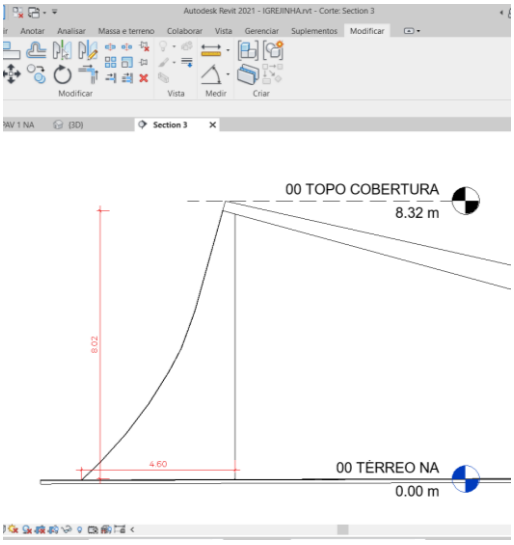


Figura 11: Níveis associados da modelagem do Pilar da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.

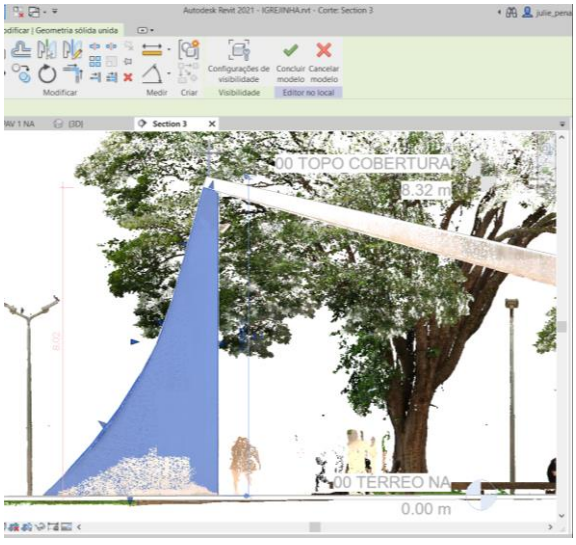


Figura 12: Sobreposição: Pilar e Nuvem de Pontos. Fonte: O autor, 2021.

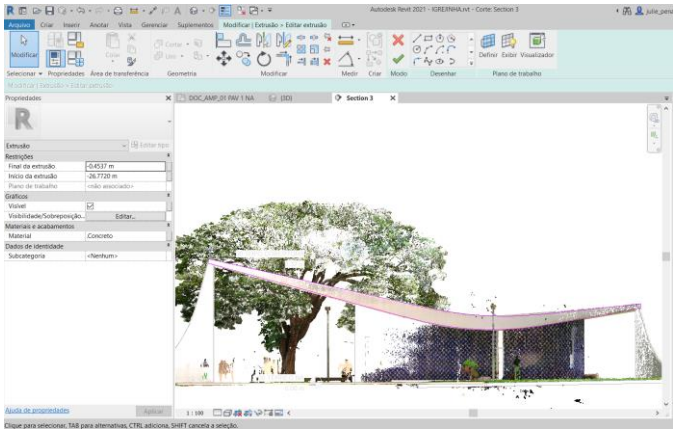


Figura 13: Modelagem da cobertura a partir da nuvem de pontos. Fonte: O autor, 2021.

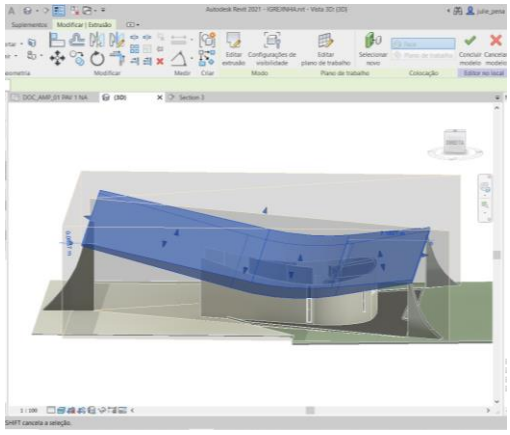


Figura 14: Forma conferida pela extrusão da cobertura. Fonte: O autor, 2021.

Para a modelagem das paredes e dos pisos foram utilizadas famílias nativas do Revit. Foi feito a distinção entre as paredes estruturais e as de alvenaria convencional. Tal informação foi constatada por meio de documentação histórica, em que a fundação aponta a locação dos pilares e paredes estruturais (Figura 15). As suas sinuosidades foram extraídas da nuvem de pontos, como se pode perceber na Figura 16, em que o modelo e a nuvem estão sobrepostos.

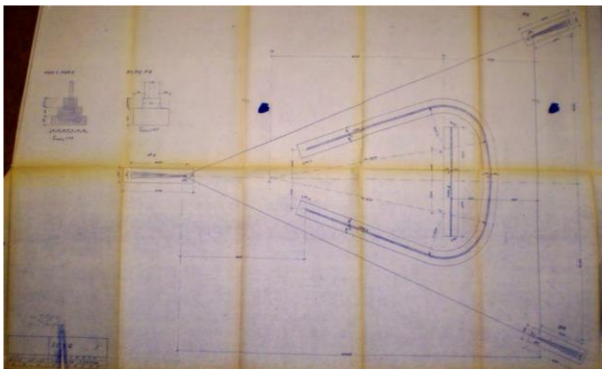


Figura 15: Concreto: Fundação – Formas D.A.U. Novacap, 1958. Fonte: Acervo IPHAN.

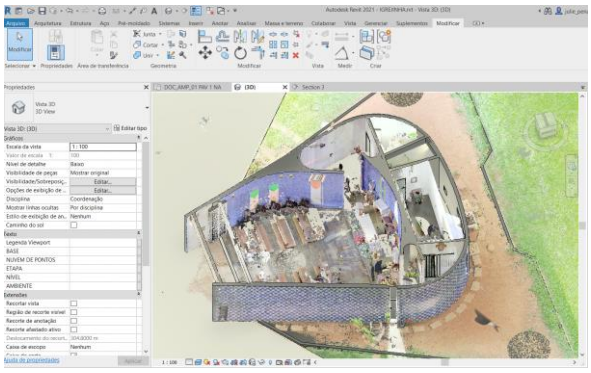


Figura 16: Modelo Bim sobrepondo a nuvem de pontos. Fonte: O autor, 2021.

Após a modelagem da Igrejinha, concebendo cada peça separadamente (Figura 17), foi feita uma análise do LOD em que cada elemento se encontrava, chegando ao resultado presente no quadro da Figura 18.

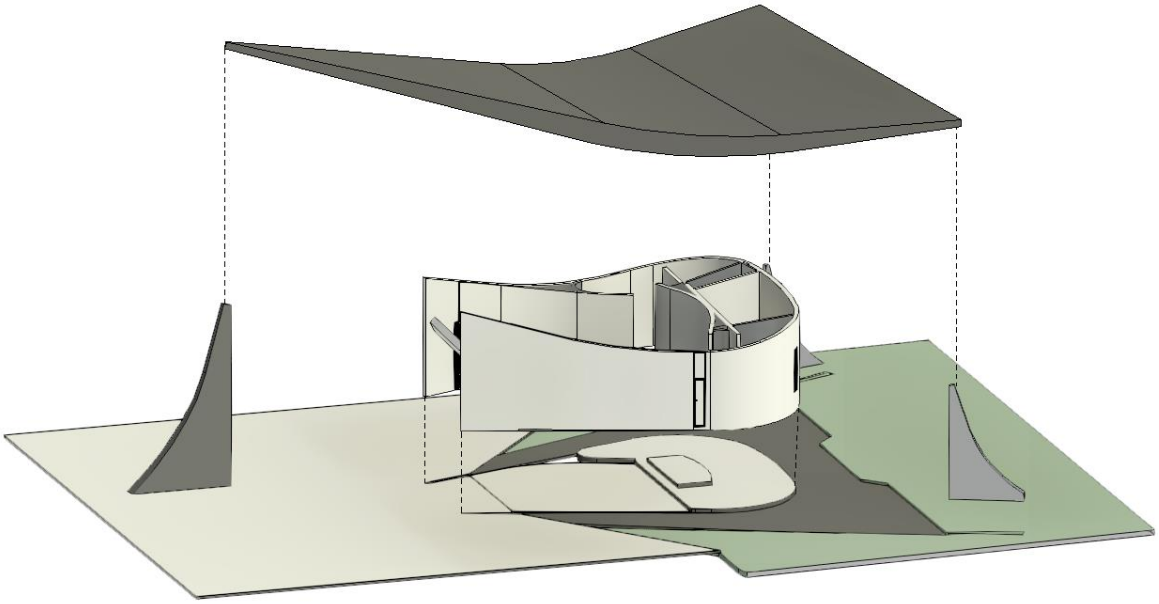


Figura 17: Modelo BIM "explodido" da Igreja Nossa Senhora de Fátima. Fonte: O autor, 2021.

Elementos Construtivos - Igrejinha

LOD	Laje	Paredes	Piso	Pilar
				
100			• Suposições para enquadramento estrutural estão incluídas em outros elementos modelados, como um elemento de piso arquitetônico que contém um camada para profundidade de enquadramento estrutural assumido ou elementos estruturais que não são distinguíveis por tipo ou material. • Profundidade/espessura da montagem ou tamanho e localização do componente ainda flexível.	
200	Modelagem de elemento inclui: • Tipo de sistema de concreto estrutural • Geometria aproximada (por exemplo, profundidade) da estrutura dos elementos	• Objetos de parede genéricos separados por tipo de material (por exemplo, parede de tijolo vs. terracota). • Espessura aproximada da camada representada por uma única montagem. • Layouts e localizações ainda flexíveis.		Modelagem de elemento inclui: • Tipo de sistema de concreto estrutural • Geometria aproximada (por exemplo, profundidade) do elemento estrutural
300	Modelagem do elemento inclui: • Tamanho e localização especifica das estruturas de concreto principais, modeladas por definição como concreto armado • Todas as superfícies inclinadas estão incluídas no modelo com exceção de elementos influenciados pelo fabricante	• Parede específica modelada com dimensões reais. • Vãos são modelados para dimensões nominais para parede principal aberturas como janelas, portas e grandes elementos mecânicos		Modelagem do elemento inclui: • Tamanho e localização especifica das estruturas de concreto principais, modeladas por definição como concreto armado • Todas as superfícies inclinadas estão incluídas no modelo com exceção de elementos influenciados pelo fabricante

Figura 18: Quadro síntese: LOD x Elementos construtivos. Fonte: O autor, 2021.

6. CONCLUSÕES

Devido à exatidão das medidas, ângulos e localizações precisas dos elementos como paredes, colunas, cobertura e esquadrias, a precisão dessas informações foi conferida em decorrência do uso da nuvem de pontos, enquanto algumas informações relacionadas à materialidade foram obtidas por meio de fontes históricas.

Com base nessas condições e nos parâmetros desenvolvidos pelo AIA (American Institute of Architects), verificou-se que o LOD para o piso se encontra em 100, por não haver certeza do que o compõe nas camadas que não são visíveis. Já para a cobertura, paredes e pilares foi possível obter uma modelagem com LOD 300, devido a alta confiabilidade geométrica e a documentação histórica que permite certificar a materialidade dos componentes.

A possibilidade de reunir informações no modelo HBIM pode contribuir de forma ímpar para a preservação patrimonial. É necessária a reflexão metodológica para que haja uma conexão entre o bem salvaguardado e as diretrizes de projeto a fim de que se defina procedimentos claros de modelagem. O conceito de LOD é uma ferramenta que, se aplicada ao processo, poderá torná-lo mais acurado e transparente, melhorando a qualidade de comunicação entre os usuários do modelo e pesquisadores.

7. AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Programa de Iniciação Cientifica da UNB, sob a orientação da Dra. Profa. Vanda Alice Garcia Zanoni. Agradecemos ao GRUPO FLUG pela nuvem de pontos e todo os recursos necessários para este estudo.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. L. Documentação do patrimônio arquitetônico do estado da Bahia com tecnologias digitais. In: COMPUTAÇÃO GRÁFICA: PESQUISAS E PROJETOS RUMO À EDUCAÇÃO PATRIMONIAL, 1 ed., 2008, São Paulo. Seminário. São Paulo, 2008.

AMORIM, A. L. A Documentação do Patrimônio Arquitetônico com Tecnologias Digitais. In: 1º ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 2019, São Paulo. Anais eletrônicos. São Carlos, SP: IAU-USP, 2019. p. 20-21.

BIMFORUM. Level of Development (LOD) Specification Part I and Commentary. For Building Information Models and Data. Dezembro 2020. Disponível em: https://bimforum.org/lod/. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRUSAPORCI, S.; MAIEZZA, P.; TATA, A. A framework for architectural heritage HBIM semantization and development. In: THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING & SPATIAL INFORMATION SCIENCES. v. 42, n. 2, Italy. Anais eletrônicos. Departamento de Engenharia Civil, Construção-Arquitetura e Ambiental, Universidade de L'Aquila, Itália, 2018. p. 179-184.

CHARLSON, F. Quadra modelo de Brasília, 308 Sul é roteiro da Live Tour da Setur-DF. AGÊNCIA BRASÍLIA. Disponível em:https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2020/06/20/quadra-modelo-de-brasilia-308-sul-e-roteiro-da-live-tour-da-setur-df/. Acesso em: 24 jul. 2021.

DORE, C.; MURPHY, M. Current state of the art Historic Building Information Modelling. In: THE INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE PHOTOGRAMMETRY, REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES. v. 42, n. 5, 2017, Ottawa, Canadá. Anais eletrônicos. Ottawa, Canadá, 2017.

GROETELAARS, N. J. Criação de modelos BIM a partir de nuvens de pontos: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

INOJOSA, L. S. P.; BUZAR M. A. R.; BESSA, M. A. S. Análise numérica e histórica do projeto estrutural da" Igrejinha" Nossa Senhora De Fátima em Brasília–DF. In: THE XXXVII IBERIAN LATIN-AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 2016, Brasil. Anais eletrônicos. Brasília, Distrito Federal, Brasil, 2016.

LAFETÁ, G. Série - Athos Bulcão: museu a céu aberto. FUNDATHOS. Disponível em: https://www.fundathos.org.br/noticia/216 . Acesso em: 22 jul. 2021.

MANZIONE, L. Proposição de Uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo Com o Uso do BIM. São Paulo, 2013. 325 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. JOURNAL OF INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION, v. 11, Finland, 2006. Safa Helsinki Universidade de Tecnologia HUT, Departamento de Arquitetura, Helsinki, Finlândia. 2006. p. 395-408.

TANG, P.; HUBER, D.; AKINCI, B.; LIPMAN, R.; LYTLE, A. 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, Estados Unidos, 2010. p. 829-843.

TOLENTINO, M. M. A.; FEITOSA, B. B. L. A utilização das tecnologias digitais na documentação do patrimônio arquitetônico. In: ARQDOC. III SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICA COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS, João Pessoa, 2014, Brasil. Anais de evento. João Pessoa: Editora UFPB, 2014.

TOLENTINO, M. M. A. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. Salvador, 2018. Tese (Doutorado – Faculdade de Arquitetura) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2018.

SCOTTÁ, L. Arquitetura Religiosa de Oscar Niemeyer em Brasília. Brasília, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

REALIDADE AUMENTADA NO ÂMBITO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CIDADE: MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO

Augmented reality in the scope of city information modeling: digital terrain model

Matthäus Sobrinho de Assis

Graduando, Universidade Federal da Bahia, matthaus.assis@ufba.br

Lorena Claudia de Souza Moreira

Doutora, Universidade Federal da Bahia, lorenasm@ufba.br

Resumo

O conceito *City Information Modeling* (CIM) surge como um conjunto de novas tecnologias e ferramentas capazes de oferecer soluções eficientes às novas problemáticas urbanas. A Realidade Aumentada (RA), apresenta-se como uma dessas tecnologias, com possibilidades de análise, de interação e de documentação que podem fornecer soluções associadas ao CIM. Este trabalho surge a partir de um projeto de iniciação científica, e visa aprimorar técnicas no processo de modelagem de um trecho urbano, indicando o melhor recurso disponível, para em seguida compor a visualização em realidade aumentada. O método comparativo foi adotado, a partir da análise de duas bases de dados utilizadas como referência. A criação de um modelo digital de terreno se apresentou como uma das soluções propostas e os resultados confirmam o uso da RA como uma ferramenta de apoio ao CIM, e como forma de visualização e de registro no ambiente urbano.

Palavras-chave: Patrimônio cultural; Realidade aumentada; Modelagem da informação da cidade; Modelo geométrico

Abstract

The City Information Modeling (CIM) concept emerges as new technologies and tools to offer efficient solutions to new urban problems. Augmented Reality (AR) presents itself as one of these technologies, with possibilities of analysis, interaction, and documentation that can provide solutions associated with CIM. This work arises from a scientific initiation project. It aims to improve techniques in the modeling process of an urban stretch, indicating the best available resource, to then compose the visualization in augmented reality. The research adopted the comparative method based on two databases used as reference. Creating a digital terrain model was presented as one of the proposed solutions. Results confirm that AR supports the CIM, as a visualization form and registration in the urban environment.

Keywords: *Cultural heritage; Augmented reality; City Information Modeling; Geometric model*

1. INTRODUÇÃO

A Realidade Aumentada (RA) é considerada uma tecnologia multidisciplinar e tem sido utilizada como uma relevante ferramenta de visualização em diversas áreas. Sua capacidade de oferecer interação direta através da sobreposição, em tempo real, de elementos virtuais no ambiente, usando algum dispositivo (MILGRAM et al., 1994; AZUMA, 1997) é um artifício determinante nos processos de suporte a trabalhos de arquitetos e urbanistas, inclusive de auxílio às questões patrimoniais.

O poder associado a RA, está na sua capacidade de antecipar eventos e otimizar processos que ainda estão em desenvolvimento (MOREIRA, 2013). Desta forma, por meio de dispositivos de visualização, sejam smartphones, projetores multimídia, telas, smart glasses, ou webcam associados às técnicas de rastreamento, a informação sintética se integra ao mundo físico, podendo haver uma relação usuário – ambiente e/ou outros usuários de uma forma mais natural (BIMBER; RASKAR, 2005; TORI; KIRNER; SISCOUTTO, 2006). A multidisciplinaridade da tecnologia, possibilita sua aplicação nas mais diversas áreas de atuação. No contexto da arquitetura e do urbanismo existem aplicações e estudos relacionados ao uso de RA na área de patrimônio histórico, topográfica, manutenção predial, na visualização de projetos e em aplicações no ramo da arquitetura de interiores. Além disso, o uso de RA se estende no entretenimento, na educação, na medicina, na indústria, no turismo e em diversos outros setores, comprovando a sua pluralidade (TORI; HOUNSELL, 2018; CANNELLA, 2019; PANCIROLI; MACAUDA; CORAZZA, 2019).

Por outro lado, os processos de gerenciamento das cidades têm sido um grande desafio em razão das diversas demandas, do ciclo de vida e de sua heterogeneidade. As questões relacionadas à infraestrutura urbana, ao crescimento desordenado das cidades, a escassez de recursos e a complexidade de gerenciamento dessa série de informações, sendo necessário a criação de alternativas e de tecnologias para facilitar o controle desta rede. De certo modo, pessoas, empresas, organizações e transporte também devem ser levados em consideração em assuntos relacionados à gestão das cidades (XUN et al., 2014).

Em razão dessas complexidades e demandas sucessivas, o *City Information Modeling* (CIM) é apresentado como uma alternativa para coordenar e organizar as informações da cidade (XUN et al., 2014). Trata-se de um conjunto de tecnologias, equipamentos, ferramentas e processos, associados a conceitos e recursos humanos de diversas áreas que juntos apoiam a infraestrutura da cidade. As possibilidades de uso da tecnologia em relação às cidades podem ir além da visualização, é possível dispor de ferramentas de informação, localização/navegação, aprendizagem e gestão.

O CIM também pode ser entendido como um aparato tecnológico, envolvendo software, dispositivos e processos, integrado a conceitos, auxiliado por recursos humanos atuando de forma integrada às questões urbanas (AMORIM, 2016). Por outro lado, o CIM pode ser compreendido como uma extensão do conceito de *Building Information Modeling* - BIM aplicado às cidades. O BIM está associado ao edifício e o CIM ao contexto urbano. O CIM é um

importante instrumento voltado para um planejamento baseado em dados e cada sistema deve ser visto com suas especificidades (LIMA, 2016).

Nesse contexto, os centros históricos representam o resultado de transformações das cidades ao longo dos séculos e o conhecimento de um ambiente urbano histórico requer uma metodologia analítica articulada em vários níveis de investigação, interligados a uma complexidade de características geométricas e estilísticas. As ferramentas de simulação, monitoramento, representação e de gestão do patrimônio associadas ao contexto CIM, potencializam a construção de políticas de preservação do patrimônio arquitetônico (LA RUSSA; GALIZIA; SANTAGATI, 2021).

A combinação entre *City Information Modeling* e Realidade Aumentada possibilita criar uma análise intuitiva e contextual ao representar e sobrepor dados que podem ser implementados, inclusive, em um contexto urbano e de caráter histórico. Este trabalho, insere-se no projeto de pesquisa de iniciação científica intitulado “Visualização urbana em Realidade Aumentada no âmbito da Modelagem da Informação da Cidade” do Programa Permanecer, da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Assim, foi adotada uma área do centro histórico de Salvador como estudo de caso, visando a melhoria na produção de um modelo geométrico digital para visualização em RA, com possibilidade de uso dessa tecnologia nos processos de análise voltada para as questões urbanas. A produção atual se debruçou no processo e experimentação das ferramentas para criação de um modelo digital de terreno, a partir da comparação de duas bases de dados, bem como as limitações e as soluções adotadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado seguindo os conceitos do método de pesquisa Design Science Research (DSR), que visa produzir artefatos com o intuito de resolver problemas práticos e contribuir para a produção de conhecimento. O processo consiste na compreensão de uma problemática e no desenvolvimento de uma alternativa de artefato como solução (MANSON, 2006; LACERDA et al., 2015). A realização de uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre a visualização urbana de centros históricos por meio de RA, identificando as aplicações existentes das tecnologias em RA associadas ao contexto urbano e patrimônio, juntamente com dispositivos e software utilizados, assim como a aquisição do modelo geométrico urbano e caracterização da área de estudo (NASCIMENTO; MOREIRA, 2021) integraram a primeira etapa da pesquisa, Figura 1.

Após a primeira etapa, a pesquisa avança até o desenvolvimento de proposta/simulação visando integrar a Realidade Aumentada ao contexto urbano. Os processos avançam até a fase de desenvolvimento, na criação do artefato por meio da comparação entre as bases cartográficas disponíveis, passando para a fase da modelagem digital do tereno e análise de todo o processo. Por fim a pesquisa atinge a fase de resultados com a visualização do modelo geométrico com o MDT, verificação e análise dos resultados alcançados.

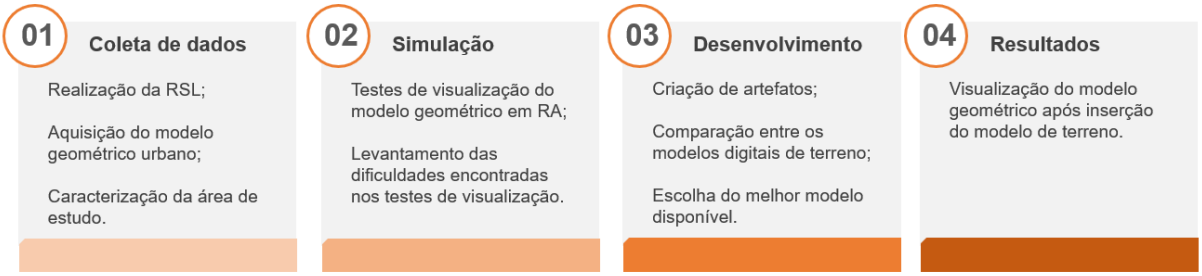


Figura 1: Processo de desenvolvimento. Fonte: Elaborado pelos autores.

O artefato corresponde ao modelo digital de terreno criado inserido no modelo geométrico urbano, caracterizando melhor o recorte físico do local em estudo. Uma das superfícies foi obtida através de ferramentas do Google Maps e a outra através da Base SICAR (cartografia digital de Salvador), ambas garantiram informações necessárias para a criação do modelo digital do terreno.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste estudo, os ensaios são direcionados a um pequeno recorte do bairro do Pelourinho, região do Centro Histórico da cidade de Salvador. Segundo o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), no ano de 1985 o bairro é declarado Patrimônio Cultural da Humanidade, pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) por se tratar de um dos mais importantes exemplares do urbanismo ultramarino português (IPHAN, 2021a). Sua topografia singular, com seus becos e ladeiras, acolhe um importante conjunto urbano do Brasil. O próprio recorte em análise (Figura 02), espaço correspondente a um conjunto de três quadras do bairro, está praticamente no centro deste modelo português de cidade.

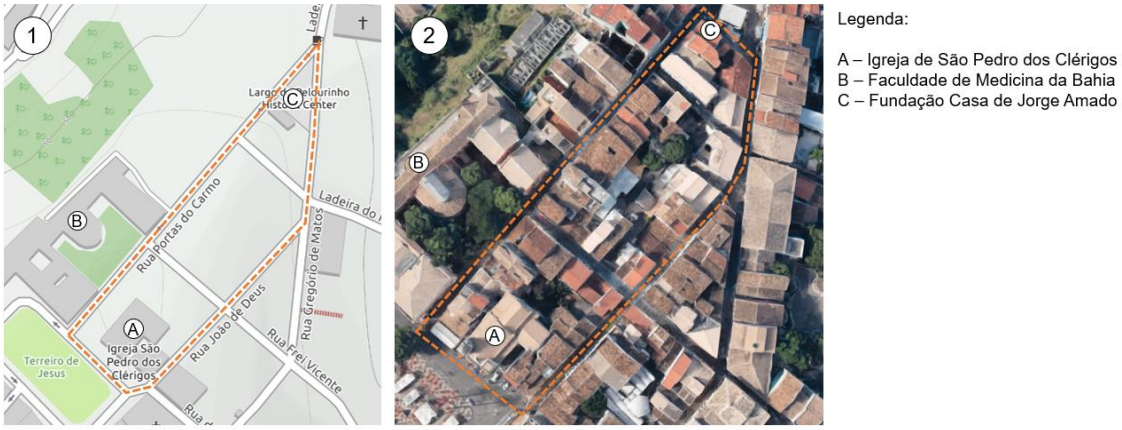


Figura 2: Localização e área de estudo.
Fontes: Mapa 1 - adaptado do OpenSTreetMap, 2020. Mapa 2 - adaptado do Google Maps, 2020.

O bairro é caracterizado por importantes atrativos culturais, levando em consideração a grande quantidade de igrejas históricas, museus, teatros, restaurantes, espaços culturais e de eventos. De modo geral, o bairro foi um dos primeiros da cidade de Salvador. Apresenta características únicas decorrentes dos traçados de suas ruas, ladeiras e becos e de um rico conjunto de edifícios de origem portuguesa (IPHAN, 2021a).

Na arquitetura, o bairro se configura de um lado por seus grandes edifícios institucionais (1, Figura 03) e pelas numerosas igrejas ricas em detalhes construtivos (2, Figura 03), e do outro lado pelos edifícios civis, compostos basicamente pelo padrão das casas térreas mais simples (3, Figura 03), pelos sobrados (4, Figura 03) compostos por dois, três ou quatro pavimentos e pelos solares (5, Figura 03), estes últimos tratava-se das residências pertencentes às famílias de portugueses e brasileiros mais abastados, por latifundiários e donos de fazendas, por senhores de engenho e criadores de gado (ARAGÃO, 2017).



Figura 3: Edificações características do Pelourinho. Fonte: Adaptado do Google Street View, 2020.

De modo especial, pertence a poligonal da presente pesquisa, a Igreja de São Pedro dos Clérigos (1, Figura 04) situada no Largo do Terreiro de Jesus e o Sobrado Nº 5 da Rua J. Castro Rabelo (2, Figura 04), ambos são edifícios tombados pelo IPHAN por suas características ímpares (IPHAN, 2021b). O imóvel sede da Fundação Casa de Jorge Amado (3, Figura 04), junto aos prédios tombados, compõem a lista dos principais edifícios de relevância histórica e cultural.



Figura 4: Edificações tombadas e de relevância cultural situadas na poligonal em estudo.
Fonte: Adaptado do Google Street View, 2020.

2.2 DESENVOLVIMENTO

A etapa de desenvolvimento corresponde a criação do artefato, que envolve a produção do modelo digital de terreno para compor o modelo geométrico urbano adquirido na fase de coleta de dados. O modelo geométrico urbano descrito, foi cedido pelo Laboratório de estudos avançados em Cidade, Arquitetura e Tecnologias Digitais - LCAD, da Faculdade de Arquitetura da UFBA.

Em razão da ausência de modelagem do terreno, os modelos geométricos adquiridos na etapa 1, estavam desconectados do mapa, utilizado como marcador, e não se alinhavam ao perímetro das edificações devido à diferença de nível característica do local (Figura 05). Assim, surgiu a possibilidade de criação de um modelo digital de terreno como uma das alternativas para otimizar o modelo geométrico urbano e facilitar a compreensão do espectador.



Figura 5: Modelo geométrico em RA sobre o mapa (à esq.), destaque para a diferença de nível e alinhamento (à dir.). Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a criação do modelo digital do terreno, o desenvolvimento deste estudo adotou uma metodologia comparativa entre duas bases de informações topográficas, a do Google Maps e a Base do Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) da cidade de Salvador. Cada base forneceu diferentes indicadores do local para a criação de um modelo digital de terreno, assim, aquela que apresentou uma menor incompatibilidade na associação com o modelo geométrico urbano, foi adotada para a produção do MDT e posterior visualização em RA.

Nesta mesma etapa de experimentos foi aplicada a ferramenta de visualização em RA Augment (da Augment), além do SketchUp (da Trimble), versão 2019 e do Revit (da Autodesk), versão 2019, como instrumentos de modelagem na criação da superfície topográfica, e como já citado, o modelo digital de terreno edificado do Pelourinho. Neste estágio de produção e assim como previsto no plano de desenvolvimento do projeto, foi necessário compreender as funcionalidades, limitações e o processo exigido por cada ferramenta para a execução dos ensaios.

Através dos dados topográficos do Google Maps foi extraído um modelo digital de terreno, correspondente a mesma poligonal em estudo. O método consistiu na utilização de um dispositivo disponível na ferramenta de modelagem geométrica do SketchUp. Neste caso o recurso é chamado "Localização", onde ele é vinculado a uma base de informações da plataforma Google Maps. Assim, foi realizada a seleção da área correspondente ao Pelourinho e através de imagens de satélite e dados da plataforma, a ferramenta gerou automaticamente um volume geométrico correspondente ao terreno (Figura 06). Porém, após a junção do terreno com modelo geométrico urbano, ficou visível uma série de incompatibilidades (Figura 07).

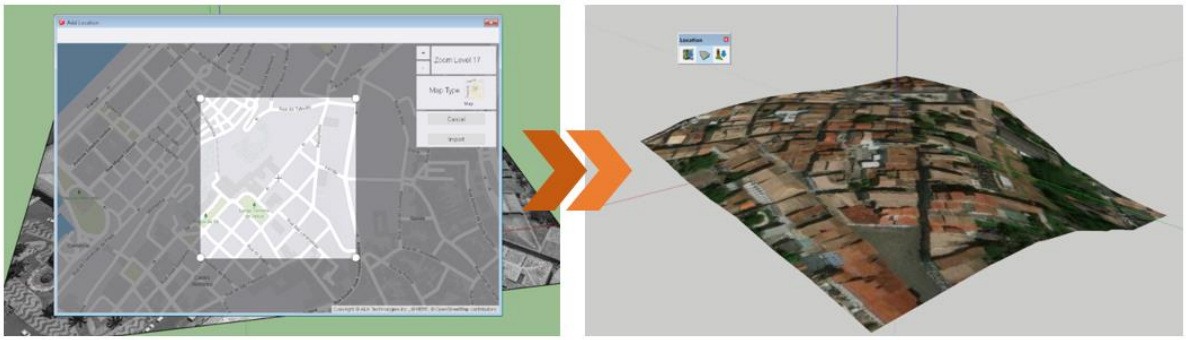


Figura 6: Seleção da área de estudo e criação do modelo pelo Google Maps. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 7: Incompatibilidade entre terreno do Google Maps e modelo geométrico.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Diferentemente do outro método, a base cartográfica digital de Salvador contém uma série de informações urbanas, inclusive topográficas dispostas em formato digital. A superfície foi gerada através das informações presentes na SICAR e utilizando também o SketchUp como ferramenta de modelagem (Figura 08). O terreno obtido neste processo e associado ao modelo geométrico urbano adquirido, apresentou mais semelhanças em relação à implantação dos edifícios se comparado aos dados obtidos por meio do Gooogle Maps (Figura 09).

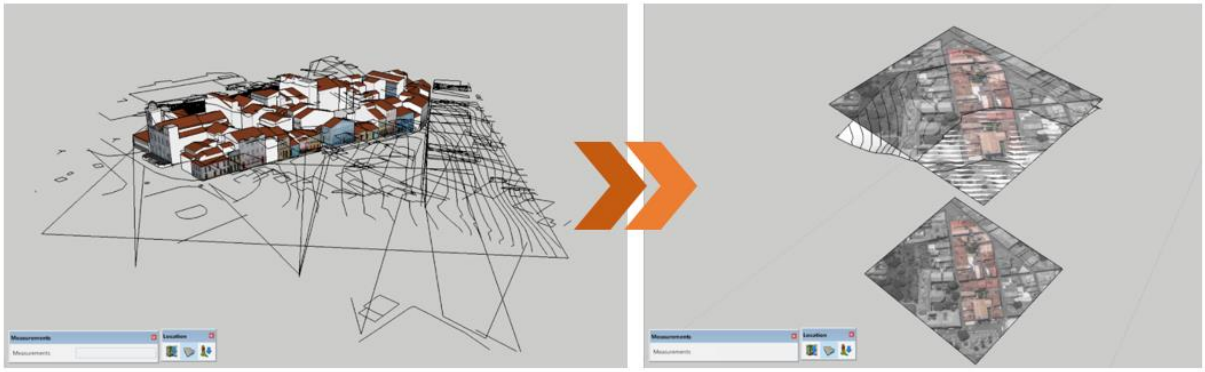


Figura 8: Inserção dos dados da SICAR no SketchUp e criação de modelo de terreno.
Fonte: Elaborado pelos autores.

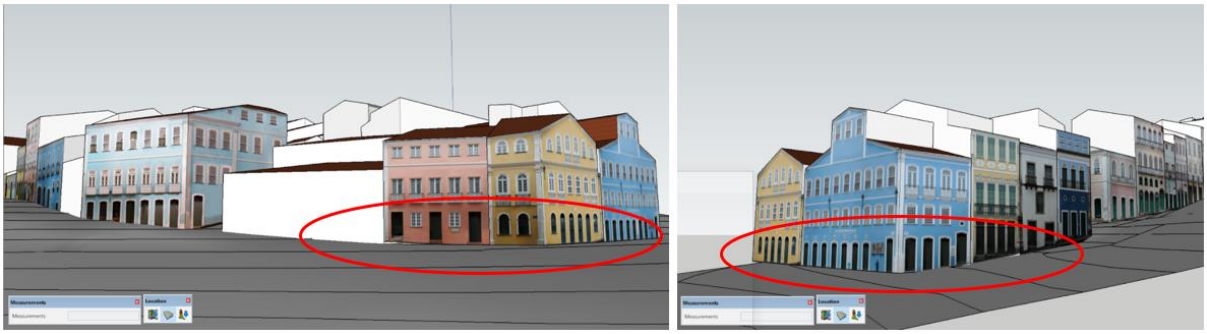


Figura 9: Compatibilização entre o terreno da Base SICAR e modelo geométrico.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao fim dos ensaios, tanto o modelo digital de terreno gerado através das informações do Google Maps, quanto o terreno criado a partir da Base SICAR de Salvador, apresentaram algumas inconsistências ao sobrepor o modelo geométrico urbano sobre as superfícies. No entanto, ao comparar as duas bases, a SICAR foi a que melhor se aproximou das características de implantação das edificações por isso, foi a base adotada no estudo como referência.



Figura 10: Modelo geométrico finalizado. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para otimizar o modelo digital de terreno e representar mais detalhes em relação ao entorno físico urbano, foi realizada a modelagem geométrica e a marcação das ruas e calçadas usando a ferramenta Revit, de modo a oferecer mais informações ao modelo e auxiliar na compreensão. Além disso, como um dos objetivos do estudo foi executar a visualização do modelo geométrico urbano com o MDT em Realidade Aumentada, após a inserção do terreno, o experimento foi realizado utilizando um smartphone (modelo Apple iPhone X com sistema operacional iOS 13) e a ferramenta Augment.

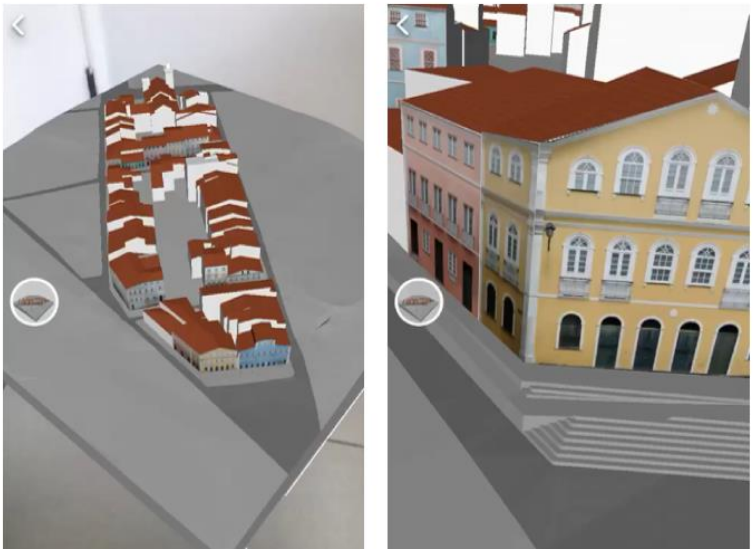


Figura 11: Visualização do modelo em RA. Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, os resultados demonstraram entre dois processos de modelagem o mais apropriado e fidedigno na elaboração de um MDT. O modelo urbano finalizado e visualizado em RA permitiram um melhor entendimento sobre o contexto urbano. A experiência transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, permitindo uma sensação mais natural e intuitiva. O usuário consegue visualizar com bastante nitidez as fachadas dos edifícios, além da possibilidade de percorrer pelas ruas do modelo, como se realmente estivesse andando pelo local.

Ainda que os resultados obtidos tenham sido animadores e que o modelo desenvolvido seja uma forma de documentação do patrimônio, para atrair e orientar outros estudiosos e turistas, a atualização das informações técnicas das bases de informação topográficas auxiliará na obtenção de resultados mais consistentes. Assim, a tendência é que novas possibilidades de aperfeiçoamento destes ensaios sejam realizadas usando a tecnologia da Realidade Aumentada como meio de visualização, de análise e de registro documental.

4. CONCLUSÃO

O uso da Realidade Aumentada associada ao *City Information Modeling* vai além das possibilidades de visualização, de obtenção de informações, das ferramentas de localização/navegação e dos processos de aprendizagem e de gestão.

O objetivo da pesquisa foi alcançado com a criação do MDT e o aperfeiçoamento de um modelo geométrico digital de um trecho urbano, para visualização em RA. O processo seguiu um método comparativo em razão da existência de duas bases de dados disponíveis sendo adotada a base que apresentou as características de implantação semelhantes à dos edifícios do modelo digital urbano, correspondente a Base SICAR de Salvador. Este procedimento pode ser replicável a outros estudos, uma vez que se trata de um processo simples e de baixo custo.

Dessa forma, o objeto de estudo, associado ao contexto CIM, tornou-se uma possibilidade de armazenamento e de obtenção de informações, além de facilitar análises, monitoramento, propostas de gestão e de preservação do patrimônio edificado. Para estudos futuros relacionados a pesquisa em andamento vislumbra-se experimentações com um modelo híbrido (físico e digital).

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. L. Cidades Inteligentes e City Information Modeling. In: CONGRESS OF THE IBEROAMERICANSOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 20, 2016, Buenos Aires. Proceedings… São Paulo: Blucher, 2016.

ARAGÃO, Solange de. Significados da casa brasileira. In: ARAGÃO, Solange de. Ensaio sobre a casa brasileira do século XIX. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2017. p. 247-257. Nov. Ebook. Disponível em: https://www.blucher.com.br/livro/detalhes/ensaio-sobre-a-ca nov. sabrasileira-do-seculo-xix-1244/arquitetura-149. Acesso em: 23 set. 2021.

AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Columbus, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.

BIMBER, O.; RASKAR, R. Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds. Wellesley: A K Peters, Ltd., 2005.

CANNELLA, Mirco. The Augmented Reality as an Instrument for the Representation/Visualization of Architecture. Advances In Intelligent Systems and Computing, [S.L.], p. 336-344, 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9_36.

DRESCH, A; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

IPHAN. Conjuntos Urbanos Tombados: Salvador (BA). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br>. Acesso em: abril de 2021a.

IPHAN. Controle de Bens Tombados - IPHAN. Disponível em: < http://portal.iphan.gov.br/ans.net/tema_consulta.asp?Linha=tc_hist.gif&Cod=1153>. Acesso em: abril de 2021b.

LARUSSA, F. M.; GALIZIA, M.; SANTAGATI, C. Remote Sensing and City Information Modeling for Revealing the Complexity of Historical Centers. The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, [S.L.], p. 367-374, 28 ago. 2021. Copernicus Publications. http://dx.doi.org/10.5194/isprs-archives-xlvi-m-1-2021-367-2021.

LIMA, M. Q. C. Limites e possibilidades do City Information Modeling (CIM) em planejamento urbano. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, 4., 2016, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: 2016. p. 1 - 16.

LACERDA, DANIEL PACHECO; DRESCH, ALINE; PROENÇA, ADRIANO; ANTUNES JÚNIOR, JOSÉ ANTONIO VALLE. Design Science Research: Método de pesquisa para a engenharia de produção. Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

MANSON, N. J. Is operations research really research? Orion, v. 22, n. 2, p. 155-180, 2006. http://dx.doi. org/10.5784/22-2-40.

MILGRAM, P. et. al. Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE, v. 2351, 1994.

MOREIRA, L. C. S. Expressão Gráfica através da Realidade Aumentada e BIM: uma experiência de visualização. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 21.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., 2013, Florianópolis. Anais... Florianópolis: 2013.

NASCIMENTO, B. C.; MOREIRA, L. C. de S. Augmented Reality and Historical Sites: a Systematic Literature Review. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA SOCIEDADE IBERO-AMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 25., 2021. Conferência Ubíqua. Anais... Conferência Ubíqua: 2021.

PANCIROLI, C.; MACAUDA, A.; CORAZZA, L. Digital Cultural Heritage: from educational experience to the artefact in augmented reality. Advances In Intelligent Systems and Computing, [S.L.], p. 345-354, 2019. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9_37.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). Introdução a Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. (org.). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Porto Alegre: SBC, 2006.

XUN, X. et al. From building information modeling to city information modeling, Journal of Information Technology in Construction (ITcon), v. 19, p. 292-307, 2014. Disponível em: <http://www.itcon.org/2014/17>. Acesso em: jan. 2019.

DOS PROCEDIMENTOS TRADICIONAIS ÀS TECNOLOGIAS DIGITAIS: UM PANORAMA SOBRE OS MAPAS DE DANOS

From traditional procedures to digital technologies: an overview of damage maps

Monice Cristina da Silva

Mestranda, Universidade de Brasília, monice.silva@aluno.unb.br

Pedro Henrique Gonçalves

Prof. Doutor, Universidade Federal de Goiás, pedrogoncalves@ufg.br

Vanda Alice Garcia Zanoni

Profa. Doutora, Universidade de Brasília, vandazanoni@unb.br

Resumo

Este estudo é um panorama sobre a elaboração de mapa de danos em patrimônio arquitetônico, tanto nas abordagens tradicionais quanto nas novas metodologias digitais, paramétricas e de automação. Com vistas a discutir as possibilidades e limitações das técnicas de representação gráfica e informacional de mapas de danos, foi realizado um experimento com o software Edificius v.BIM 3(e) (ACCA, 2021) que fornece recursos em HBIM para a modelagem de mapa de danos a partir de imagens digitais de alta resolução. Constatou-se a transposição do estado da arte no momento que os mapas de danos criados a partir da abordagem HBIM são capazes de oferecer dados significativos para o desenvolvimento de um modelo rico de informações do edifício. Esse salto sai da representação estática para a modelagem dinâmica – posto que parametrizada, alimenta um novo campo referencial para a normatização da representação de mapas de danos, como ferramenta para documentar o as built e o estado de conservação.

Palavras-chave: Patrimônio arquitetônico; Documentação; Mapa de danos; Estado de conservação; Tecnologia digital

Abstract

This study is an overview of the elaboration of damage maps in architectural heritage, both in traditional approaches and in new digital, parametric and automation methodologies. In this perspective, with a view to discussing the possibilities and limitations of graphical and informational representation techniques for damage maps, an experiment was carried out with the computer program Edificius v.BIM 3(e) (ACCA, 2021) which provides resources in HBIM for damage map modeling from high-resolution digital images. It was verified the transposition of the state of the art when the

damage maps created from the HBIM approach are able to offer significant data for the development of a rich model of building information. This leap goes from static representation to dynamic modeling – since parameterized, it feeds a new referential field for standardizing the representation of damage maps, as a tool to document the as built and the state of conservation.

Keywords: *Architectural heritage; Documentation; Damage map; Conservation; Digital technology*

1. INTRODUÇÃO

A documentação do envelhecimento natural das edificações é uma importante ferramenta de monitoramento para a gestão da conservação de bens de valor cultural e, em tempos de tecnologia digital, torna-se um processo que ainda requer muita pesquisa para a sua sistematização. Nesse contexto, diferentes formas de representação são propostas para os mapas de danos como documento de registro do nível de comprometimento dos elementos construtivos e da funcionalidade das construções.

Segundo Tinoco (2009), os estudos sobre o estado de conservação de um edifício envolvem diferentes processos de investigação, mapeamento e diagnóstico que são fundamentais para as ações de manutenção de um bem. O mapa de danos é a ferramenta utilizada para registrar alguns dos resultados encontrados durante essas fases de investigação, levantamento e produção de dados, identificando as degradações construtivas das edificações.

Para Tirelo e Correa (2012), o mapa de danos consiste no registro criterioso das manifestações patológicas e alterações dos materiais e dos sistemas construtivos, por meio de símbolos gráficos com os quais se representam as diversas categorias e níveis de degradação identificados. Ainda, Carvalho (2018) enfatiza que a falta de sistematização dos procedimentos para representação gráfica no mapa de danos pode contribuir para a insuficiência de informações ou o comprometimento de registro gráfico, tanto nos processos de inventário quanto durante as fases de manutenção ou reabilitação da edificação.

As inovações implementadas pelas tecnologias digitais e as abordagens em HBIM (Heritage Building Information Modelling) têm promovido uma mudança nas técnicas de aquisição de dados manuais para a utilização de meios digitais, inclusive nas formas de registro documental de mapas de danos e seu arquivamento como base de dados informacional. No entanto, a modelagem em 3D dos mapas de danos como documentos gráfico-fotográficos, assim como os procedimentos relativos à inserção e atualização da informação geométrica e não geométrica, ainda é um campo aberto para a pesquisa, sendo recentes as iniciativas dos desenvolvedores de softwares que fornecem as funcionalidades e os recursos necessários para a inserção das informações relativas ao estado de conservação de um edifício.

Este artigo apresenta uma panorâmica das principais tipologias de representação de mapas de danos utilizadas ao longo do tempo. Com o objetivo de explorar as possibilidades do uso da metodologia BIM na construção de mapas de danos, por meio de um estudo exploratório, foi realizado um experimento com o programa computacional Edificius v.BIM 3 (ACCA, 2021).

O software fornece recursos em HBIM para a modelagem de mapa de danos, a partir de imagens digitais de alta resolução. Dessa forma, a visualização do estado da arte das técnicas para elaboração de mapa de danos, como ferramenta de documentação, contribui para as ações da gestão da conservação.

2. MAPA DE DANOS: TIPOLOGIAS TRADICIONAIS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

Na fase de Diagnóstico, o mapa de danos é um recurso essencial para a determinação do estado de conservação e para a definição das diretrizes básicas da intervenção, correspondendo a um momento de captura e tratamento de um grande volume de informações sobre o imóvel. Assim, dado a importância desta fase, tais informações devem ser gerenciadas de forma eficiente e confiável (LIMA et al., 2017).

Tinoco (2009), Tirello e Correa (2012) alertam para a diferença entre os termos mapeamento de danos e mapa de danos. Os autores esclarecem que o mapeamento de danos se refere aos processos de investigação, levantamento e produção de dados para a elaboração do diagnóstico, a partir do qual é gerado o mapa de dados - que corresponde a um documento gráfico e/ou fotográfico que registra a realidade de uma edificação em uma determinada data ou tempo. A partir do levantamento, são sintetizados os resultados das investigações sobre as alterações estruturais e funcionais na materialidade, que sintetizam as informações relacionadas às características dos materiais, componentes e técnicas construtivas, agentes, causas e mecanismos da degradação.

Para um mapa de danos ser elaborado é necessário a produção de uma base de dados. Com isso, as Fichas de Identificação de Danos (FID) são usadas para as anotações de dados gráficos e fotográficos sobre os danos existentes em uma edificação. Dessa forma, as FID tornam-se documentos essenciais, no entanto, diversos outros tipos de representação para a produção de mapas de danos podem ser encontrados ao longo dos anos. Carvalho (2019) faz uma análise sobre alguns métodos de representação que vão além dessas fichas, dividindo os registros de manifestações patológicas das edificações por meio de quatro tipologias principais (Quadro 1).

TIPOLOGIA		REGISTRO DOS MAPAS DE DANOS	REPRESENTAÇÃO
01	Estado de Conservação	Desenho gráfico de fachadas de edificações (símbolos, linhas e manchas com texturas)	Imagens
02		Registros fotográficos gerais e pontuais de fachadas e seus elementos	Fotografias
03		Textos descritivos em fichas técnicas de inspeção predial	Recursos textuais
04		Registro por meio de duas ou mais tipologias de representação	Associação de desenhos gráficos, registro fotográfico e textos técnicos (2D ou 3D)

Quadro 1: Levantamento das formas de representação de patologias. Fonte: Adaptado de Carvalho (2019)

Tradicionalmente, a observação visual direta é um método utilizado para o levantamento de dados na inspeção predial, a partir da análise sensorial realizada por um profissional especialista para detectar a presença de irregularidades ou anomalias. Os dispositivos e ferramentas para auxiliar o processo de mapeamento são usualmente de manejo manual, tais como trenas, níveis e fissurômetros, eletrônicos ou não. Associado ao levantamento físico por observação direta, acontece o levantamento fotográfico – identificado como outra técnica de mapeamento. Durante o processo de observação, são feitas as anotações em desenhos a mão livre (manuais) para posterior processamento da representação técnica. O registro fotográfico é fundamental para dirimir dúvidas, embora não contribua com a precisão da escala de representação.

Para ilustrar a tipologia com uso das informações adquiridas pelo levantamento fotográfico, a equipe da Fundação da Biblioteca Nacional construiu a documentação com os dados do atual estado de conservação da fachada do seu edifício sede no Rio de Janeiro (Figura 1). Nesse tipo de representação, além da utilização de recursos fotográficos para identificar as anomalias da fachada, também foram utilizados recursos de textos numéricos em detalhes destacados nas imagens para localização de cada manifestação patológica identificada.



Figura 1: Documento construído a partir da observação direta e do levantamento fotográfico. Fonte: https://www.bn.gov.br/acontece/noticias/2015/01/fbn-finaliza-etapa-mapeamento-danos-fachada, 2018.

A criação de mapas de danos feita através da representação por desenhos técnicos digitais se configura como uma das tipologias mais utilizadas por profissionais da área. Para exemplificar, citamos Tirello e Correa (2012) que utilizaram essa representação para estudar um sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado a edificação Lidgerwood Company, em São Paulo (Figura 2).

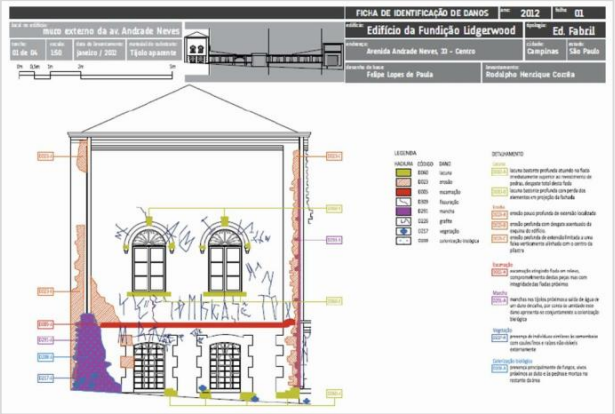


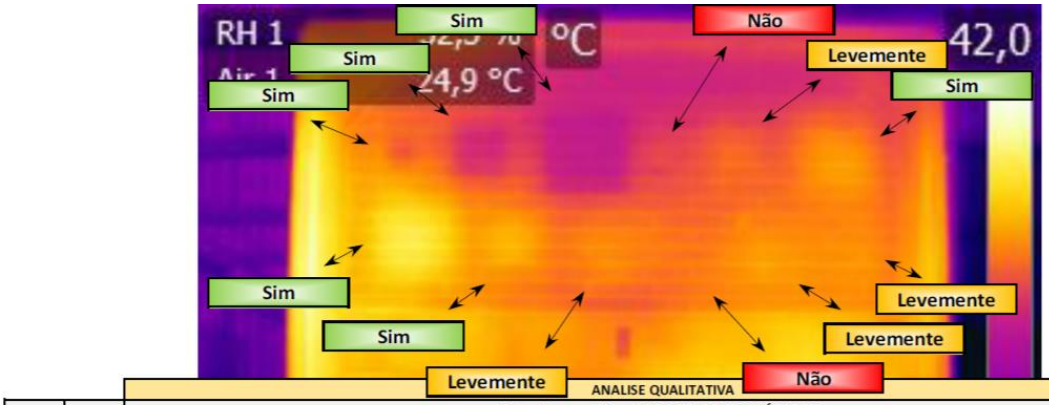
Figura 2: Exemplo de Ficha de Identificação de Danos Fonte: Tirello e Correa (2012)

Como resultado documental, a representação a partir de desenhos livres (manuais) embasa os desenhos técnicos digitais gerados fundamentalmente para os aspectos geométricos sem, no entanto, estar devidamente associada a outras variáveis, tais como custos, graus de severidade, quantitativos, parâmetros que produzam algum nível de enriquecimento semântico ou informação não-geométrica. A representação técnica produzida em software de desenho assistidos por computador 2D, oferece uma forma de representação e documentação digital que vem sendo superada pelas abordagens parametrizadas em plataformas BIM.

3. MAPA DE DANOS: TECNOLOGIAS DIGITAIS PARA O LEVANTAMENTO E MODELAGEM DA INFORMAÇÃO

Para o mapeamento do estado de conservação, desde os desenhos 2D em CAD evoluindo para a modelagem 3D no HBIM, o mapa de danos pode tornar-se um documento dinâmico como modelo enriquecido de informações semânticas, atualizadas e complementadas ao longo do tempo. Nesse contexto de inovação, recursos tecnológicos desenvolvidos nos últimos anos estão sendo aplicados na tentativa de gerar mapa de danos com resultados mais completos, confiáveis e precisos, advindos do uso da termografia, da fotogrametria digital e do escâner a laser, além dos algoritmos aplicados em Machine Learning e Visão Computacional.

A termografia é uma técnica não destrutiva que permite a identificação e o mapeamento das regiões de danos pela medição da radiação infravermelha emitida pela superfície dos elementos do sistema construtivo (BAUER; PAVÓN, 2015). O comportamento térmico da superfície pode evidenciar a presença de anomalias, sinalizar possíveis danos ou intervenções realizadas pela diferença perceptível nas alterações de materiais. No campo de identificação de patologias da construção, a Figura 3 exemplifica como um termograma possibilita não apenas a detecção de problemas, mas também a identificação de sua magnitude.



ANALISE QUALITATIVA

Placa Branca Lisa - MAPEAMENTO TÉRMICO

Intervalo de temperatura superficial		Ditância (m)	1 cm de profundidade			4 cm de profundidade			6 cm de profundidade			8 cm de profundidade		
			30x30 cm	20x20 cm	10x10 cm	30x30 cm	20x20 cm	10x10 cm	30x30 cm	20x20 cm	10x10 cm	30x30 cm	20x20 cm	10x10 cm
		3 metros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Levemente	Sim	Levemente	Não	Não	Sim	Sim
		5 metros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Levemente	Sim	Levemente	Não	Não	Sim	Sim
		7 metros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Levemente	Sim	Levemente	Não	Não	Sim	Sim
		10 metros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Levemente	Sim	Levemente	Não	Não	Levemente	Levemente

Figura 3: Termograma para avaliação qualitativa das falhas. Fonte: Andrade (2020).

A fotogrametria digital de alta resolução e o escaneamento a laser são técnicas que possibilitam extrair imagens tridimensionais dos objetos, além de permitir o registro de informações importantes que não se pode obter pelos métodos tradicionais, tais como cores, texturas, variações geométricas em 3D (DEZEN-KEMPTER, 2015). Entre as técnicas aplicadas para a obtenção de nuvens de pontos por processamento digital de imagens fotográficas, destacam-se: Dense Stereo Matching (DSM), Structure from Motion (SfM), Dense Surface Modeling e Photo-based scanning. São técnicas que envolvem os conhecimentos advindos da Fotogrametria Digital, que está relacionada ao rigor geométrico e à precisão dos resultados, e a Visão Computacional, cujo foco principal está na busca de ferramentas cada vez mais automatizadas, visando o reconhecimento de padrões e a aceleração dos processos de geração de modelos geométricos a partir de imagens (GROETELAARS; AMORIM, 2012).

A utilização da técnica de escaneamento a laser permite realizar a varredura das superfícies visíveis pelo olho humano, independente das condições de luminosidade do local. Balzani, Maietti e Kühl (2017) relatam o trabalho realizado no âmbito do projeto de Preservação Digital do prédio da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), cujo levantamento 3D integrado foi realizado pelo Centro DIAPReM do Departamento de Arquitetura da Universidade de Ferrara em cooperação com a FAUUSP (Figura 4). A pesquisa visou a análise de especificações de superfícies e propriedades de materiais por meio de levantamento 3D com escâner a laser para a geração de um modelo de nuvem de pontos das superfícies externas, como base para investigar em detalhes as características formais, texturas geométricas e feições da superfície, além de explorar o processamento dos valores de intensidade adquiridos por instrumento de varredura a laser para as investigações macroscópicas das características materiais da superfície.

A capacidade dos sistemas inteligentes de aprender e melhorar por meio de experiências adquiridas é conhecida como Machine Learning. O algoritmo criado toma uma decisão com base no histórico dos dados. No caso dos algoritmos de Visão Computacional, as imagens são

os dados de entrada, de onde são extraídos os atributos e características. A aplicação da Deep Learning envolve o uso das redes neurais, principalmente aquelas baseadas em Visão Computacional que vem se destacando como um método para detecção, reconhecimento e classificação de danos, visando a automação de mapas de danos e diagnósticos.

Melo Júnior et al. (2018) e Bedim (2019) exploraram as possibilidades de mapear e quantificar percentualmente as manifestações patológicas do tipo manchas em fachadas. Com o auxílio de nuvens de pontos em ortoimagens, os estudos citados baseiam-se em algoritmos de segmentação e classificação de pixels. A segmentação gera um processo de binarização que consiste em separar uma imagem em regiões de interesse e não interesse, por meio de intervalo de valores dentro da escala de cinza. O algoritmo é capaz de gerar histogramas, representando quais as cores dos pixels presentes na região delimitada, escolher os pontos de corte (limiar) e processar a classificação, tingindo as regiões de interesse para identificação das manchas. As Figuras 5 e 6 mostram os resultados dos experimentos realizados pelos autores citados.

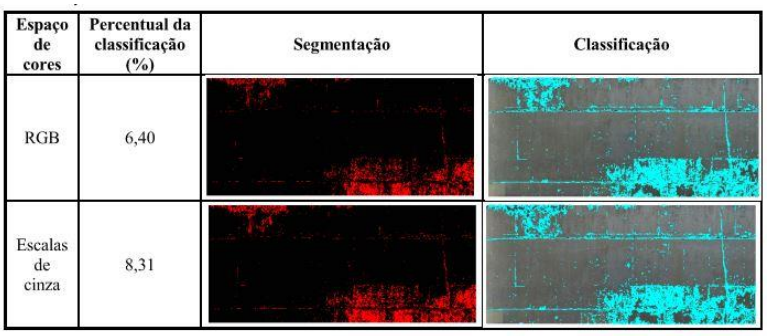


Figura 5: Resultado da segmentação da imagem obtida por fotogrametria digital. Fonte: Melo Júnior et al. (2018).

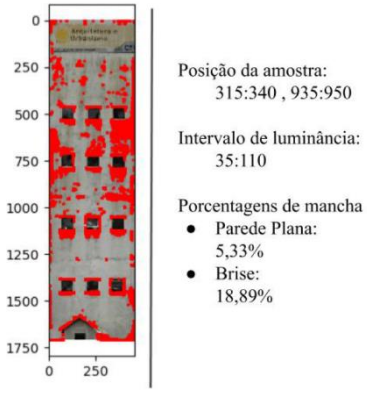


Figura 6: Resultado da segmentação da imagem obtida por equipamento Laser Scanner. Fonte: Bedim (2019).

Brumana et al. (2017) utilizam a abordagem HBIM para o gerenciamento de banco de dados oriundo do mapeamento de danos na Basilica di Collemaggio (Figura 7). Cada área mapeada é representada por um objeto paramétrico interoperável, que pode ser associado a diferentes propriedades e informações dentro do BIM.

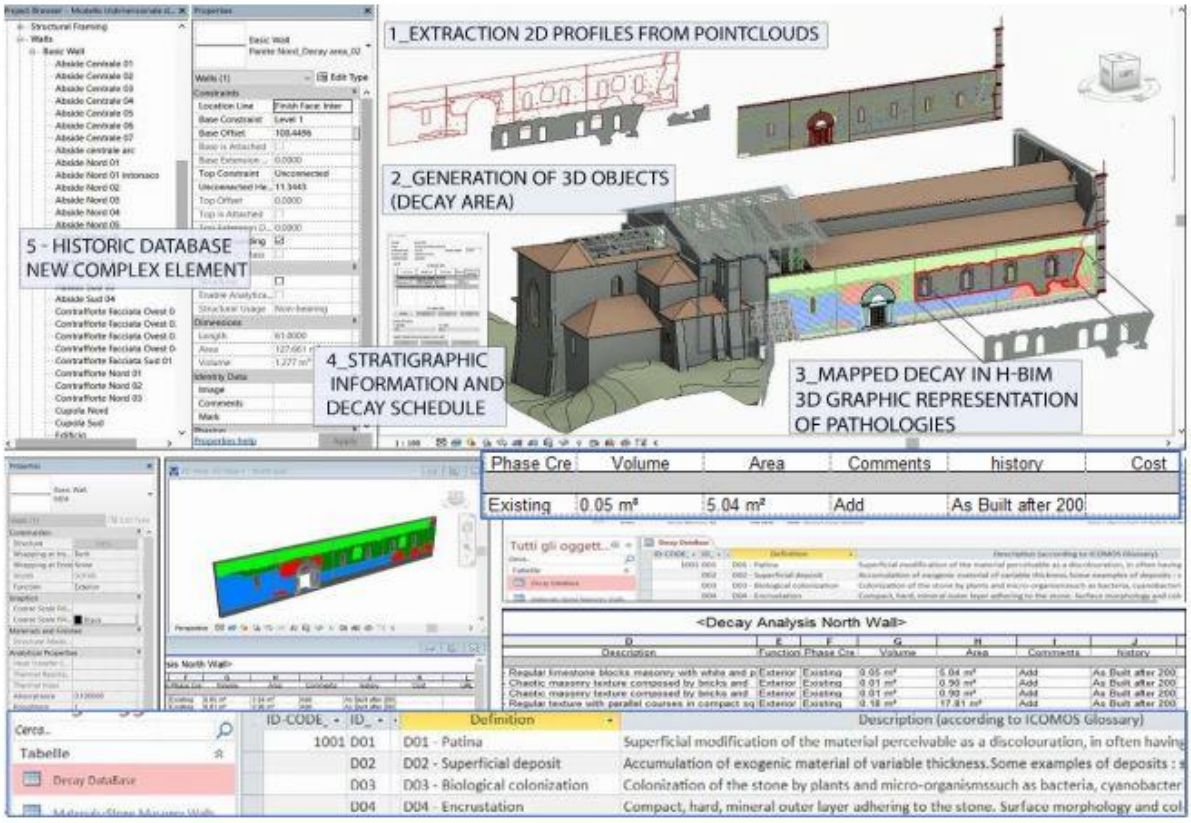


Figura 7: Mapa de Danos modelado na metodologia HBIM. Fonte: Brumana (2017).

Como síntese do panorama apresentado, os Quadros 2 e 3 reúnem um conjunto de indicadores que sinalizam as potencialidades e limitações relacionado aos procedimentos tradicionais digitais para mapeamento do estado de conservação e as built.

INDICADORES		Observação visual direta	Levantamento Fotográfico	Desenhos manuais	Desenhos digitais
Potencialidades	Simplicidade	x	x	x	
	Registro documental	x	x	x	x
	Limitações ambientais	x	x	x	x
	Edifícios em grande escala		x		x
	Técnica não destrutiva	x	x	x	x
Limitações	Custo elevado				
	Profissional experiente	x		x	x
	Necessita software específico				x
	Precisão de dados				

Quadro 2: Potencialidades/Limitações das técnicas de mapeamento tradicionais. Fonte: Os autores, 2021.

INDICADORES		Termografia	Fotogrametria	Scanner a laser	Machine Learning
Potencialidades	Simplicidade				
	Registro documental	x	x	x	x
	Ensaios noturnos	x	x	x	x
	Edifícios em grande escala		x		x
	Limitações ambientais	x	x	x	x
	Precisão de dados	x	x	x	x
Limitações	Custo elevado	x		x	
	Profissional experiente	x	x	x	x
	Necessita software específico	x	x	x	

Quadro 3: Potencialidades/Limitações das técnicas de mapeamento digitais.
Fonte: Baseado em Bedin (2019).

Quando comparados os Quadros 2 e 3, é possível perceber que o indicador precisão de dados é mais relevante nas tecnologias digitais, destacando-se pelas potencialidades a serem exploradas em contraponto aos mapeamentos tradicionais.

4. ELABORAÇÃO DE UM MAPA DE DANOS EM UM PROCESSO HBIM

4.1 Apresentação do estudo de caso: Torre do Relógio

A Torre do Relógio, objeto de estudo para esta pesquisa, é uma edificação tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Localizada no eixo da Avenida Goiás, este patrimônio arquitetônico representa o estilo Art Déco, sendo um dos principais marcos de Goiânia (Figura 8). Foi projetada por Américo Vespúcio Pontes no ano de 1940 e é um dos mais antigos pontos de referência da cidade de Goiânia, sendo conhecida por retratar uma época que foi marcada pela modernidade e progresso.

A Torre do Relógio caracteriza-se por apresentar elementos como volumetria axial com quatro fachadas simétricas, ritmos nas aberturas, vitrais ao longo de suas elevações, materiais como o piso em fulget e o revestimento em pó de pedra presente em suas fachadas (IPHAN 2020).



Figura 8: Torre do Relógio, Goiânia – GO. Fonte: IPHAN (2020).

Em 2014, Borges, Casarek e Cascudo realizaram um estudo de mapeamento de danos na Torre do Relógio, identificando inicialmente, por meio da observação visual direta, danos como sujidade, oxidação, fissuras e degradação superficial. Todos os dados foram levantados e inseridos em software, utilizando apenas recursos bidimensionais como o AutoCAD (Figura 9).

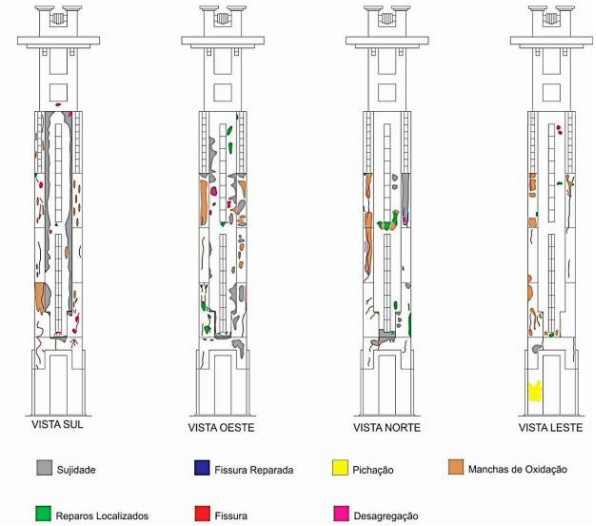


Figura 9: Mapa de Danos da Torre do Relógio, elaborado em 2014. Fonte: Borges, Carasek e Cascudo (2014).

Em agosto de 2020 (Figura 10), foi iniciado um processo de restauração, baseado em um mapeamento de danos realizado pelo IPHAN (Figura 11). Além do reforço estrutural, a Torre do Relógio passou por um processo de recuperação do revestimento em pó de pedra, das áreas com fissuras e do descolamento de reboco, ocasionados pelo avançado estado de deterioração.



Figura 10: Obra de restauração da Torre.

Fonte: Jamyle Amoury/G1 Goiás (2020).

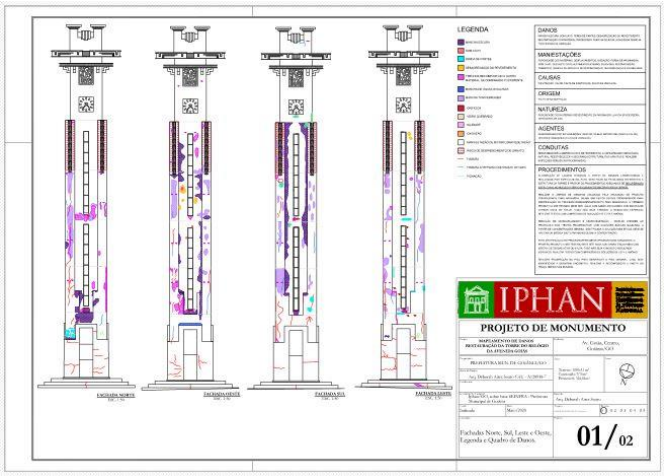


Figura 11: Mapa de Danos da Torre do Relógio, datado de 2020.

Fonte: IPHAN (2020).

Os estudos de mapeamento do estado de conservação da Torre do Relógio apresentados geraram mapas de danos (Figuras 10 e 11) feitos com o uso de metodologias tradicionais de levantamento e documentação, em programas 2D como o AutoCAD.

4.2 Caracterização do processo em HBIM utilizando o software Edifícius v.BIM 3(e)

Objetivando realizar um estudo exploratório aplicado à elaboração de mapa de danos em modelagem tridimensional, propõe-se a utilização do programa Edificius v.BIM 3(e) (Figura 12). Os procedimentos metodológicos propostos para este estudo incluem, principalmente: (1) definição e modelagem tridimensional da edificação do objeto de estudo; (2) seleção e tratamento de ortoimagens de uma de suas fachadas para análise; (3) inserção da ortoimagem no Software Edifícius v.BIM 3(e); (4) realização do levantamento de danos no software através das ortoimagens das fachadas aplicadas no modelo tridimensional.

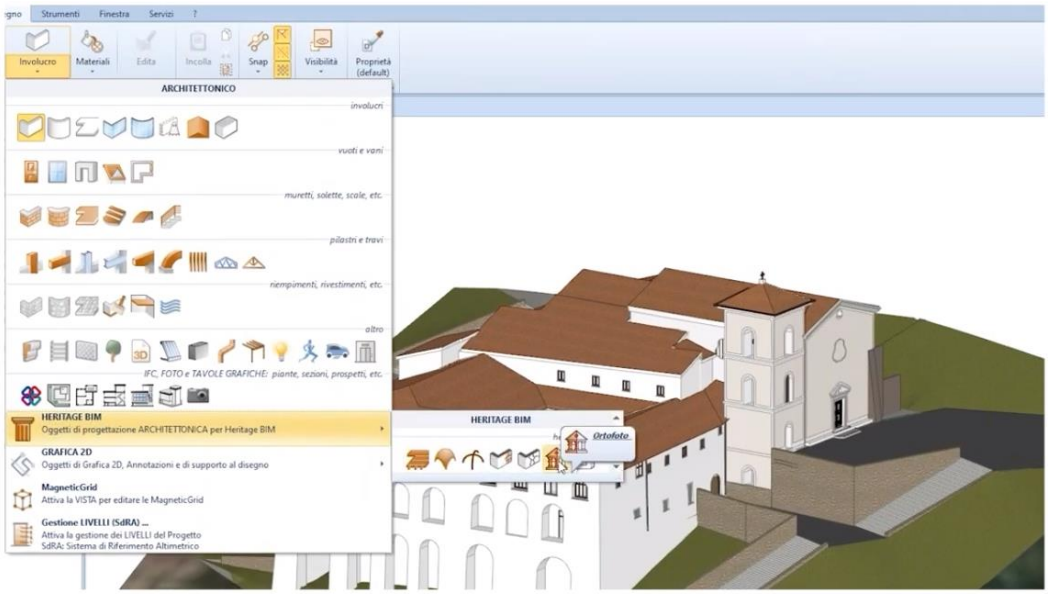


Figura 12: Imagem do software de modelagem 3D Edificius, focado no HBIM. Fonte: ACCA Software (2021).

O software possibilita a modelagem tridimensional de edificações com geometrias mais complexas, importação de arquivos IFC, inserção de ortofotos, importação de nuvens de pontos, documentação e análise de dados em tempo real e uma série de outros benefícios voltados para o HBIM (Heritage Building Modelling Information). Com base nisso, foram importados para o software os arquivos IFC para a modelagem tridimensional da edificação e a inserção de ortofotos para a criação de mapas de danos, além de aquisição de informações da documentação e análise de dados disponíveis para consulta.

4.3 Resultados do processo em HBIM para o mapa de danos

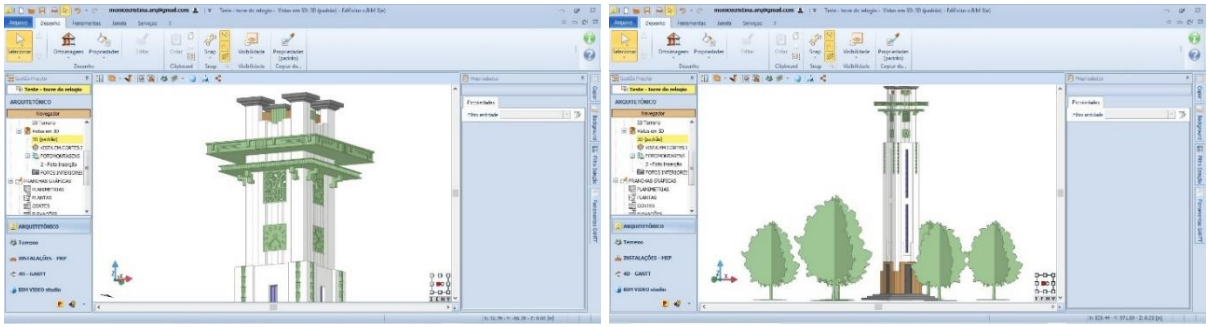
A imagem de referência utilizada para a realização do estudo foi obtida através do Google Street View (Figura 13 - a), representando a Fachada Norte da edificação. A fachada se configura como a imagem mais recente que apresenta danos visíveis, uma vez que o processo da última revitalização da edificação já foi concluído. Ainda, a imagem possui também uma qualidade superior às encontradas em bancos de dados diversos, como a internet. Para que essa imagem pudesse ser inserida e analisada no software Edificius, o seu plano de fundo teve que ser removido no programa Canva (Figura 13 - b) e readequado para a vista frontal no Adobe Photoshop (Figura 13 - c).



a) b) (c)

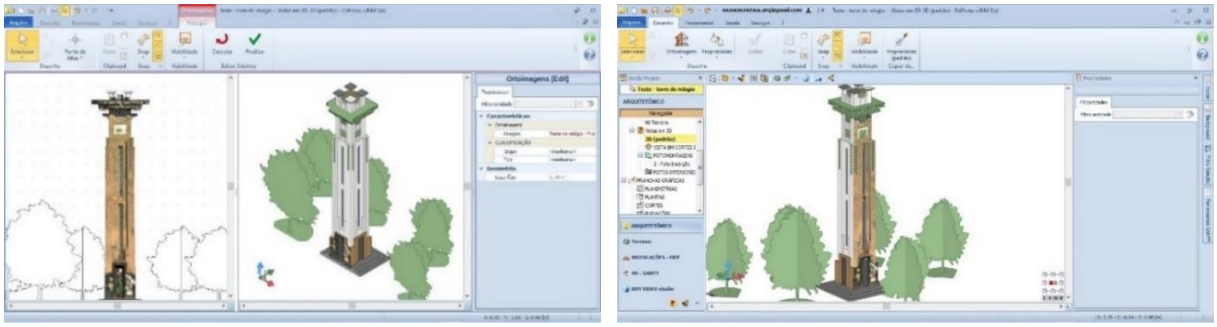
Figura 13: Processo de criação da ortoimagem para estudo: a) Imagem usada como referência para o estudo; b)Imagem com o plano de fundo retirado; c)Imagem final posicionada na vista frontal. Fonte: Autores (2021).

No software foi possível inserir a modelagem tridimensional da edificação para iniciar os estudos. A modelagem em questão já havia sido desenvolvida no programa Revit e, por este motivo, foi importada no programa Edificius no formato IFC (Figura 14). Foi constatado, no entanto, que a modelagem também poderia ter sido recriada neste programa.



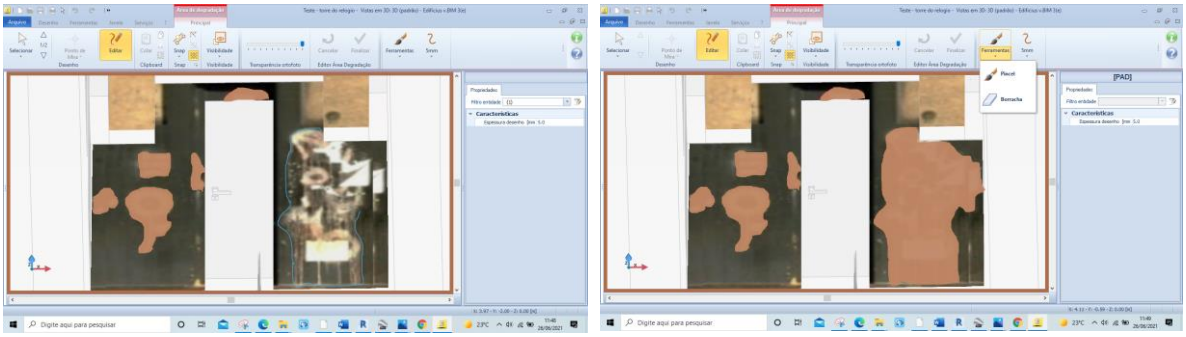
Figuras 14: Importação e conferência da modelagem tridimensional em IFC no Edificius. Fonte: Autores (2021)

Inicia-se o processo pela inserção da ortofoto. Como visto anteriormente, o software disponibiliza uma aba exclusiva para itens relacionados a temática do HBIM, sendo que uma das opções disponíveis é a da ortofoto. Entretanto, o programa só reconhece a inserção de ortofotos através de planos únicos (Figura 15), ou seja, em uma edificação como a da Torre do Relógio, que é marcada por volumetrias crescentes em relação a sua fachada, a mesma ortofoto teve que ser inserida em cada um de seus planos para que ela fosse reconhecida como um todo.



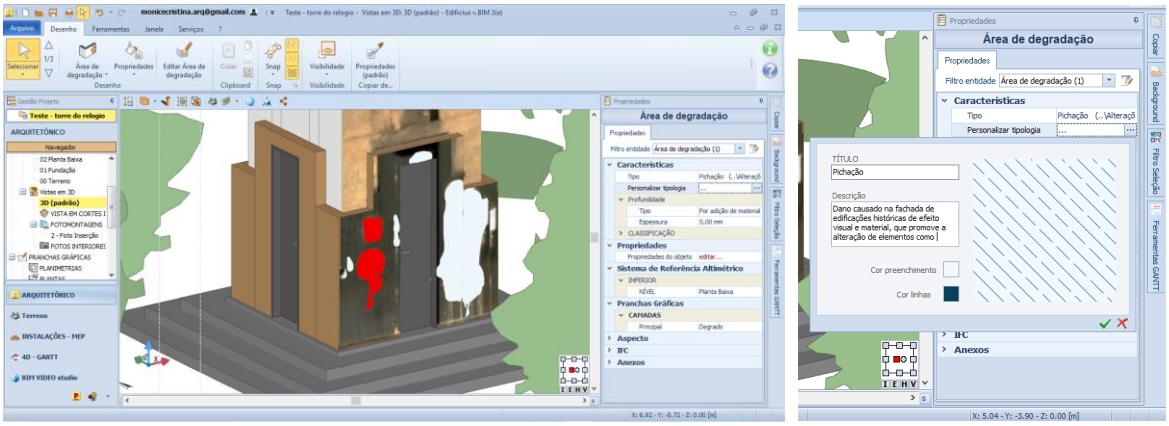
Figuras 15: Processo de inserção da ortoimagem, através de planos, na modelagem. Fonte: Autores (2021).

Para realizar a investigação exploratória do mapeamento de danos na fachada escolhida para estudo, pode-se constatar, através da observação visual direta, três danos principais: pichação, sujidade e reparos localizados. O software disponibiliza dois recursos, chamados “Lesão” e “Área de degradação”, onde é possível desenhar, a mão livre, todas os espaços danificados diretamente na vista, incluindo as suas respectivas hachuras e legendas (Figura 16). Ainda, a opção de ferramentas como pincel e borracha são disponibilizados para uma melhor precisão na demarcação das ortofotos, podendo ser acessadas e reparadas a qualquer momento.



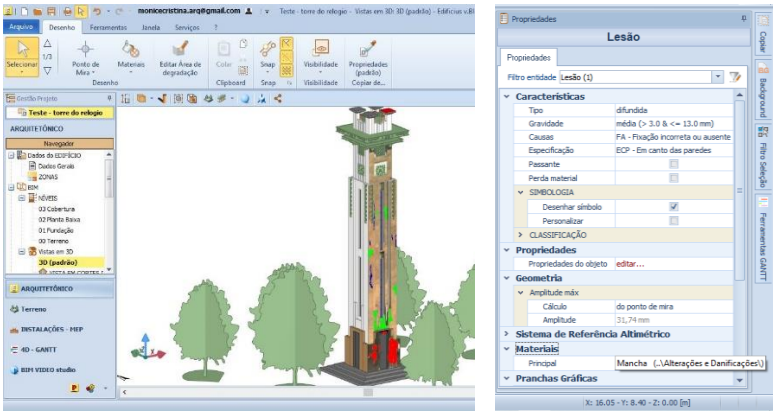
Figuras 16: Processo de delimitação de danos - Pichação. Fonte: Autores (2021)

A “Área de degradação” foi a opção escolhida para a marcação dos danos do tipo pichação, o que possibilita a documentação de suas características gerais, como a classificação por título, descrição, representação, propriedades, profundidade, espessura e tipologia do dano (Figura 17). Dessa forma, clicando sobre a imagem do dano, as informações referentes a ele são disponibilizadas automaticamente.



Figuras 17: Identificação de danos e documentação - Pichação. Fonte: Autores (2021)

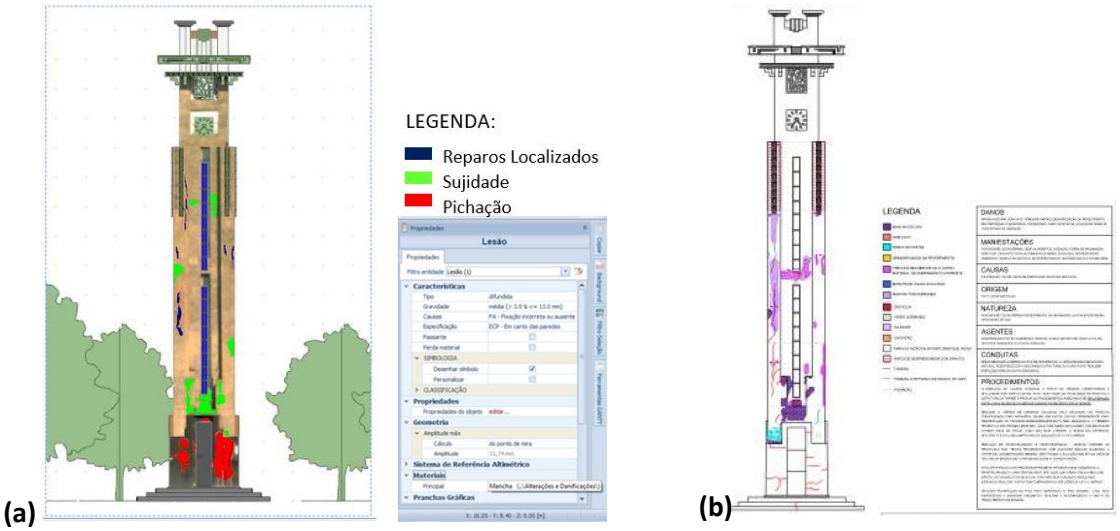
De forma semelhante, o levantamento de reparos localizados e sujidade também foram identificados na fachada de estudo, sendo que nestes casos a opção "Lesão" foi escolhida para ser testada. É importante destacar que o software oferece tanto a opção de identificação personalizada de danos, como no caso das pichações, ou ainda a seleção, a partir de sua própria biblioteca, dos danos mais comuns presentes nas edificações. Além de possuir a listagem geral dos danos, essa biblioteca conta ainda com a sua descrição automática e uma série de campos abertos para a definição, como tipo de dano (isolada, difundida ou personalizada), nível de gravidade, causas, especificações, e até mesmo o cálculo automático da área de cada superfície (Figura 18).



Figuras 18: Identificação de danos e documentação – Reparos localizados e Sujidade. Fonte: Autores (2021)

O experimento realizado, utilizando as novas tecnologias como o HBIM, mostrou-se uma alternativa viável, pois possibilita, além do processo de mapeamento em si, a documentação de todas as informações da edificação em um único arquivo a partir de um modelo tridimensional. Ainda, foi constatado que quanto maior for a resolução das ortoimagens, maior será o nível de precisão de reconhecimento e demarcação de danos na edificação. Visto isso, o resultado mostrado na Figura 19 - a, apesar de ser exploratório, pode ser considerado

como uma ação contínua e complementar aos estudos já realizados, como no caso do IPHAN (Figura 19 - b).



Figuras 19: Torre do Relógio: a) Resultado dos autores (2021); b) Resultado do IPHAN (2020). Fonte: Autores (2021); Iphan (2020).

5. CONCLUSÃO

Este estudo explorou na literatura tanto as abordagens tradicionais quanto as novas possibilidades tecnológicas para as tipologias de mapa de danos e as técnicas de representação. Destaca-se a utilização emergente de recursos digitais e da inteligência artificial associados às ferramentas de modelagem geométrica parametrizada para a reconstrução 3D do estado atual dos edifícios.

Nessa perspectiva, constatou-se a transposição do estado da arte, no momento que os mapas de danos criados a partir da abordagem HBIM são capazes de oferecer dados significativos para o desenvolvimento de um modelo rico de informações sobre o edifício, na sua evolução temporal e histórica. Esse salto do estado da arte, que sai da representação estática para a modelagem dinâmica – posto que parametrizada, alimenta um novo campo referencial para a normatização da representação de mapas de danos, como ferramenta para documentar o as built e o estado de conservação.

Nesse sentido, destaca-se a importância das tecnologias digitais para a gestão da informação as built, principalmente quanto à atualização dos dados do modelo HBIM para a documentação da evolução histórica do patrimônio arquitetônico. O acompanhamento do histórico do estado de conservação dos edifícios, a partir de novas metodologias de mapeamento de danos, ferramentas digitais e da metodologia HBIM, potencializam a gestão da conservação e da manutenção na evolução do envelhecimento do edifício ao longo do tempo, monitorando os valores que afetam a autenticidade e integridade da edificação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. P. Uso da termografia infravermelha embarcada em drone como ferramenta para a inspeção de patologias em revestimentos aderidos de fachada. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2020.

BALZANI, M., MAIETTI, F., KÜHL, B. M. Point cloud analysis for conservation and enhancement of modernist architecture. The International Archives of the Photogranmetry, XLII-2/W3, Nafphio: Greecel, p. 7, 2017.

BAUER, E.; PAVÓN, E. Termografia de infravermelho na identificação e avaliação de manifestações patológicas em edifícios. Concreto e Construções, v. 78, p.93-98, São Paulo, 2015.

BENDIN, C. Estratégias para inspeção do estado de conservação de fachadas com uso de RPAs e Laser Scanner. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019, 124 p.

BORGES, E. A. M.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Mapeamento de danos em monumento histórico art deco. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 8, n. 2, p.20-37, 2014.

BRUMANA, R.; DELLA TORRE, S.; ORENI, D.; PREVITALI, M.; CANTINI, L.; BARAZZETTI, L.; FRANCHI, A.; BANFI, F. HBIM challenge among the paradigm of complexity, tools and preservation: the basilica di collemaggio 8 years after the earthquake (l'aquila). Volume XLII-2/W5, 2017. 26TH International CIPA Symposium, Ottawa, Canadá, 2017.

CARVALHO, G. B. Proposta para representação gráfica de mapas de danos em fachadas modernistas de concreto armado aparente. Dissertação (Mestrado) em Arquitetura e Urbanismo na Universidade de Brasília. Brasília, 2018.

DEZEN-KEMPTER, E.; SOIBELMAN, L.; CHEN, M.; MÜLLER, A.V. Escaneamento 3D a laser, fotogrametria e modelagem da informação da construção para gestão e operação de edificações históricas. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 113-124, jul./dez. 2015 http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.102710

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. Dense Stereo Matching (DSM): conceitos, processos e ferramentas para criação de nuvens de pontos por fotografias. Congresso de SIGraDi XVI – Conference. Fortaleza, 2012.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Relatório de Avaliação Técnica da Torre do Relógio, 2020.

LIMA, R. H. F.; ARAÚJO, B. G.; PAZ, G.; OLIVEIRA, I. M. Mapa de danos de edificações históricas utilizando a metodologia BIM. 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção e 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Fortaleza, Ceará, 2017.

MELO JÚNIO, C. M., EVANGELISTA JUNIOR, F.; SILVA, L. S.; NEPOMUCENO, A. A. Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por Vant e uso de fotogrametria digital. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 224, 2018.

ROCHA, E. A.; MACEDO, J. V. S.; CORREIA, P.; BARRETO MONTEIRO, E. C. Adaptação de mapa de danos para edifícios históricos com problemas patológicos: Estudo de Caso da Igreja do Carmo em Olinda PE. Revista ALCONPAT, 8 (1), 2018.

TINOCO, J. E. L. Mapa de danos: recomendações básicas. Textos Para Discussão: Série 2 - Gestão de restauro, Olinda: Centro de Estudos de Conservação Integrada - CECI, v. 43, 2009.

TIRELLO, R, A.; CORREA, R. Sistema Normativo para mapas de danos de edifícios históricos aplicados à Lidgerwood Manufacting Company de Campinas. In: VI Colóquio Latinoamericano sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial, 2012. São Paulo: Anais do VI Colóquio Latinoamericano sobre Recuperação e Preservação do Patrimônio Industrial, v. 1. São Paulo: Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, 2012.

GESTÃO DA CONSERVAÇÃO PREVENTIVA DO PATRIMÔNIO MODERNO ATRAVÉS DO HBIM-DT

Preventive conservation management of modern heritage through HBIM-DT

Cristiane Lopes Canuto

Doutoranda em Arquitetura (PROARQ-FAU-UFRJ), cristiane.canuto@fau.ufrj.br

Mônica Santos Salgado

Professora Titular (PROARQ-FAU-UFRJ), monicassalgado@ufrj.br

Ricardo Codinhoto

Professor Titular (Universidade de Bath- UK), rc784@bath.ac.uk

Resumo

As tecnologias digitais têm sido cada vez mais utilizadas na preservação do patrimônio cultural. A adoção de Heritage Building Information Modeling (HBIM) (Modelagem da Informação da Construção Histórica) representa um avanço socio-técnico em documentação e gestão do patrimônio. Para a conservação do bem edificado é essencial a adoção dessas tecnologias como suporte a manutenção preventiva. Nesse sentido, a combinação HBIM e DT (Digital Twin – Gêmeos Digitais) tem demonstrado potencial na identificação premeditada de eventos de manutenção preventiva e no auxílio a tomada de decisões, pois combina informações em tempo real dos elementos estáticos e dinâmicos do ambiente construído. Nesse contexto, o objetivo do artigo é propor um método de análise das ocorrências de manutenção em edificações do patrimônio, e explorar os usos potencias de HBIM-DT na manutenção de ativos para a preservação do patrimônio moderno brasileiro.

Palavras-chave: HBIM; Digital Twin; Facilities Management; Patrimônio Moderno

Abstract

Digital technologies have been increasingly used to preserve built heritage. The adoption of Heritage Building Information Modeling (HBIM) represents a socio-technological advancement in document and heritage management that supports the preventive conservation of historical assets. In this respect, the combined use of HBIM and DT (Digital Twins) has demonstrated potential in the early identification of preventive maintenance tasks and support decision-making. It combines real-time static and dynamic information from building and environmental elements. In this context, this article presents a method for analyzing maintenance occurrences in heritage buildings and explores the potential use of HBIM-DT in FM to preserve Brazilian modern building heritage.

Keywords: *HBIM; Digital Twin; Facilities Management; Modern Heritage*

1. INTRODUÇÃO

A digitalização do patrimônio tem o potencial de auxiliar na gestão da conservação. Ela contribui com a correção ou mesmo a prevenção da perda e a deterioração do bem construído. Muitas vezes, a reconstrução física da edificação histórica atinge índices tão alarmantes que depende de altos investimentos, isso quando é possível sua recuperação. Para isso, o uso de digitalização tem sido essencial.

A gestão do patrimônio cultural edificado precisa evoluir e aceitar o desafio de fazer uso de seu significado cultural muito além da compreensão e consciência tradicionais, como um marco indispensável e recorrente de seu processo de gestão (RODERS e HUDSON, 2011). Nesse contexto a gestão de operação e manutenção (Facilities Management - FM) emerge como área de atuação a ser considerada para além do uso, operação e manutenção dos espaços, mas também dentro do contexto da preservação cultural. Esta realidade é um desafio para os gestores desses edifícios históricos.

As novas formas de aquisição de dados, documentação digital, utilização de técnicas e ferramentas que geram modelos cada vez mais próximos à realidade, têm alterado o modo como os profissionais lidam com patrimônio cultural. A associação dessas tecnologias digitais é uma tendência entre as pesquisas da área de patrimônio cultural, tal como evidenciado em trabalho anteriormente desenvolvido (CANUTO, 2019). Destaca-se a utilização do HBIM, que surge justamente como um desdobramento do uso BIM (Building Information Modelling) na área de patrimônio cultural (H=Heritage ou Historic) (MURPHY et al., 2007).

Em paralelo, na área de FM ressalta-se nos últimos anos a implementação de outras tecnologias como os Gêmeos Digitais - Digital Twin (DT). De acordo com Bolton et al. (2018) um DT é uma representação digital realista de ativos, processos ou sistemas no ambiente natural ou construído (BOLTON, et al. 2018). Como explicado por Codinhoto et al. (2021) DT é uma representação parcial ou "dizigotica". A popularização da utilização do DT se tornou possível devido ao desenvolvimento significativo em tecnologias de sensores, big data e internet das coisas (IoT). No entanto, apesar da crescente aplicação do DT na AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação), muitos gestores ainda desconhecem as práticas de gestão baseada em DT.

Hou Remoy e Wu (2021) demonstram através de uma extensiva revisão sistemática da literatura, que grande parte das pesquisas sobre DT concentra-se na investigação da sua aplicação na área de uso, manutenção e operação, com pouca expressividade na área da gestão patrimonial. A análise dos dados aponta que a conservação do patrimônio exige soluções digitais para problemas relacionados ao monitoramento de desempenho e manutenção preditiva, destacando que o DT ao integrar com o HBIM pode facilitar o gerenciamento integrado de dados (que em geral é feita de modo fragmentado). Nesse sentido, acredita-se que é necessário a criação de DT baseado em mecanismos HBIM para

um HFM (Heritage Facilities Management – Gestão de Operação e Manutenção do Patrimônio Histórico) futuro (HOU, REMOY, WU, 2021).

Embora na década de 80 a área de FM tenha sido ampliada internacionalmente, no Brasil começou a ser discutida a partir do ano 2000. Segundo Graça (2018) atualmente no mercado brasileiro encontra muitas diferenças na área de FM se comparada com outros países. As diferenças não são apenas de conceitos, mas também de posicionamentos, sejam em esferas corporativa, legais, técnica, econômico e política. Essa divergência torna mais difícil a integração e utilização de FM em áreas como a do patrimônio cultural.

Diante desse contexto, esse artigo visa relatar os resultados parciais de pesquisa de doutorado em desenvolvimento, cujo objetivo é explorar as possibilidades oferecidas pelos DT e HBIM em FM para conservação preventiva do patrimônio moderno brasileiro. A ênfase para o estilo modernista está atribuída ao interesse na preservação da sua arquitetura, que por sua vez encontra-se em considerável risco. Apesar das construções modernas serem mais recentes dentro do âmbito patrimônio cultural, muitos de seus materiais e sistemas construtivos, como o concreto aparente e terraço jardim, apresentam uma grande vulnerabilidade e fragilidade. No entanto, dados empíricos sobre os problemas de manutenção relacionados a esse tipo de edificação são poucos ou inexistentes dentro da literatura sobre o assunto. Com isso evidencia-se a importância e urgência de pesquisas relacionadas a esse estilo.

Dessa forma, o presente artigo discute a aplicação dos métodos *Fault Tree Analysis* (Análise de Árvore de Falhas) e Análise Preliminar de Risco (APR), considerados na avaliação das ocorrências (patologias) características das edificações da arquitetura moderna brasileira. A avaliação das ocorrências tem como objetivo identificar de que forma essas construções poderiam se beneficiar da associação DT-HBIM para FM. Para isso, os métodos serão aplicados em três estudos de caso localizados na cidade do Rio de Janeiro: Pavilhão Arthur Neiva (1944), Palácio Gustavo Capanema (1945) e o Complexo Torre Oscar Niemeyer e Centro Cultural (2014).

2. HBIM-DT NA GESTÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO

O ambiente construído vem incorporando diversos sistemas tecnológicos para dar suporte às atividades produtivas das organizações. Isto tem representado aumento na complexidade e interdependência entre sistemas prediais, tecnologias e operação, reforçando a necessidade de gerenciar adequadamente as edificações.

Pelas definições de FM, constata-se três pilares principais, pessoas, propriedade e processos, tendo a tecnologia digital como uma facilitadora e um desafio para esses pilares. Para Finch (2012) “em uma perspectiva sociotécnica, é a combinação de habilidades de gerenciamento e tecnologia adequada que dita a construção e o desempenho do usuário final.” (FINCH,

2012, p.306, tradução nossa). Apesar dos desafios em relação a complexidade dos edifícios, a tecnologia tem um papel fundamental a desempenhar no apoio aos objetivos de FM.

Ao integrar FM e Patrimônio Cultural, destacam-se as potencialidades oferecidas pelas tecnologias digitais que vêm ao encontro da necessidade de registrar e gerir o patrimônio edificado e, ao mesmo tempo, colaborar para sua constante conservação. Nesse contexto, destaca-se o HBIM, no qual seu conceito não é apenas um modelo 3D, um tipo de software ou aplicativo específico para o patrimônio. Nesse trabalho HBIM é considerado o desenvolvimento de modelos com métodos de engenharia reversa, partindo de levantamentos precisos do estado atual da edificação, integrando a noção de significância cultural nos modelos de dados e trabalhando em processos de apoio à colaboração multidisciplinar para uma melhor gestão da informação para preservação do patrimônio (JOUAN e HALLOT, 2019).

No patrimônio cultural edificado, um projeto HBIM inevitavelmente começará em um ponto intermediário no ciclo de vida da edificação, que tende a ser muito mais complexo do que o modelo que descreve a construção nova (CHOW et. al, 2020, BRUMANA et al, 2019). O ponto de partida para o processo HBIM é o conhecimento profundo do patrimônio cultural estudado. Com isso, a necessidade de entender o patrimônio histórico em suas várias etapas no ciclo de vida até seu estado atual, se traduz em uma necessidade de entrada inicial significativa de informações no HBIM.

Enquanto no setor de novas construções, novas informações são geradas gradualmente, em projetos que envolvem edificação histórica as informações devem ser recuperadas de várias fontes, organizadas e validadas com base em um levantamento completo e preciso, pesquisa histórica e observações no local (BARAZZETTI et al., 2015). Portanto, uma edificação após o reconhecimento como patrimônio cultural pela comunidade e principalmente por algum amparo legal, passa a ser tratada com parâmetros relacionados ao âmbito patrimonial. Esses parâmetros são referentes a integridade, autenticidade e significância cultural do bem.

De acordo com a Figura 1, no ciclo de vida HBIM são planejadas ações para preservação do bem. Inicialmente, essas ações vão acontecendo fortemente com caráter de intervenção, com foco em adaptar o edifício histórico (normas, usos etc.), resgatar e estabilizar partes deterioradas. Esses tipos de ações estão voltadas para a intervenções como conservação curativa e restauro. Ao avançar no ciclo de vida as ações vão se consolidando com conservação preventiva e gestão do patrimônio cultural edificado. A tendência dessas ações é gerar ciclos que tendem a intervenções mínimas no patrimônio (CANUTO, 2020).

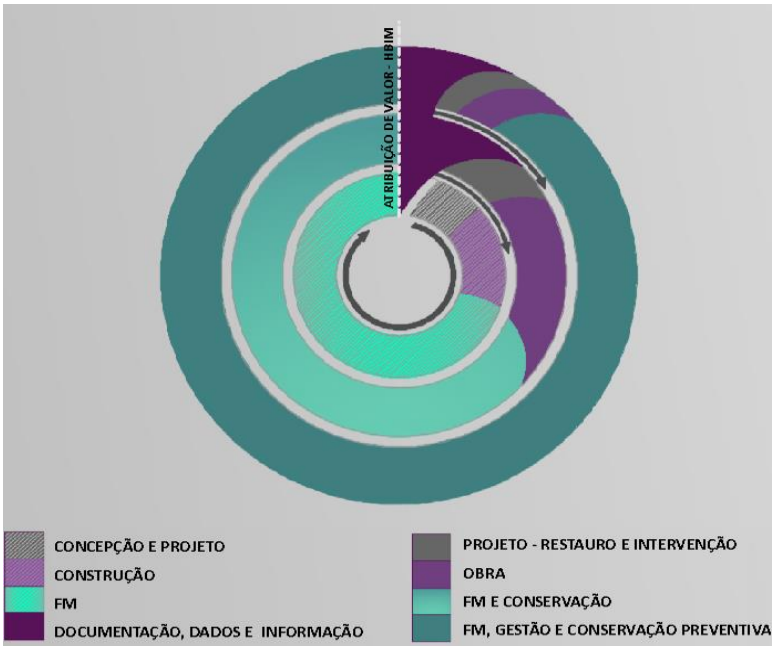


Figura 1: Princípios do Ciclo de vida HBIM e os processos de preservação. Fonte: Canuto, 2020.

Nesse cenário, Jouan e Hallot (2019) enfatizam que há consenso em considerar como solução ao problemas apontados a utilização de diferentes tecnologias digitais e processos integrados através do HBIM, um exemplo é a integração HBIM-DT. Na literatura, os gêmeos digitais (digital twin – DT) recebem uma variedade de caracterizações e definições, sendo proposto pela primeira vez no campo aeroespacial com o conceito de representação virtual de produtos (GRIEVES, 2015). O que distingue um DT de qualquer outro modelo digital é sua conexão em tempo real com a respectiva parte no gêmeo físico. O DT agrega valor, permitindo insights aprimorados que apoiam melhores decisões, levando a melhores resultados no mundo físico.

Assim com a integração HBIM-DT, a Figura 2 apresentada em trabalho anterior (**SALGADO et al, 2020)**, mostra o fluxo de trabalho de simulação e análise de dados gerais em ambiente Digital Twin, com o modelo HBIM como réplica digital, para apoiar os processos de tomada de decisão para a conservação preventiva. Desde a fase de projeto e ao longo do ciclo de vida dos edifícios, a réplica digital de um DT pode auxiliar as partes interessadas nos processos de tomada de decisão por meio de simulações e análises, graças ao uso de dados operacionais em tempo real capturados por sensores no "mundo" físico e bancos de dados de conhecimento constantemente atualizados.

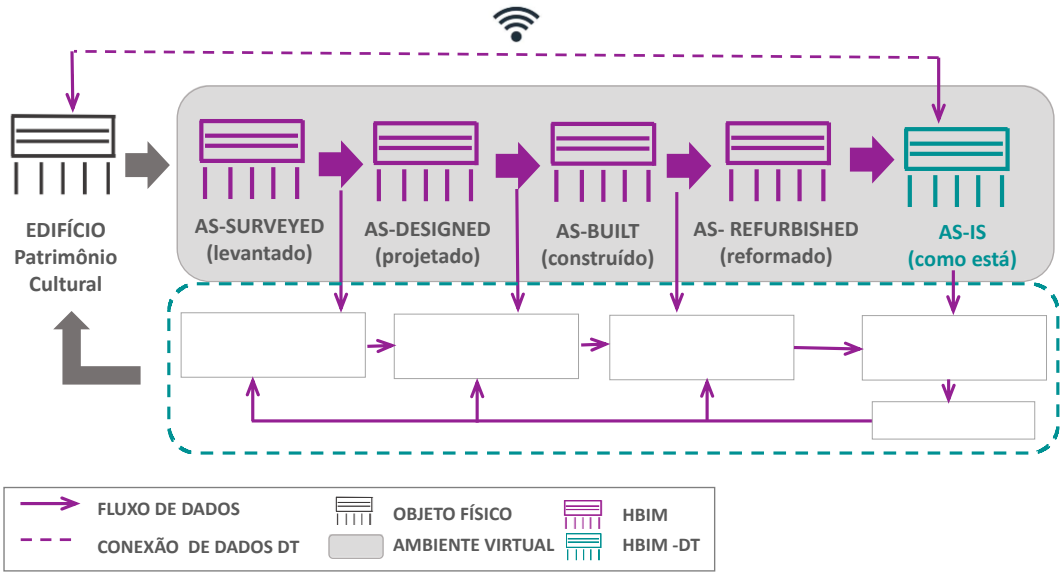


Figura 2: Fluxo de trabalho de simulação e análise de dados HBIM- DT
Fonte: Adaptado de Jouan e Hallot, (2019) *apud* SALGADO et al, (2020).

Os processos DT e HBIM podem se complementar para propor um processo de gerenciamento de dados. De fato, enquanto o HBIM depende principalmente de uma atualização manual constante do modelo pelos usuários, o DT está diretamente conectado ao objeto do mundo real e recebe dados operacionais atualizados instantaneamente, sem necessidade de intervenção do usuário.

Um dos grandes interesses do DT está na automação de processos. Pode-se citar vantagens como por exemplo, a análise de dados para detecção de riscos, a pesquisa de soluções técnicas e possíveis ações a serem realizadas e sua efetiva execução. Executar tais análises e simulações levando em consideração os dados armazenados no modelo HBIM pode ajudar os gerentes de edifícios a avaliar o impacto de cada solução técnica sugerida.

Assim, a automação dos fluxos de trabalho com adoção HBIM-DT pode permitir que os gerentes considerem muito mais fatores na tomada de decisão relacionado à conservação. Portanto com HBIM-DT as informações coletadas podem apresentar mais possibilidades de serem trabalhadas de forma rápida, concisas, automáticas e em tempo real, podendo beneficiar na preservação de edificações históricas.

3. ESTUDO DE CASOS

No século XX uma das mais importantes manifestações culturais foi o Movimento Moderno. Apesar de seu curto distanciamento histórico com o presente, o seu valor intrínseco e o risco da perda desse patrimônio fez com que desde a década de 60 tivesse um grande impulso sua preservação. Contudo, vários desafios foram encontrados na preservação desse legado,

dentre eles destaca-se: a fragilidade de seus materiais, a falta de conhecimento dos processos de degradação e a falta de distanciamento histórico para atribuição de valor (ARGAN, 1992, CANUTO e SALGADO, 2020, CARVALHO, 2005, LISSOVSKY; SÁ, 1996; SEGRE, 2013).

Com o objetivo de trazer uma contribuição aos processos de preservação do legado do Movimento Moderno brasileiro teve início a pesquisa de doutorado, que analisa três exemplares relevantes dessa época: o Palácio Gustavo Capanema, o Pavilhão Arthur Neiva e a Torre Oscar Niemeyer.

O Palácio Gustavo Capanema foi oficialmente inaugurado em 1945 e tombado pelo IPHAN (Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional) dois anos após sua inauguração. A obra apresenta inovações do período moderno, na arquitetura, engenharia, paisagismo e obras de artes. A edificação foi projetado para ser a sede do Ministério da Educação e Saúde (MES), contudo, passou por diversas mudanças em sua organização administrativa e hoje é denominado de Palácio Gustavo Capanema (CANUTO, 2020)

O projeto iniciou-se através da promoção de um concurso público em 1935 e só viria a ser definido em 1937 pela equipe de Lúcio Costa composta por Oscar Niemeyer, Affonso Eduardo Reidy, Ernani Mendes Vasconcelos, Carlos Leão e Jorge Machado Moreira com a consultoria do arquiteto Le Corbusier. Além disso, o edifício apresenta murais de azulejos, pinturas e esculturas de diferentes artistas, dentre eles Candido Portinari, José Pancetti e Alberto da Veiga, Bruno Giorgi, Celso Antônio e Adriana Janacopulos (LISSOVSKY; SÁ, 1996). Assim, exploraram o uso das artes, para a integração do projeto com as diversas manifestações artísticas, ao mesmo tempo com a plena materialização dos cinco pontos da nova arquitetura – janela em fita, terraço- jardim, planta livre, fachada livre, e pilotis.



Figura 3: Palácio Gustavo Capanema. Fonte: Arquivo Pessoal.

O segundo é o Pavilhão Arthur Neiva que compõe o campus da FIOCRUZ no Rio de Janeiro. A edificação foi tombada pelo INEPAC (Instituto Estadual do Patrimônio Cultural com destaque o painel de azulejos de autoria de Roberto Burle Marx. Nomeado originalmente como Pavilhão de Cursos, teve sempre um uso contínuo voltado para a área de ensino, no entanto sua arquitetura foi bastante alterada em função das diversas adaptações decorrentes da evolução do seu uso.

De acordo com Oliveira (2003), com o objetivo, de expandir e delimitar o campus, construiu-se os novos pavilhões distantes do núcleo arquitetônico já existente da Fundação. Esses novos pavilhões seriam feitos com arquitetura da época, o modernismo, e os projetos seriam de responsabilidade da equipe de Divisão de Obras do Ministério da Educação e Saúde (DO/MES).

O Pavilhão de Cursos teve sua construção iniciada em 1947 e sua conclusão no ano de 1951. De acordo com Coelho et al. (2011), o edifício foi projetado para abrigar laboratórios e cursos acadêmicos. Jorge Ferreira, arquiteto formado pela Escola Nacional de Belas Artes em 1937, trabalhou para o Ministério da Educação e Saúde de 1938 a 1970 e foi responsável por projetar o Pavilhão de Cursos e o Pavilhão do Refeitório. No projeto do Pavilhão de Cursos, recebeu a colaboração do paisagista Burle Marx, que ficou responsável pelo desenho de um painel em azulejos, com motivos em microrganismos aquáticos, e também pelo paisagismo do entorno do Pavilhão.



Figura 4: Pavilhão Arthur Neiva. Fonte: Arquivo Pessoal.

A Torre Oscar Niemeyer e o prédio do centro cultural inaugurados em 2014 (Figura 5) e junto com o edifício-sede, construído em 1968, constituem o complexo Fundação Getúlio Vargas (FGV), instalado no bairro de Botafogo, no Rio de Janeiro, concluindo a execução do projeto

concebido em 1950 pelo arquiteto Oscar Niemeyer. O complexo é agora composto por duas torres, centro cultural, esplanada e dois subsolos.

Segundo a Revista Projeto (2015) na época em que foi desenvolvido o projeto previa a construção de duas torres paralelas da mesma altura, ligadas por um embasamento onde seriam implantados restaurantes e áreas de exposições. O panorama ao fundo seria preservado sem perder a vista para o mar. Após 60 anos, em 2010 o projeto original foi revisto junto com Oscar Niemeyer e adaptado às necessidades da fundação e às suas características arquitetônicas, porém tirando partido das novas tecnologias construtivas, principalmente as relacionadas à sustentabilidade.

As recentes edificações projetadas foram readequadas de forma a obter impactos positivos dos pontos de vista ambiental, econômico e social. No que se refere ao partido e à volumetria, as construções seguem a mesma linha do edifício-sede de 1968. De acordo com o levantamento in loco os novos prédios possuem sistemas de automação, ar-condicionado, processos de segurança e iluminação muito mais modernos. Todos os volumes foram pensados considerando o conjunto dos três edifícios. Para que haja sintonia entre estes e o prédio antigo, tombado pelo IPHAN.



Figura 5: Torre Oscar Niemeyer e Centro Cultural. Fonte: Arquivo Pessoal.

A análise da associação DT-HBIM para a gestão de operação e manutenção – Gestão de "Facilities" proposta por este estudo, visa a preservação do patrimônio moderno. Neste sentido, torna-se necessário considerar as especificidades dessas obras, de forma a efetivamente identificar quais problemas são específicos do estilo estudado, e quais são comuns a qualquer edificação de forma a apresentar uma contribuição voltada aos exemplares desse importante período da arquitetura brasileira.

4. LEVANTAMENTO DE DADOS E MÉTODOS DE ANÁLISE

Ao se pesquisar a associação entre HBIM e DT para FM, é preciso analisar inicialmente de que forma os gestores responsáveis pela manutenção e preservação de tais exemplares realizam a gestão do uso-operação e manutenção. Nesse sentido, realizou-se um levantamento de dados de forma a identificar o padrão adotado na gestão e preservação do patrimônio. A ênfase nesta parte da pesquisa está nas ações que podem influenciar na preservação da arquitetura moderna – foco do estudo em desenvolvimento - não sendo consideradas as ocorrências comuns a qualquer edificação.

Esse levantamento tomou por base as ordens de Serviço (impressas ou em formato digital) emitidas nos últimos três anos, acesso aos desenhos técnicos e aos processos de tombamento. O acesso às plantas e visitas técnicas servem exclusivamente para auxiliar na interpretação dos problemas de manutenção identificados. O objetivo desse levantamento de dados foi a caracterização dos setores e serviços de manutenção, assim como identificação de aplicações viáveis de soluções HBIM e DT para conservação preventiva. Os três casos em estudo servirão para a proposição de alternativas que possam ser aplicadas a qualquer patrimônio moderno.

A análise dos dados obtidos através das ordens de serviço precisa seguir um critério, considerando a severidade, frequência e riscos eminentes ao patrimônio. Exatamente por isso, nem todas as ocorrências foram consideradas nesta pesquisa, mas apenas aquelas que podem colocar em risco a preservação do patrimônio moderno. Ocorrências comuns às edificações de maneira geral foram descartadas.

Para análise das ocorrências quanto à severidade, frequência e riscos envolvidos, entende-se como relevante a adoção da APR - Análise Preliminar de riscos (*Preliminary Hazard Analysis*) (DIN, 2011). De acordo com Maia (2014) a APR surgiu na área militar para análise de risco na produção de sistemas de mísseis, a fim de evitar acidentes. O método consiste na avaliação prévia sobre os eventuais riscos envolvidos em um projeto ou atividade de trabalho. Entre as vantagens no uso da APR estão a identificação do potencial para grandes riscos no desenvolvimento de projetos (de manutenção, por exemplo). A APR também dá suporte para decisões de design (e manutenção). Entre as desvantagens, a APR requer dados de acompanhamento (neste caso, podendo ser adquiridos através de DT) e do conhecimento das equipes sobre o objeto de manutenção (informação centralizada a partir do uso de BIM). Sendo, assim, esta abordagem foi considerada adequada para esta pesquisa.

A partir da seleção das ocorrências conforme severidade, frequência e risco para o patrimônio moderno, então, terá início a aplicação do método de análise de falhas para identificar quais medidas poderiam ter sido adotadas para evitar aquele dano. Segundo Vesely et al. (1981) Análise de Árvore de Falhas (FTA – *Fault Tree Analysis*) é um método de análise dedutiva para resolver um evento indesejado, buscando exaustivamente as causas da falha, mostrando claramente todas as diferentes interfaces que são necessárias para chegar ao evento superior (indesejado).

O principal benefício da FTA é que a análise fornece uma visão única sobre a operação e a possível falha de um sistema. Isso permite que a equipe de desenvolvimento explore maneiras de eliminar ou minimizar a ocorrência de falha de um serviço ou produto (incluindo edificações). Entre as desvantagens estão as incertezas na identificação de todos os modos de falha, a imprecisão no erro humano na investigação de sistemas complexos e a ineficiência da FTA em caso de dados escassos ou insuficientes. Essas desvantagens podem ser minimizadas a partir da utilização de casos múltiplos de investigação relacionada a uma tipologia (no caso, edificações em estilo moderno).

	APR - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS	FTA - ANÁLISE DE ÁRVORE DE FALHAS
Objetivo do método	Identificação de riscos existentes (eventos indesejáveis) para o patrimônio moderno, as causas, consequências e salvaguarda.	Identificação das causas dos eventos indesejáveis e reconhece as oportunidades de melhoria das atividades a partir das lições aprendidas.
Justificativa para escolha	Método que prioriza os riscos pelo grau de perda do patrimônio.	Método que identifica as causas e medidas para evitar o dano
Síntese da aplicação	Estimativa de danos e efeitos, análise qualitativa do riscos e implementação de medidas preventivas e de controle de riscos.	Quantifica a probabilidade de falhas e identifica as fragilidades do sistema, os efeitos do erro humano e melhorias eficazes para um sistema
Informações a serem extraídas	Informações dos eventos indesejáveis por priorização de riscos	Informações das causas dos eventos indesejáveis e melhorias para evitá-los

Quadro 1: Ferramentas adotadas no estudo . Fonte: elaborado pelos autores.

O Quadro 1 indica de que forma será feito o tratamento dos dados obtidos através das duas ferramentas e as informações que se pretende obter. Assim a aplicação dos métodos serão mapeados os riscos e suas possíveis causas. Entende-se que, o uso combinado da APR com FTA possibilitará a análise das ocorrências que poderão ser tratadas através do DT para FM sempre com foco na preservação das características do patrimônio modernista.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo apresentou parte da pesquisa em desenvolvimento que visa explorar a adoção HBIM-DT na preservação digital do patrimônio moderno edificado. De acordo com a literatura a combinação dos princípios HBIM e DT pode garantir que os dados valiosos contidos no modelo de dados estáticos sejam considerados na análise dos dados recebidos dos sensores

em tempo real e permitiria estimar com mais eficácia como as mudanças podem afetar os edifícios.

No entanto, ao se tratar de estudos de casos no Brasil, destaca-se em sua maioria ausência de um processo de FM mais formalizado, com isso para a adoção HBIM-DT é preciso que as lacunas na gestão sejam identificadas e solucionadas. Essas lacunas na área de FM refletem nas dificuldades encontradas na obtenção dos dados dos estudos de casos, uma vez que nem sempre eles estão disponíveis de forma organizada, padronizada e centralizada. Outra limitação, refere-se à sistematização das ocorrências para identificar aquelas que se referem exclusivamente às características do patrimônio Moderno (separando-as das ocorrências comuns a qualquer edificação).

Como próximo passo da pesquisa em desenvolvimento, após aplicação das ferramentas apresentadas APR - Análise Preliminar de riscos e Árvore de Falhas (FTA – Fault Tree Analysis), pretende-se identificar de que forma o HBIM-DT pode ajudar gestão de facilities para sanar as patologias mais comuns do patrimônio moderno. Acredita-se que através do mapeamento das informações a serem coletadas dos exemplares da arquitetura moderna brasileira selecionados para esta pesquisa seja possível criar um método de gestão de facilities que possa expandir para viabilizar a preservação de outras edificações modernistas.

REFERÊNCIAS

BARAZZETTI L.BIM from laser clouds and dinite elemento analysis: Combining structural analysis and geometric complexity. Int Arch Photogram Remote Sens Spat Inf Sci XL-5/W4:345-350.2015.

BOLTON et al. The Gemini Principles: Guiding values for the national digital twin and information management framework. Centre for Digital Built Britain and Digital Framework Task Group, 2018.

BRUMANA, R. et al. Towards a semantic based hub platform of vaulted systems: HBIM Meets A GeoDB. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 42(2/W11), 301–308. 2019. Disponível em: https://doi.org/10.5194/isprs- archives-XLII-2-W11-301-2019. Acesso em: 15 set. 2020

CANUTO, C. L. Gestão do Patrimônio Edificado Moderno: a adoção HBIM e DT na Conservação Preventiva.2020. 83 f. Qualificação (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

CANUTO, C. L.; SALGADO, M. S. HBIM PARA FM: Tendências em Facilities Management através de Tecnologias Digitais. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...] IAU-USP, 2019.

CANUTO, C. L.; SALGADO, M. S. Modelo BIM do Palácio Gustavo Capanema 1937-1945: pela preservação digital do patrimônio moderno. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v.15, n.1, p.101-116, jan.2020a. http://dx.doi. org/10.116/gtp.v14i1.152823

CODINHOTO, Ricardo, Beatriz Campos Fialho, Lidia Pinti, and Márcio Minto Fabricio. "BIM and IoT for Facilities Management: Understanding Key Maintenance Issues." In Handbook of Research on Driving Transformational Change in the Digital Built Environment, pp. 209-231. IGI Global, 2021.

COELHO, Carla M. T. et al. Recuperação de acervos de arquitetura em Manguinhos: contribuição para estudos de preservação de edifícios modernos. In: 9º seminário docomomo brasil, Brasília, 2011.

DIN, E.: Safety of machinery—general principles for design—risk assessment and risk reduction (BS EN ISO 12100: 2010). German version EN ISO, 12100, 2011.

FINCH. E. (ed). Facilities change management. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.

GRIEVES, M.; VICKERS, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches. Eds.; Springer International Publishing: Charm, Switzerland, 2017; pp. 85–113. ISBN 9783319387567.

HOU, H. C., REMÖY, H., WU, H. Digital twin to enable smart heritage facilities management: a systematic literature review. Proceedings of the 27th Pacific Rim Real Estate Society Annual Conference, PacifiRRRc Rim Real Estate Society (PRRES). 2021

International Facilities Management Association (IFMA). North America: Operations and Maintenance Healthcare Benchmark Report. 2020

JOUAN, P.-A., HALLOT, P. Digital twin: a HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness. In: CIPA International Symposium, 2019, Ávila, Spain. Anais [...]. Disponível em: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-609-2019, 2019. Acesso em Março de 2020.

MAIA, A. L. M.; Análise preliminar de riscos em uma obra de construção civil. Revista Tecnologia & Informação: ano1, n.3, p.55-69, JUL./OUT.2014. UFRGN, 2014.

MAXWELL, I. Integrating Digital Technologies in Support of Historic Building Information Modelling: BIM4Conservation (HBIM). A COTAC Report. London: COTAC. 2020. Disponível em :http://cotac.global/resources/COTAC-HBIM-Report- Final-A-21-April-2014-2-small.pdf. Acesso em: 19 agosto 2020

MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. Parametric Vector Modelling of Laser and Image Surveys of 17th Century Classical Architecture in Dublin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE - VAST2007, 8., 2007, [S.l.]. Proceedings... [S.l]: [s.n], 2007

OLIVEIRA, B.T.; COSTA, R.G.; PESSOA, A.J.S. Um lugar para a ciência: a formação do campus de Manguinhos. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

RODERS, P. A. R., & HUDSON, J. Change management and cultural heritage. In: E. Finch (Ed.), Facilities change management (pp. 175-190). 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1002/9781119967316.ch12. Acesso em: 28 maio 2019.

SALGADO, M.S.; MAGALHÃES, C. R.; SANTOS, E. R.; CANUTO, C. L. A GESTÃO DE PROJETOS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia. In: ENCONTRO NACIONAL DETECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais [...] Porto Alegre: ANTAC, 2020.

SEGRE, Roberto. Ministério da Educação e Saúde ícone urbano da modernidade brasileira. São Paulo: Romano Guerra editora, 2013

VESELY, W et al. Fault tree handbook. Washington: US Nuclear Regulatory Commisision, 1981.

EMPREGO DO HBIM NA PRODUÇÃO DE MAPA DE DANOS: CASA MANTOVANI EM ERECHIM, RIO GRANDE DO SUL

Use of HBIM in the production of damage map: Mantovani's house at Erechim, Rio Grande do Sul

Gabrielle Foletto do Carmo

Discente, Universidade Federal da Fronteira Sul, gabrielledocarmo@outlook.com.

Giovana Nunes

Graduanda, Universidade Federal da Fronteira Sul, giovananunessch@gmail.com

Pedro Gonçalves

Doutor, Universidade Federal de Goiás, pedrogoncalves@ufg.br

Resumo

A produção do mapa de danos é essencial em um projeto de intervenção no patrimônio histórico. Apesar de sua relevância, é possível apontar que ainda não existe um consenso sobre a melhor forma de produção do mesmo, além de não ser comum o uso de um software específico, sendo que a maior parte dos mapas é realizado através de representações gráficas com hachuras nas fachadas das edificações estudadas. O presente artigo busca realizar uma abordagem teórica a respeito das formas eficazes da realização do mapa de danos, bem como apresentar uma ferramenta BIM que apresenta informações parametrizadas sobre o mapeamento, a fim de avaliar se de tal forma é possível tornar o processo mais eficaz e apresentar resultados com maior precisão.

Palavras-chave: Patrimônio Material; Mapa de Danos; HBIM

Abstract

The production of the damage map is essential in an intervention project in heritage buildings. Despite its relevance, it is possible to point out that there is still no consensus on the best way to produce it, and the use of a specific software is not common, and most maps are made through graphical representations with hatches on the facades of studied buildings. This article seeks to carry out a theoretical approach regarding the effective ways to make a damage map, as well as to present a BIM tool which presents parameterized information about the mapping, in order to assess whether it is possible to make the process more efficient and to present results with more precision.

Keywords: *Material Heritage; Damage Map; HBIM*

1. INTRODUÇÃO

Conforme o Artigo 216 da Constituição Federal, patrimônio cultural é um conceito definido como "[...] bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira[...]". Isto posto, o presente artigo trabalha mais especificamente com o patrimônio material imóvel, que em concordância com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), estão incluídas cidades históricas, bens individuais, sítios arqueológicos e/ou paisagísticos.

O termo Heritage Building Information Modeling (HBIM) vem sendo utilizado para representar a aplicação da metodologia BIM em edifícios históricos, os quais facilitam o processo de análise além de possibilitar precisão na manipulação dos dados. De tal modo, o HBIM permite que edificações históricas sejam representadas em ambientes digitais enquanto seus dados são processados de modo paramétrico, relacionando desenhos 2Ds, 3Ds, informações de materiais, estruturas e demais elementos. De tal forma, é possível compreender o presente e planejar o futuro a partir de intervenções, métodos e planos de conservação de forma que todas as informações estejam interligadas entre si.

Considerando que a ineficiência na conservação patrimonial material pode afetar de modo negativo a conservação da cultura e da história, bem como a própria segurança pública devido a construções em colapso (RUGGIERO et al, 2021), é relevante que os meios de medição e análise sejam realizados do modo mais preciso possível. Graças ao avanço tecnológico, conforme Ruggiero et al (2021), a evolução da manutenção no setor construtivo tem conduzido a possibilidade de importar modelos e metodologias passando por uma digitalização dos dados, possibilitando a gestão de projetos com uma ampla gama de possibilidades e ferramentas.

Sendo assim, para o desenvolvimento do presente artigo buscou-se explorar a ferramenta BIM para a produção de mapa de danos de uma edificação histórica da cidade de Erechim - RS, utilizando de um software inovador em termos patrimoniais. O trabalho tem como objetivo ressaltar a importância do mapa de danos e da conexão dos trabalhos patrimoniais com a indústria tecnológica, a fim de que se obtenham resultados mais precisos e coerentes.

Para tal, o primeiro momento deste artigo busca explorar um referencial teórico englobando autores que discorrem sobre as melhores estratégias para a realização do mapa de danos, bem como seus itens essenciais e discussões sobre o assunto, relacionando o processo de mapeamento com as ferramentas BIM disponíveis. Após a explanação teórica traz-se um apanhado de informações acerca da edificação estudada no presente artigo, a Residência Mantovani na cidade Erechim-RS, e em seguida são apresentados os processos e resultados do mapeamento de danos realizado para a mesma.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O patrimônio cultural brasileiro encontra-se em um contexto de questões desafiadoras, as quais contam com riscos ambientais, mudanças climáticas, ações negativas do homem e carência de conscientização. Segundo Conti et al. (2020), os novos softwares que permitem modelar mais facilmente junto aos sistemas de gerenciamento, auxiliam na disseminação do conhecimento, já que o acesso é facilitado por esses sistemas até para trabalhos menos conhecidos. Os autores afirmam ainda que existe um interesse maior da utilização do BIM inserido no patrimônio, com o objetivo de auxiliar e aprimorar a documentação dos edifícios, uma vez que pode ser feita através do meio digital empregando o software.

Cunhou-se por Murphy, McGovern e Pavia (2007) o termo HBIM ou Historic Building Information Modeling, designando a utilização do mecanismo BIM para produção dentro do campo de patrimônio. De acordo com Silva e Cuperschmid (2019) com a ascensão dos softwares 2D, mapas de danos começaram a ser produzidos nesses meios. A metodologia BIM é investigada neste artigo para averiguar a possibilidade de ser um recurso mais útil à produção de mapas de danos, tendo em vista a parametrização dos dados e modelagem 3D automatizada.

A pesquisa relacionada ao HBIM no exterior é melhor difundida e tem sido feita em maior escala em países que possuem uma quantidade ampla de edifícios e monumentos patrimoniais. No Brasil, infelizmente, existe carência na documentação adequada de muitas das edificações pertencentes ao patrimônio, dessa forma, a pesquisa dentro do HBIM é ainda muito lenta e precisa ser melhor explorada (SILVA; CUPERSCHMID, 2019). À vista disso, Tolentino (2016) propõe o uso do HBIM não só para facilitar a documentação patrimonial no Brasil mas também para fomentar a pesquisa nesse campo.

2.1 Mapa de danos e HBIM

O Mapa de Danos é um importante componente do Projeto de Intervenção do Patrimônio Histórico. Conforme o Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural (2005), o mapeamento de danos é constituído por representações gráficas que expressam todos os danos existentes em um determinado edifício histórico. Entre essas deformações que as edificações podem possuir estão inclusas “[..] fissuras, degradações por umidade e ataque de xilófagos, abatimentos, deformações, destacamento de argamassas, corrosão e outros.” (MINISTÉRIO DA CULTURA, 2005, p. 28). Em conjunto com a representação gráfica é necessário indicar ainda os agentes e causa das degradações apontadas no documento.

De tal forma, o mapa de danos é um documento fotográfico e gráfico que contém todas as informações sobre as patologias dentro de uma edificação quanto ao sistema construtivo, conjunto estrutural, materiais e técnicas utilizadas. É uma base de dados muito importante

em relação ao conhecimento sobre a conservação do patrimônio histórico e sobre a tomada de decisão para futuras intervenções.

Conforme Tinoco (2009), existe igualmente um recorrente equívoco no uso dos termos “mapa de danos” e “mapeamento de danos”, pois são empregados para designar uma mesma atividade tendo no entanto definições diferentes. O autor afirma que o mapa de danos é o documento final produzido, o qual contém informações sistematizadas acerca do estado de conservação e situação de um edifício. Já o mapeamento, é um processo anterior ao mapa, que busca averiguar as condições da edificação e reunir os dados obtidos sobre as deteriorações para logo depois ser desenvolvido um mapa de danos conciso.

De tal forma, o mapeamento se encaixa na fase de Diagnóstico, avaliando os danos e gerando um documento determinado como Mapa de Danos, que contenha uma síntese das alterações estruturais, funcionais e aparentes dos materiais, podendo ainda indicar o quadro evolutivo do estado de conservação e apontar a intensidade da degradação atual do edifício estudado (LIMA et al, 2017). Sendo assim, o mapeamento de danos é o processo, e o mapa de danos é o produto final obtido através das análises.

Os elementos para a confecção do Mapa variam no meio acadêmico, mas devem ser explorados para proporcionarem representação da melhor maneira possível. Os elementos podem ser classificados em Representação Gráfica, nele contendo desenhos arquitetônicos, perspectivas tridimensionais, fotografias de alta resolução, fotogrametria, entre outros. Relacionado com os elementos de representação gráfica devem estar presentes fichas de identificação, que exprimem “imagens, localização do dano, quantificação dos elementos e áreas danificadas, manifestação, origem, natureza e ação corretiva, descrevendo o método de execução da ação corretiva." (BARTHEL, LINS E PESTANA, 2009, p.18).

Os danos são tradicionalmente identificados através de hachuras nas representações gráficas da edificação. Com o avanço das tecnologias disponíveis, diversos métodos podem ser utilizados para representar os locais estudados, como a fotografia de alta resolução, simulação digital foto realística, scanner digital ou fotogrametria.

Algumas informações teóricas ainda tem sua devida relevância no Mapa de Danos e no estudo do imóvel, como a situação física, histórica e social do edifício, sua localização, situação legal, data de construção, estilo arquitetônico, contexto histórico, contextualização social e urbana, declaração de significância e quaisquer outras informações que auxiliem na compreensão do edifício, dos cuidados necessários e da importância da conservação para a cultura local (BARTHEL, LINS E PESTANA, 2009). Ao finalizar o Mapa, deve-se indicar as ações corretivas e preventivas para as ações de conservação, considerando uma investigação das causas das patologias para evitar que as mesmas se repitam futuramente (BARTHEL, LINS E PESTANA, 2009).

Com o mapa de danos podemos prever da melhor maneira a manutenção ou correção no patrimônio, levando em conta que já se sabe de antemão quais as patologias e que tipo de tratamento esse monumento consegue receber de acordo com seu estado de conservação.

O mapeamento de danos é uma etapa dentro do processo de intervenção em edificações históricas, porém o mesmo carrega uma grande importância para conservação do bem. A manutenção adequada das edificações é imprescindível para prolongar a vida útil das mesmas, e o mapeamento de danos dentro do processo de intervenção serve como base para traçar um plano de restauro.

Apesar de sua relevância e da possibilidade da análise aprofundada do estado de conservação através do mapa de danos, ainda existem divergências em sua elaboração (ALBUQUERQUE et al, 2020). No Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Histórico não é especificado a maneira de se produzir um mapa de danos, sendo que em alguns casos o mesmo é representado de forma incompleta ou inadequada, ao passo que muitos projetos de intervenção não utilizam dessa estratégia (BARTHEL, LINS E PESTANA, 2009).

Ainda segundo Barthel, Lins e Pestana (2009), existem casos onde o mapa de danos não representa sua complexidade necessária, limitando-se ao diagnóstico ou correção dos danos existentes, e não ao tratamento efetivo, de tal forma que as mesmas manifestações irão degradar a edificação com o passar do tempo. Sendo assim, faz-se necessário que o Mapa de Danos contenha uma investigação aprofundada, completa e confiável, a fim de que seja possível indicar ações corretivas eficazes que irão garantir a funcionalidade do edifício pelo maior tempo possível (BARTHEL, LINS E PESTANA, 2009). Um bom mapa de danos influencia diretamente na realização das etapas seguintes do projeto e na conservação efetiva de um edifício.

O projeto de intervenção patrimonial é muito importante para que a vida dos edifícios patrimoniais possa ser prolongada e preservada para as futuras gerações. Assim, Lima et al. (2017) ilustra que existem etapas dentro do restauro tais como a manutenção, reabilitação e restauração. Da mesma forma, dentro de um projeto de intervenção e em uma determinada edificação patrimonial, é necessário seguir processos como a identificação do bem em questão, diagnóstico, e a proposta de ação para o patrimônio. Todavia, há uma dificuldade enfrentada na maior parte dos softwares que utilizam da tecnologia de parametrização onde, segundo Barrile e Fotia (2021), esses softwares foram desenvolvidos para representar novas construções, e não dispõem da totalidade de ferramentas necessárias para representar com apuração as edificações históricas. Os autores citam que é necessário adicionar ao modelo BIM informações como documentação histórica, análise de deformações e níveis de detalhes aprofundados.

O estudo realizado por Lima et al. (2017) utilizou os softwares Revit e Archicad com o objetivo de identificar qual, entre ambos os programas BIM, seria o mais vantajoso no que diz respeito à disponibilidade de recursos e facilidade de uso, e se ambos chegariam ao resultado esperado dentro do proposto. Foi escolhida uma casa térrea localizada no centro histórico de São Luís no Maranhão, de estilo colonial pertencente ao século XVIII /XIX, feita de alvenaria de pedra, madeira, argamassa de cal e barro, reboco com conchas e tinta à base d'água. A casa está, até os dias atuais, deteriorada pelas intempéries e foram registradas patologias

como descolamento da tinta, corrosão, oxidação, sujidade, vegetação nas fissuras, microrganismos, manchas de umidade, madeira apodrecida e etc.

Os pesquisadores, por meio de softwares como o Archicad como o Revit, obtiveram resultados satisfatórios, com o primeiro software compreendendo algumas vantagens em detrimento do segundo. Destarte, as maiores dificuldades na produção de mapa de danos com o uso do BIM ainda se mostram na supressão de algumas normas técnicas para o desenvolvimento de documentos. Isto se dá pelo fato de que grande parte dos Softwares BIM não foram programado para o uso em edificações patrimoniais, o que deixa de englobar importantes necessidades salientadas anteriormente por Barrile e Fotia (2021).

Adicional aos pontos de vista colocados sobre o BIM e o patrimônio, está a pesquisa de Conti et al (2020), realizada na Itália para levantar informações, modelar e posteriormente elaborar um mapa de danos na Ponte Carlo III, um aqueduto encomendado pelo então rei de Nápoles e Sicília no século XVIII. O objetivo era testar a metodologia HBIM para construções patrimoniais. O software da Autodesk, Revit, foi empregado para fazer a modelagem e a confecção do mapa de danos. Uma característica desfavorável do BIM, segundo os autores, é que o programa possui um recurso denominado "famílias" que foi projetado para parametrização de novas construções e não para o patrimônio em si, dessa forma, essa ferramenta é inadequada para edificações como essas. Similarmente, existe certa carência na precisão da modelagem para essas construções, o que torna a inserção de fissuras e irregularidades ineficiente. Aspectos como esse formam barreiras na produção de materiais referentes ao patrimônio não só arquitetônico mas também arqueológico, ademais, o risco de se realizarem modelos sem informações concretas é grande no BIM já que a as camadas interna de paredes, pisos e demais elementos de edifícios patrimoniais não é totalmente conhecida se não houver um estudo mais aprofundado através de prospecção e outros métodos (CONTI, et al. 2020).

Como resultado da pesquisa citada acima, os autores descrevem que são necessárias mudanças no método BIM que satisfaçam as demandas de modelagem do patrimônio. Uma das ações possíveis para a melhoria do recurso é a padronização do uso do software em HBIM para que arquitetos, restauradores e demais profissionais do campo possam utilizá-lo.

Para a elaboração dessa pesquisa utilizou-se da tecnologia BIM *Edificius*, que foi desenvolvida pela ACCA Software S.p.A. com ferramentas voltadas à área de patrimônio, as quais permitem uma análise que relaciona diversos elementos para uma compreensão mais ampla do edifício. O Software permite que seja feita a análise da fachada através do Mapa de Dano, relacionando os mapas realizados com informações de materiais e tipo de degradação. Para comprovar as hipóteses levantadas, foi realizado um estudo de caso de residência localizada em Erechim, através da produção do mapa de danos com o software *Edificius*.

2.2 Objeto de Estudo: Residência Mantovani

A residência analisada é localizada na cidade de Erechim, no norte do Rio Grande do Sul, conforme o mapa abaixo:

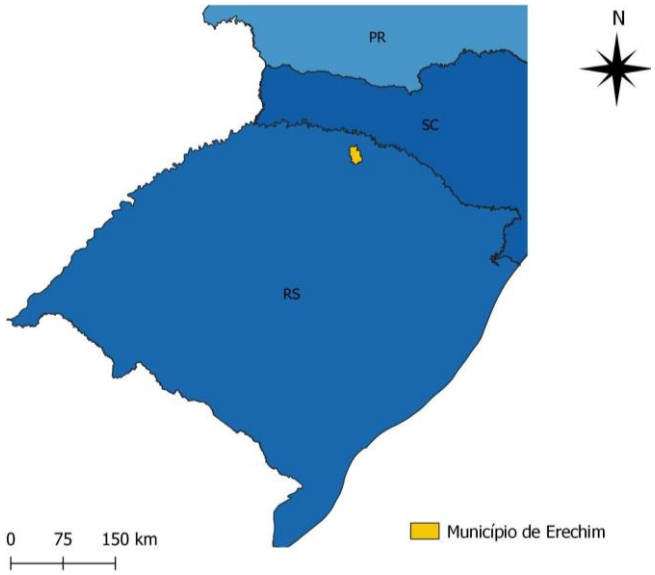


Figura 1: Localização de Erechim no Rio Grande do Sul. Fonte: Elaborado pelos autores.

A cidade teve início de sua urbanização no ano de 1904, a partir do traçado da ferrovia que ligava Porto Alegre a São Paulo, e os primeiros moradores deste espaço ocupavam terras cobertas por mata nativa e grande disponibilidade de madeira (PRESTES, 2012). Ainda segundo Prestes (2012), devido à ampla disponibilidade do material, as edificações em madeira foram as primeiras da cidade, mas foram destruídas em sua maioria por incêndios que devastaram a cidade. Sendo assim, a residência Mantovani é uma das últimas construções de madeira localizada em área central, e apresenta grande relevância nos acontecimentos históricos de Erechim.



Figura 2: Localização da Residência Mantovani na cidade de Erechim.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Por se localizar no centro da cidade, o entorno da edificação conta com prédios dos mais variados tipos, sendo heterogêneo com edificações tanto históricas, como a própria Prefeitura de Erechim de vertente eclética, quanto contemporâneas. Construída em 1926, é fruto da primeira etapa de construção em madeira na cidade, e carrega até os dias atuais seu legado da colonização do município (INVENTÁRIO DE BENS CULTURAIS DE ERECHIM, 2016).



Figura 3: Residência Mantovani. Fonte: Prefeitura Municipal de Erechim, 2021. Disponível em: <https://cultura.erechim.rs.gov.br/mapa-virtual/>.

O imóvel datado no ano de 1926 fica no centro da cidade, próximo da Prefeitura Municipal, na Av. Presidente Vargas, tendo caráter colonial. A residência em madeira, é composta por tábuas largas de aproximadamente 20cm e vedação em mata-junta, e possui porão em alvenaria, varanda em "L" e guarda corpo especial trabalhado artesanalmente, característica típica das edificações em madeira da cidade. Sua cobertura é feita em telhas cerâmicas e composta por duas águas no volume principal, duas águas menores na varanda e uma água apenas em dois blocos menores onde são localizados banheiros e cozinha. Possui cor predominante de amarelo claro, aberturas e elementos arquitetônicos brancos. As portas e esquadrias e são também em madeira, contando com duas folhas de abrir com bandeira. (INVENTÁRIO DE BENS CULTURAIS DE ERECHIM, 2016)

2.3 Metodologia

A presente pesquisa foi elaborada primeiramente através de levantamento bibliográfico, os quais deram respaldo à análise feita a seguir por meio de estudo de caso. Foram realizadas pesquisas para a obtenção de dados da casa estudada, sendo que as plantas baixas técnicas foram disponibilizadas pelo Departamento de Patrimônio Histórico, Artístico e Cultura da Secretaria de Cultura, Esporte e Turismo de Erechim, RS.

A residência analisada foi modelada em um software BIM que apresenta funcionalidades específicas para análise patrimonial, sendo ele o *Edificius* versão 10.0.6.0, licenciado pela ACCA Software S.p.A. Acredita-se que com as ferramentas exclusivas para modelagem e

análise de edificações históricas podem-se encontrar resultados mais expressivos e objetivos com a utilização do software.

Algumas das ferramentas disponíveis no software *Edificius* vinculadas ao patrimônio são, por exemplo, a ampla gama de biblioteca de materiais, esquadrias, guarda-corpos, telhados e outros elementos construtivos que são usualmente utilizados em edificações patrimoniais. Além disso, é possível construir lajes em madeira, abóbadas, nervuras e nichos, além de contar com as ferramentas de identificação de áreas de degradação, lesões e ortoimagens.



Figura 4: Funcionalidades específicas para patrimônio contidas no *Edificius*.
Fonte: Adaptado de *Edificius* pelos autores.

É importante ressaltar que, apesar de apresentadas essas funcionalidades específicas à modelagem de edificações patrimoniais, diversas ferramentas além podem ser utilizadas para a modelagem que dão suporte tanto a edificações já existentes quanto novas. Além disso, estas ferramentas podem parecer escassas, porém já são um diferencial comparado a outros softwares que utilizam o sistema BIM, como citado anteriormente, os quais não possuem suporte específico para edificações históricas.

Para a modelagem da Residência Mantovani, foram especificadas no modelo, paredes de madeira nos andares superiores e Alvenaria de tijolos convencionais no térreo/porão. Para compor as esquadrias dos andares superiores foi utilizado o modelo padrão de janela em madeira, com adaptação do número de folhas, aberturas e medidas para coincidir com o modelo existente. As aberturas do pavimento térreo foram realizadas também com o modelo padrão, mas adaptadas com outras dimensões. Ainda a parte de guarda corpo da varanda pôde ser representada através de modelo disponível na biblioteca do Software, devido a ampla gama de opções que se encaixam nos modelos históricos.



Figura 5: Residência Mantovani. Fonte: Acervo dos autores.



Figura 6: Residência Mantovani modelada em *Edificius*. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à produção do mapa de danos, optou-se por realizar o mapeamento de danos em apenas uma das fachadas existentes, pois era a única com visibilidade ampla sem obstáculos na frente como árvores e muros. Outro ponto que influenciou na decisão foi o fato de a fachada escolhida ter conexão direta com a rua, auxiliando no acesso e possibilitando a captura de imagens.

Primeiramente foi realizada a inserção de ortofotos da residência tiradas *in loco*, dessa forma, foi necessário alinhar as imagens com a fachada de interesse no modelo 3D. A seguir, foram modeladas as fissuras e degradações a partir das ferramentas HBIM fornecidas pelo software, desenhando cada uma delas com base nas imagens inseridas. Executando a modelagem de fissuras foi possível identificar por categorias já pré-existentes no programa qual o tipo de dano, tamanho, adicionar diferentes tipos de hachuras e cores para identificação desses no mapa, bem como espessura de linhas, e materiais.

3. RESULTADOS

A partir das etapas explanadas anteriormente, foi realizado o Mapa de Danos de uma das fachadas da Residência Mantovani, o qual é apresentado na Figura 7 abaixo. Este mapa, bem como a legenda do mesmo, é gerado de forma automática no programa após a inserção das informações.



Legenda degradação

Simbologia	Descrição
	Deteriorado apodrecimento das paredes de madeira
	Ferrugem oxidação do ferro devido ao contato com o oxigênio presente na água e no ar.
	Humidade ascensional Limite de migração de água que se manifesta com a formação de eflorescências e/ou perda de material. Geralmente é acompanhado por variações na saturação de cor na área subjacente.

Figura 7: Mapa de danos Residência Mantovani modelada em *Edificius*.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Sendo assim, após selecionar os tipos de degradação já disponíveis no programa, o mesmo gerou a legenda com as categorias, cores e descrição das degradações. Essa automação facilita o processo de modelagem e mapeamento, otimizando o tempo e obtendo resultados automatizados. Ainda assim, percebe-se que a automação pode ser um fator limitante, visto que a produção do mapeamento se dá apenas através das ferramentas disponíveis, bem como seus materiais e métodos de desenho. Através do processo manual muitas vezes é possível identificar com maior liberdade os danos, e consequentemente o mesmo pode vir a ficar mais completo.

Observou-se quanto ao software algumas especificidades de uso, como dificuldade na modelagem dos danos com bugs inconvenientes ao desenhar manualmente as fissuras, o que acabou por atrasar a produção do mapa. Ademais, é necessário uma máquina com maior poder de processamento, visto que o programa exige bastante do dispositivo utilizado, causando lentidão e demandando maior empenho para trabalhar com o software.

Referindo-se às vantagens, o programa é intuitivo e não requer grandes habilidades para iniciar a modelagem. O sistema HBIM e suas ferramentas, do mesmo modo, mostraram-se fáceis de serem utilizadas e com uma diversidade de opções sobre danos, fissuras, degradações, hachuras, colorações, materiais, entre outros.

O mapa produzido para o presente artigo possui a perspectiva de auxiliar na conservação do imóvel, visto que a partir das informações contidas no documento é possível prever planos de ações que se enquadrem nas necessidades específicas de restauro da residência. Com informações detalhadas e parametrizadas dos danos, é possível também traçar medidas de prevenção dos danos, fazendo com que os mesmos não voltem a afetar a edificação no futuro. Além disso, o Mapa de Danos pode ainda servir para fins de documentação da casa, servindo de pesquisa para futuros trabalhos que tenham como o objetivo a preservação do imóvel. De tal forma, têm-se um registro técnico das deteriorações que já atingiram a edificação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para preservar a história da humanidade e do local onde as pessoas vivem é necessário um cuidado especial com as edificações patrimoniais. As mesmas carregam grande importância cultural, pois traduzem modos de vida, cultura e técnicas de tempos passados. Para a preservação dos mesmos, além da importância de divulgação e educação patrimonial, é essencial que projetos de intervenção e restauração sejam realizados, de forma a possibilitar o uso pleno das edificações.

A utilização de novas tecnologias, principalmente do sistema BIM, traz facilidades projetuais de edificações contemporâneas, permitindo com que se obtenham dados mais precisos e com coerência. De tal forma, existe uma produtividade do processo e maximização dos resultados, fazendo com que se aumente a eficiência dos projetos.

Todavia, conclui-se que os softwares BIM ainda estão em um processo de aprimoramento para a modelagem e análise de edificações históricas, onde os resultados carecem de profundidade de informações. Mesmo através do *Edificius*, programa desenvolvido para este fim, são encontradas dificuldades de representação da complexidade arquitetônica presente em edifícios patrimoniais. Além disso, é necessário com que se tenha uma maior liberdade de modelagem de formas não ortogonais, visto que as modelagens são limitadas a formas puras, e mesmo que os softwares BIM contem com algumas ferramentas para modelagem de elementos mais elaborados, se impõe uma dificuldade de representação de formas integrantes da edificação e seus detalhes.

Outro ponto que se faz necessário ressaltar é justamente a criação do mapa de danos que, como já citado anteriormente, possui algumas limitações devido à automatização dos processos. O mapa gerado neste artigo possui informações não tão aprofundadas, visto que foi gerado de forma automática pelo software. Além disso, existe uma dificuldade de inserção das manchas de degradação e a aparição de pequenos bugs do sistema no ato dos desenhos, embaralhando a plena representação e entendimento dos dados.

Por fim, aponta-se ainda a necessidade de regulamentação para a produção do mapa de danos, de modo que se tenha um ponto de partida ao realizá-lo e que sejam exigidos requisitos para maior compreensão dos danos e da edificação. De tal forma será possível encontrar um ponto comum para a produção, padronizando-a e fazendo com que a mesma seja mais eficaz.

Além da regulamentação do mapa de danos, outro fator importante para a promoção da conservação patrimonial é o ensino nos cursos de arquitetura, os quais devem propor a associação dos aspectos técnicos de conservação e restauro com as tecnologias digitais, as quais possuem grande relevância e sua utilização vem se dando de forma cada vez mais intensa. Logo, integrar os projetos patrimoniais à tecnologia é permitir com que os mesmos sejam estudados de forma mais aprofundada e se façam presentes nas discussões contemporâneas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D.; COSTA, B.; BERENGUER, A.; ESTOLANO, A.; LIMA, N.; OLIVEIRA, R. Influência da Realização do Mapa de Danos na Manutenção Periódica de Edificações. Congresso Brasileiro de Patologias das Construções. Fortaleza. 15-17 abr. 2020. p 2420-2429. http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.234

BARRILE, V.; FOTIA, A. A proposal of a 3D segmentation tool for HBIM management. Applied Geomatics, 7 jun. 2021.

BARTHEL; C. LINS, M; PESTANA, F. O Papel do Mapa de Danos na Conservação do Patrimônio Arquitetônico. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio”. Buenos Aires. 10 e 11 set 2009.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 05 out. 1988.

CONTI, A. et al. HBIM for the preservation of a historic infrastructure: the Carlo III bridge of the Carolino Aqueduct. Applied Geomatics, 20 ago. 2020. Acesso em: 04 jul. 2021.

GOMIDE, José Hailon; SILVA, Patricia Reis da; BRAGA, Sylvia Maria Nelo. Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural. Brasília: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta, 2005

LIMA, Rogério H. F.; ARAÚJO, Bruno Gonçalves; PAZ, Gracy; OLIVEIRA, Isi Monelline. Mapa de Danos de Edificações Históricas Utilizando a Metodologia BIM. In: Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção - 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Anais… Fortaleza: Marketing Aumentado, 8-10 nov 2017.

MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. Parametric Vector Modelling of Laser and Image Surveys of 17th Century Classical Architecture in Dublin. (A. C. D. Arnold, F. Niccolucci, Ed.), The 8th International Symposium on Virtual Reality, Archeology and Cultural Heritage VAST. Anais [...]. Brighton: 2007

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Inventário de Proteção do Acervo Cultural de Erechim, de 19 de agosto de 2009. Secretaria Municipal de Cultura, Esporte e Turismo, Departamento de Patrimônio Histórico, Cultural e Artístico.

PRESTES, Simone Litwin. Sentidos e imagens do patrimônio cultural em Erechim/RS na iminência de sua preservação institucional. Dissertação de Mestrado, programa de Pós Graduação em Antropologia Social, UFSC, 2012.

RUGGIERO, G.; MARMO, R.; NICOLELLA, M.. A Methodological Approach for Assessing the Safety of Historic Buildings' Façades. Sustainability [S.l.]. 2021, n. 13. https://doi.org/10.3390/su13052812

SILVA, F. B. L.; CUPERSCHMID. A. R. M. HBIM e Patologias das Edificações Históricas: uma Análise Quantitativa da Revisão Sistemática da Literatura. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...] São Carlos: IAU-USP, 2019.

TINOCO, Jorge Eduardo Lucena. Mapa de danos: recomendações básicas. Olinda: CECI, 2009. Acesso em: 27 jun 2021.

TOLENTINO, M. M. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. In: XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics. Anais [...] Buenos Aires: 2016.

OPENHBIM: MODELAGEM DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO NO PADRÃO IFC A PARTIR DO BLENDER

OpenHBIM: architectural heritage modeling in IFC standard from Blender

Ariane Magda Borges

Doutoranda, UFBA/UFG, arianeborges@ufg.br

Natalie Johanna Groetelaars

Doutora, UFBA, natgroet@ufba.br

Resumo

O uso combinado da fotogrametria digital com a tecnologia BIM na documentação patrimonial, apresenta-se como um recurso promissor para obtenção de modelos mais ricos em detalhes e informações. O presente artigo trata dos conceitos que se relacionam com a criação de um modelo OpenBIM de uma edificação histórica e apresenta um estudo de caso no qual a malha triangular irregular, obtida por restituição fotogramétrica no software Recap Photo, serviu de referência à modelagem geométrica de um coreto em estilo eclético no software Blender. Por fim, com o auxílio do *add-on* BlenderBIM, o modelo foi configurado e exportado no padrão IFC. A análise dos resultados aponta a diversidade de conceitos de modelagem suportados e de formatos de arquivo que o Blender permite importar e exportar como principais vantagens do uso do *add-on* BlenderBIM; ressalta que o padrão IFC contribui para mitigar parte dos problemas de interoperabilidade; e apresenta a ferramenta BlenderBIM como recente, porém auspiciosa.

Palavras-chave: *Heritage Building Information Modeling*; OpenBIM; Modelagem geométrica; Interoperabilidade; Software livre

Abstract

The combined use of digital photogrammetry with BIM technology in heritage documentation, presents itself as a promising resource for obtaining models that are richer in details and information. This article deals with the concepts related to the creation of an OpenBIM model of a historic building and presents a case study in which the irregular triangular mesh, obtained by photogrammetric rendering in Recap Photo software, served as a reference for the geometric modeling of a bandstand in eclectic style in Blender software. Finally, with the help of the BlenderBIM add-on, the model was configured and exported in the IFC standard. The analysis of the results points out the diversity of supported modeling concepts and file formats that Blender allows importing and exporting as the main advantages of using the BlenderBIM add-on; emphasizes that the IFC standard helps to mitigate part of the interoperability problems; and introduces the recent but auspicious BlenderBIM tool.

Keywords: *Heritage Building Information Modeling; OpenBIM; Geometric modeling; Interoperability; Libre software*

1. INTRODUÇÃO

A documentação de um bem patrimonial é uma importante ação para sua preservação, ela é uma ferramenta que contribui para a perpetuação da memória, e, de acordo com Oliveira (2008), também consiste no testemunho iconográfico da preexistência. Existem vários métodos de levantamento de formas arquitetônicas e urbanas que, segundo Groetelaars (2004), podem ser classificados sob três perspectivas: (1) Modo de obtenção dos dados: métodos diretos e indiretos; (2) Local de obtenção dos dados: sobre o objeto ou sobre uma imagem; (3) Determinação dos pontos de interesse: no levantamento de campo, ou *a posteriori*. Cada técnica pode ser considerada mais adequada conforme o tipo de objeto, o tempo e os recursos disponíveis, além do grau de precisão que o levantamento requer. Muitas vezes, torna-se necessário o uso combinado de diferentes técnicas. No entanto, dentre os diversos métodos para aquisição de dados, a fotogrametria digital apresenta vantagens principalmente em função do baixo custo, rapidez, precisão e variedade de produtos que podem ser obtidos (GROETELAARS; AMORIM, 2008).

O processo de documentação do patrimônio cultural por meio de tecnologias digitais vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos, com variadas opções de ferramentas e de *workflows*, que muitas vezes combinam várias técnicas e diferentes programas computacionais. Contudo, para que o *workflow* seja o mais eficiente possível é preciso dar atenção à interoperabilidade entre as ferramentas envolvidas, ou seja, uma vez que nenhum programa de computador pode oferecer suporte a todas as tarefas associadas ao projeto e à produção de edifícios, é necessário se atentar para os métodos de compartilhamento de arquivos entre diferentes sistemas, evitando-se perdas de informação no processo de importação e exportação dos dados (EASTMAN et al., 2008).

Quando se trata de *Building Information Modeling* (BIM), a necessidade de interoperabilidade é ainda maior, pois a troca de informações contidas em um modelo BIM é um requisito básico para que faça sentido o modelo ou o projeto ser concebido com tal tecnologia. Os profissionais envolvidos na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) muitas vezes trabalham de forma colaborativa ao longo das fases do projeto, mas nem sempre utilizam o mesmo *software* ou formato de arquivo, o que pode dificultar a comunicação entre as partes.

Para viabilizar a troca de informações geométricas e semânticas de um modelo BIM, a buildingSMART *International*, organização internacional sem fins lucrativos que se apresenta com o compromisso de fornecer melhorias para a criação e adoção de padrões e soluções internacionais abertos para infraestrutura e edifícios, desenvolveu o padrão Industry Foundation Classes (IFC). De acordo com Zigurat (2018), a primeira versão do IFC (IFC 1.0) surgiu em 1996 e veio ao mercado para trazer um modelo neutro e interoperável para a indústria AEC. Desde então, esse padrão passou por várias versões chegando às duas versões oficiais: IFC2x3 TC1 (2007) e IFC4 ADD2 TC1 (2017).

De acordo com a buildingSMART (2021c), o esquema IFC é um modelo de dados padronizado que codifica de forma lógica: a **identidade** e a **semântica** (nome, identificador único legível

por máquina, tipo de objeto ou função); as **características** ou **atributos** (como material, cor e propriedades térmicas); e **relacionamentos** (incluindo locais, conexões e propriedades) de **objetos** (como colunas ou lajes), **conceitos abstratos** (como desempenho e custo), **processos** (como formas de instalação e operações) e **pessoas** (proprietários, designers, empreiteiros, fornecedores etc.). O IFC é um esquema que possibilita o compartilhamento de arquivos entre diferentes programas. Entretanto, o fluxo atual do IFC não permite que a modelagem seja iniciada em determinado *software* e, depois de exportado o arquivo, a modelagem seja continuada em outro programa. De acordo com Baldwin (2018), é mais preciso pensar no IFC como um meio de referenciar ou arquivar o conteúdo de um modelo, do que uma forma de trabalhar simultaneamente na modelagem a partir de programas diferentes.

Levando em consideração questões como modelagem e interoperabilidade, o presente artigo trata dos conceitos que se relacionam com a criação de um modelo OpenBIM de uma edificação histórica. Para aplicação dos conceitos, apresenta-se um estudo de caso com aquisição de dados geométricos por meio da fotogrametria digital. Em seguida, tendo como referência a malha poligonal obtida por restituição fotogramétrica no *software* Recap Photo, foi feita, no *software* Blender, a modelagem geométrica de uma edificação patrimonial (coreto em estilo eclético na cidade de Goiás, no estado de Goiás), e desenvolvida uma configuração para exportação do modelo no Blender para o padrão IFC, com o auxílio do *add-on* BlenderBIM. Ao final desse trabalho, são apresentados os resultados, as considerações e as perspectivas futuras a respeito da experimentação.

2. BIM, HBIM E OPENBIM

O National Building Information Modeling Standards (NBIMS) define o modelo BIM como:

> Uma representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação. Um modelo BIM é um recurso para o compartilhamento de informações sobre uma instalação ou edificação, constituindo uma base de informações organizada e confiável que pode suportar a tomada de decisão durante o seu ciclo de vida; definido como o período desde as fases mais iniciais de sua concepção até a sua demolição. Uma das premissas básicas do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes envolvidos nas diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação ou edificação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações de um modelo BIM para auxiliar e refletir os papéis de cada um destes agentes envolvidos. (NBIMS s/d *apud* CBIC, 2016, p. 23).

Tolentino (2016) propõe o *Historic Building Information Modeling* (HBIM), conceito introduzido por Murphy, McGovern e Paiva (2007), como uma ferramenta em contraposição à ausência de um sistema de cadastro e gestão do patrimônio arquitetônico que utilize as tecnologias digitais de forma adequada, com o objetivo de tornar o processo de documentação e gestão dos bens mais ágeis, eficazes e efetivos. Para a autora, HBIM nada mais é que a extensão do conceito BIM às edificações históricas, considerando as suas particularidades.

Para o entendimento do conceito de OpenBIM, é necessária a compreensão do que significa a palavra *Open* no contexto de programação, modificação, licença e distribuição de *software*. A primeira coisa a ser feita é entender os conceitos de *Libre Software* (Software Livre) e *Open Source* (Código Aberto), que muitas vezes são confundidos como sendo sinônimos devido à semelhança formal em vários aspectos e à origem em comum. No entanto, como será descrito a seguir, esses dois conceitos divergem em aspectos filosóficos e políticos.

Fundado em 1983, por Richard Stallman, o Movimento do Software Livre "[…] defende a liberdade dos usuários de computador — para que os usuários possam controlar o software que usam, e não o contrário." (STALLMAN, 2019, *on-line*). Devido à ambiguidade gerada pela palavra "*free*", que no inglês significa tanto "livre" como "gratuito", a comunidade prefere a expressão em inglês "*libre software*" do que "*free software*", para enfatizar que o foco é a liberdade, e não, o preço. Para que um programa de computador seja considerado um *software* livre é necessário que atenda às quatro liberdades essenciais a respeito do controle que o usuário tem sobre ele:

> (0) A liberdade de executar o programa como quiser, para qualquer finalidade. (1) A liberdade de estudar o 'código fonte' do programa e alterá-lo, de modo que o programa faça sua informática como você deseja. […] Qualquer pessoa que conheça programação, e tem o programa em forma de código fonte, pode ler o código-fonte, compreender o seu funcionamento, e também alterá-lo. […] (2) A liberdade para fazer e distribuir cópias exatas quando quiser […] (3) A liberdade para fazer e distribuir cópias de suas versões modificadas, quando quiser. (STALLMAN, 2019, *on-line*).

O rótulo "*Open Source*" atende às quatro liberdades essenciais mencionadas, mas visa ser mais flexível, sobretudo no que tange às licenças concedidas, pois o Movimento do *Software* Livre pressupõe um tipo de licença *copyleft,* ou seja, se um *software* é livre, o que dele deriva também deve ser livre. *Copyleft* é um método geral para tornar um programa (ou outra obra) livre e exigir que todas as versões modificadas e extensões do programa também sejam livres. A princípio, todo *software* livre é *Open Source,* isto é, tem código fonte aberto, auditável e expansível. No entanto, no caso do *Open Source*, o desenvolvedor do *software* deixa aberto o código do programa, mas determina as suas condições de uso, especificando, por exemplo, se um usuário tem direito ou não de realizar modificações e/ou redistribuições do código.

Por se tratar de uma ferramenta (*software* e *add-on*) de código aberto, o openBIM amplia os benefícios do BIM, "[...] melhorando a acessibilidade, usabilidade, gerenciamento e sustentabilidade de dados digitais na indústria de ativos construídos. [...] Os processos openBIM podem ser definidos como informações compartilháveis do projeto que oferecem suporte à colaboração perfeita para todos os participantes do projeto." (BUILDINGSMART, 2021c).

De acordo com a buildingSMART (2021c), os princípios do openBIM reconhecem que a interoperabilidade é a chave para a transformação digital na indústria AEC. Assim sendo, os padrões devem ser abertos e neutros, as trocas de dados devem ser confiáveis, e, com isso, a

colaboração e o fluxo de trabalho são agilizados. Além disso, a flexibilidade de escolha sobre qual ferramenta utilizar permite que as partes envolvidas trabalhem com a que se tem acesso e mais facilidade de uso. Por fim, a sustentabilidade é garantida por padrões de dados interoperáveis de longo prazo.

O Blender é um programa computacional que se enquadra na filosofia de *software* livre, portanto sua licença é *copyleft* do tipo GNU *General Public License* (licença *copyleft* livre para *software* e outros tipos de obras), assim sendo, o *add-on* BlenderBIM possibilita a criação de arquivos openBIM, ou, em se tratando do patrimônio cultural, openHBIM.

3. ESTUDO DE CASO

Por muito tempo, a documentação patrimonial esteve restrita à concepção de desenhos técnicos e fotografias dos bens patrimoniais. No entanto, com o avanço tecnológico, vários métodos foram aprimorados e novas técnicas foram desenvolvidas, sobretudo aquelas que fazem uso de aporte digital. Diante de tamanha variedade de tipos de levantamento cadastral e diversidade de finalidades, Groetelaars (2015, p. 53) ressalta que "[...] o tempo e o custo destinados a cada atividade e, consequentemente, o conteúdo da documentação, irão variar de acordo com a natureza dos objetos a serem registrados e com as circunstâncias/finalidades do projeto de documentação."

A respeito da finalidade, a proposta deste trabalho é tornar acessíveis ao público em geral, tanto o processo como o produto da documentação. Deste modo, uma das iniciativas consiste no uso de *software* livre (Blender) ou de licença educacional (como é o caso do Autodesk Recap Photo). Para tornar o arquivo resultante mais leve, e portanto, mais fácil de ser compartilhado em relação à malha poligonal obtida por fotogrametria digital, foi feita a modelagem digital por meio do Blender. A experiência piloto tem o coreto da cidade de Goiás - GO como objeto de estudo.

3.1. Coreto

Patrimônio arquitetônico de características ecléticas, o coreto (Figura 1) construído em 1920 na principal praça da cidade de Goiás, já foi palco de muitos comícios e apresentações culturais, mas atualmente abriga uma tradicional sorveteria artesanal. A construção de planta octogonal se distribui em dois pavimentos, sendo: o térreo em alvenaria de adobe; o pavimento superior com pilares, guarda-corpo e ornamentos em madeira; e cobertura metálica com estrutura em madeira.



Figura 1: Coreto da cidade de Goiás - GO. Fonte: Ariane Borges, 2021.

O coreto situa-se no centro de uma praça para a qual estão voltadas algumas das principais edificações patrimoniais da cidade (Figura 2): (1) Palácio Conde dos Arcos (antiga sede do governo estadual); (2) Igreja Matriz de Sant'Anna; (3) Edifício da Real Fazenda; (4) Igreja Nossa Senhora da Boa Morte (atual Museu de Arte Sacra).



Figura 2: Praça do Coreto e entorno: (1) Palácio Conde dos Arcos; (2) Igreja Matriz de Sant'Anna; (3) Edifício da Real Fazenda; (4) Igreja Nossa Senhora da Boa Morte.
Fonte: Elaborado pelas autoras a partir de imagem capturada do Google Maps, 2021.

3.2. *Workflow:* Fotogrametria + Modelagem Geométrica

O *workflow* adotado (Figura 3) envolve quatro etapas distintas: (1) Planejamento e tomada fotográfica em campo; (2) Processamento das fotos no *software* Autodesk Recap Photo; (3) Modelagem geométrica no Blender, usando a malha TIN como referência; (4) Inserção das informações semânticas e exportação do arquivo no padrão IFC.

(1) Planejamento e tomada fotográfica em campo	(2) Processamento das fotos no *software* Recap Photo	(3) Modelagem geométrica no Blender	(4) Inserção de informações semânticas e exportação do arquivo no padrão IFC
	PHOTO	blender	BLENDERBIM ADD-ON IFC
Planejamento a respeito do melhor horário, quantidade, angulação, distanciamento em que as fotos deveriam ser tomadas tendo como base os recursos disponíveis. Tomada fotográfica em campo com a câmera Nikon D3200. Foram levantadas 330 fotos no formato .jpg, com resolução de 6016 x 4000 *pixels*.	*Upload* de 100 fotos no formato .jpg no Recap Photo e o processamento das mesmas em "nuvem", nos servidores da Autodesk. Obtenção e edição da malha TIN texturizada em formato .rcm. Exportação do modelo geométrico inteiro e de uma secção dele no formato .obj. Exportação de ortofotos das fachadas no formato .png.	Importação do arquivo no formato .obj e modelagem geométrica interativa no Blender, tendo a malha TIN texturizada como referência das formas e dimensões.	Atribuição de informações semânticas no modelo, por meio do add-on BlenderBIM instalado no Blender. Exportação do modelo no padrão IFC, já com as informações semânticas associadas.

Figura 3: Quadro-síntese do *Workflow.* Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.2.1. Planejamento e Tomada Fotográfica

A tomada fotográfica foi feita com uma câmera Nikon D3200, com resolução de 6.016 x 4.000 pixeis. Para garantir a qualidade da iluminação e poder captar detalhes, evitando-se a projeção de sombras sobre as superfícies por causa da incidência solar direta, as fotos foram registradas entre 6 h 40 min e 7 h 10 min da manhã do dia 13 de maio de 2021. Visando a obtenção de imagens com recobrimento mínimo de 80%, a distância horizontal entre fotos foi por volta de 2,50 m, com afastamento de aproximadamente 7,00 m em torno do coreto. As 330 fotos foram tomadas no formato circular (de modo a registrar o exterior do coreto em diversos ângulos), em três alturas distintas: 1,20 m, 1,70 m e 2,40 m

3.2.2. Processamento das Fotos

A restituição fotogramétrica foi realizada no Recap Photo, ferramenta com licença educacional, que permite um processamento automatizado das fotografias. Foram selecionadas 100 fotos para processamento em "nuvem", nos servidores da Autodesk. Ao final, baixou-se a malha TIN texturizada do modelo, uma fatia da cobertura e algumas ortofotos das fachadas (Figura 4).

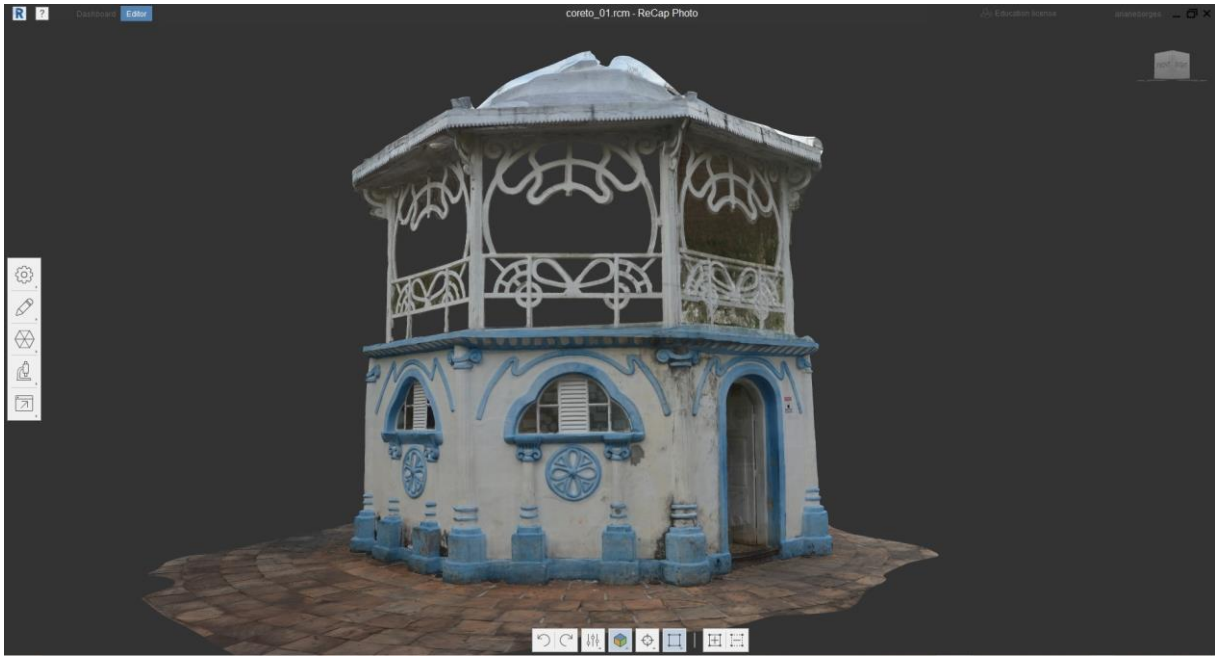


Figura 4: Malha TIN texturizada gerada no Recap Photo. Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.2.3. Modelagem digital

Inicialmente planejava-se realizar a modelagem BIM do coreto no *software* Revit da Autodesk, fazendo uso da licença educacional, assim como no caso do Recap Photo, no entanto, logo no início surgiram muitas dificuldades com relação à modelagem de formas curvas irregulares. Assim, tornou-se necessário encontrar alternativas para a representação da geometria dessas formas. Após a descoberta do complemento (*add-on*) BlenderBIM, que permite salvar arquivos com o formato IFC e possibilita a inserção de informações semânticas no modelo geométrico, optou-se pelo uso da ferramenta Blender. Além de permitir a manipulação de nuvens de pontos e de malhas poligonais, o programa também faz uso dos conceitos de modelagem de superfícies NURBS e curvas de Bézier, favorecendo à criação de formas orgânicas tão características nos ornamentos da arquitetura eclética.

O Quadro 1 ilustra algumas das vantagens de modelagem que o Blender apresenta em relação ao Revit, especialmente em se tratando de edificações patrimoniais com abundância de elementos decorativos curvos, únicos e irregulares.

Conceito de Modelagem	Blender	Revit	Observações
Extrusão sólida e modelagem de formas vazias	Suportado	Suportado	Estes são praticamente os únicos recurso de edição de geometria que o Revit possui.
Modelagem de malhas poligonais	Suportado	Não suportado	Essas funcionalidades do Blender são alguns dos diferenciais na modelagem de formas curvas e complexas, tão presentes na arquitetura eclética.
Curvas e superfícies de Bézier e NURBS	Suportado	Não suportado	
Manipulação de nuvem de pontos	Suportado	Não suportado	O Revit consegue importar a nuvem de pontos para ser usada como referência, mas não há recursos suficientes para edição.
Modelagem de escultura	Suportado	Não suportado	
Modelagem paramétrica	Suportado	Suportado	
Modelagem específica de domínio	Suportado	Suportado	No Blender é possível através do *add-on* Archipack.
Modelagem algorítmica	Suportado	Suportado	No Revit isso é feito por meio da ferramenta Dynamo e no Blender com o *add-on* Sverchok.

Quadro 1: Comparação dos recursos de modelagem do BlenderBIM *versus* Revit.
Fonte: Traduzido e adaptado de https://blenderbim.org/blenderbim-vs-revit.html. Acesso em: 15 nov. 2021

Conforme pode ser observado no Quadro 1, o Blender possui uma vasta gama de recursos de modelagem incorporados em seu sistema e, com a instalação do *add-on* Point Cloud Visualizer, também é possível manipular as nuvens de pontos. Outra vantagem é a grande variedade de complementos existentes para o Blender e que favorecem a interoperabilidade com outras ferramentas, uma vez que permitem a importação e exportação de arquivos nos mais diversos formatos.

A modelagem geométrica do coreto no Blender teve início com a importação do arquivo da malha poligonal texturizada (gerada no Recap Photo) no formato .obj. (Figura 5).

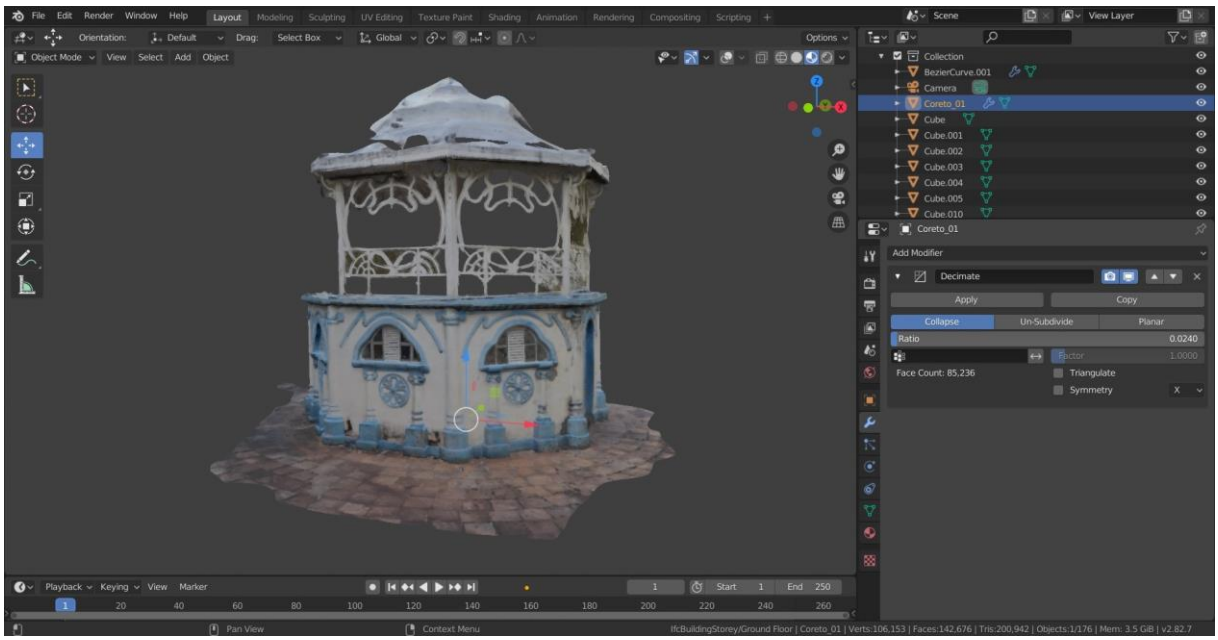


Figura 5: Malha TIN texturizada importada no Blender. Fonte: Elaborado pelas autoras.

A modelagem do térreo baseou-se inteiramente pelas formas representadas na malha TIN importada. A malha TIN serviu para determinar as profundidades dos elementos que sobressaiam do plano da parede, bem como o diâmetro dos cilindros das colunas. Os ornamentos, guarda-corpos e a estrutura em madeira do pavimento superior, por sua vez, foram modelados a partir de ortofotos geradas pelo Recap Photo. Com o comando "*import as a plane*" (*add-on* que já vem instalado na versão 2.82), as ortofotos foram usadas como referência para o desenho das curvas de Bézier. Para dar espessuras às curvas, utilizou-se o comando "solidify".

A modelagem da cobertura, que apresenta um perfil com curvas côncavas e convexas, iniciou-se por meio do fatiamento da malha TIN ainda no Recap Photo para a extração de uma seção da parte mais íntegra da malha TIN (dado que algumas partes da cobertura apresentaram falhas de representação). Em seguida, com uma curva de Bézier, a silhueta da cobertura foi desenhada e a espessura dela foi definida por meio do comando "*solidify*". Por fim, a superfície de revolução com oito lados foi criada com o comando "*screw*" (Figura 6).

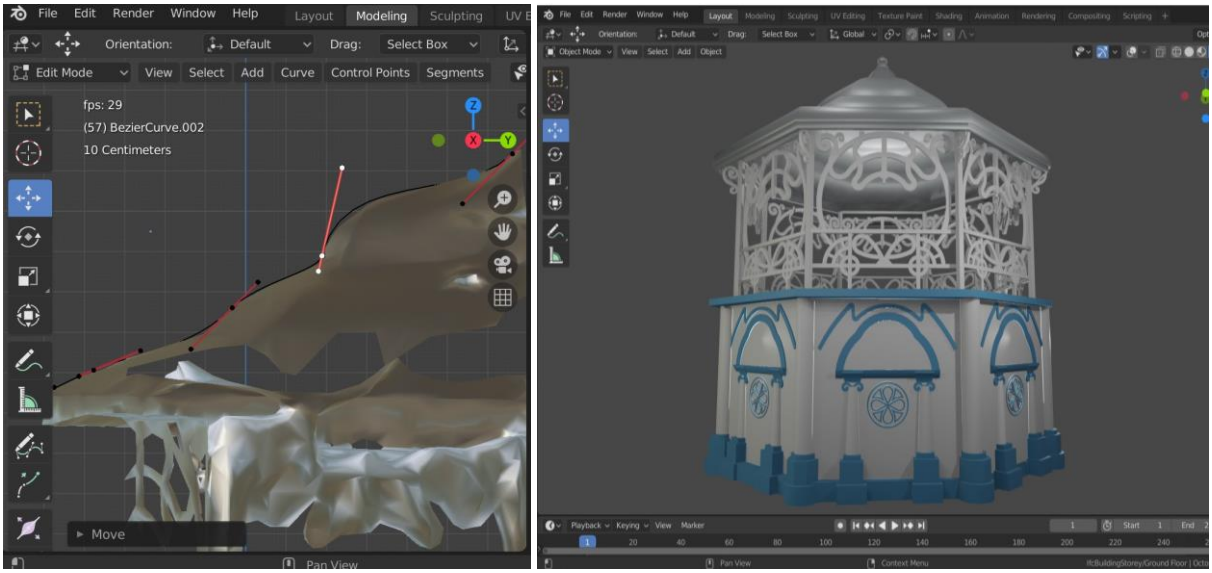


Figura 6: Modelagem da cobertura com curvas de Bézier e Coreto modelado no Blender.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.2.4. Exportação do arquivo no Padrão IFC

Para adotar o esquema IFC no Blender, primeiramente é preciso instalar e acionar o complemento BlenderBIM, em seguida, deve-se proceder as seguintes etapas: (1) criar um projeto IFC conforme detalhado na Figura 7; (2) após a coleção "IfcProjetc/My Project" ser automaticamente criada, deve-se inserir os objetos geométricos existentes em "IfcBuildingStorey/Ground Floor" ou criar outros objetos diretamente dentro do projeto IFC.

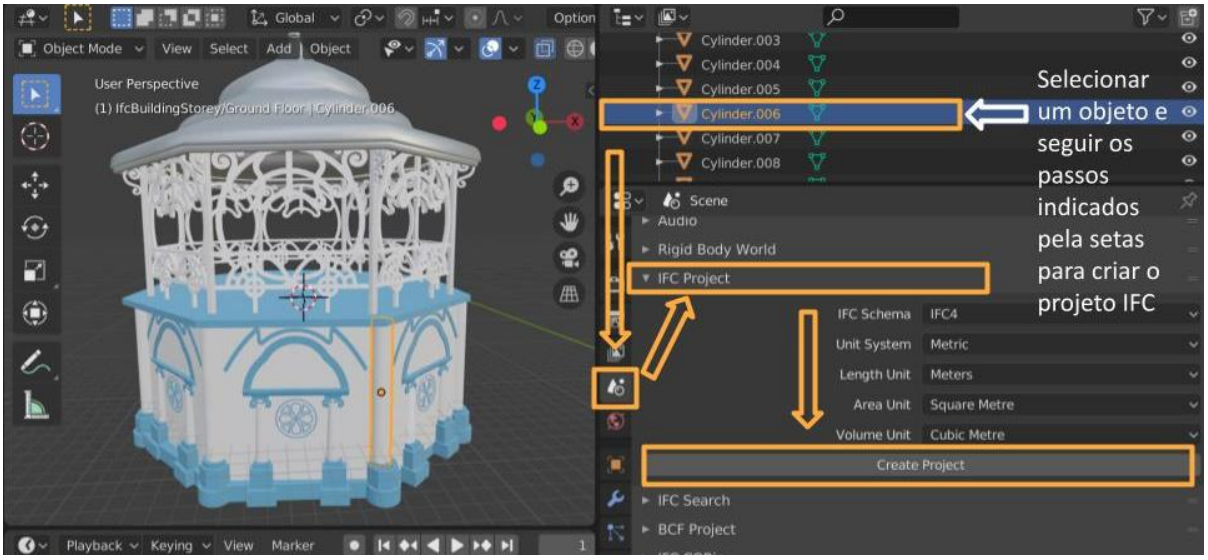


Figura 7: Criação de um projeto IFC no Blender. Fonte: Elaborado pelas autoras.

O próximo passo para o que objeto Blender se torne um objeto BIM é atribuir-lhe uma categoria dentro do esquema IFC. A Figura 8 mostra o fluxo de ações que devem ser feitas: (1) selecionar o objeto Blender; (2) definir propriedades do objeto, selecionando na seção IFC Class a classe à qual o objeto deverá pertencer (ex.: parede, coluna, piso etc.).

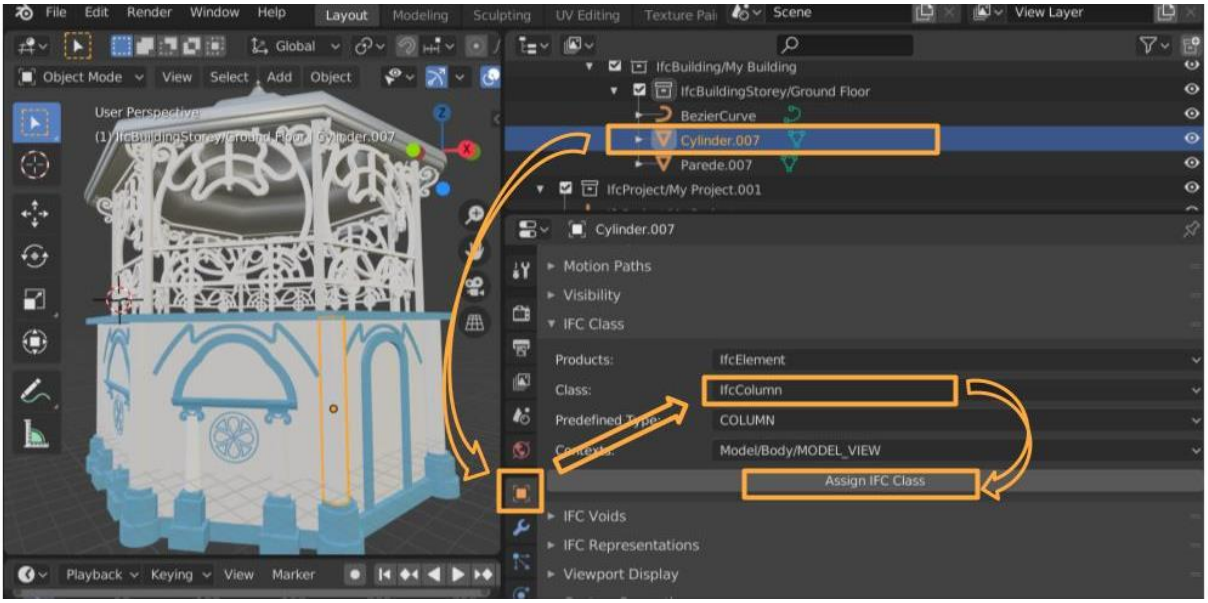


Figura 8: Conversão de um objeto Blender em um objeto BIM. Fonte: Elaborado pelas autoras.

O procedimento de atribuir uma categoria dentro do esquema IFC deve ser feito para cada nova classe. Além disso, podem ser acrescentadas várias outras informações semânticas, tais como associação de documentos externos; atribuição de materiais construtivos e criação de

uma biblioteca de materiais; etc. A Figura 9 apresenta a lista de ações possíveis em um projeto IFC e como exportá-lo com a extensão .ifc.

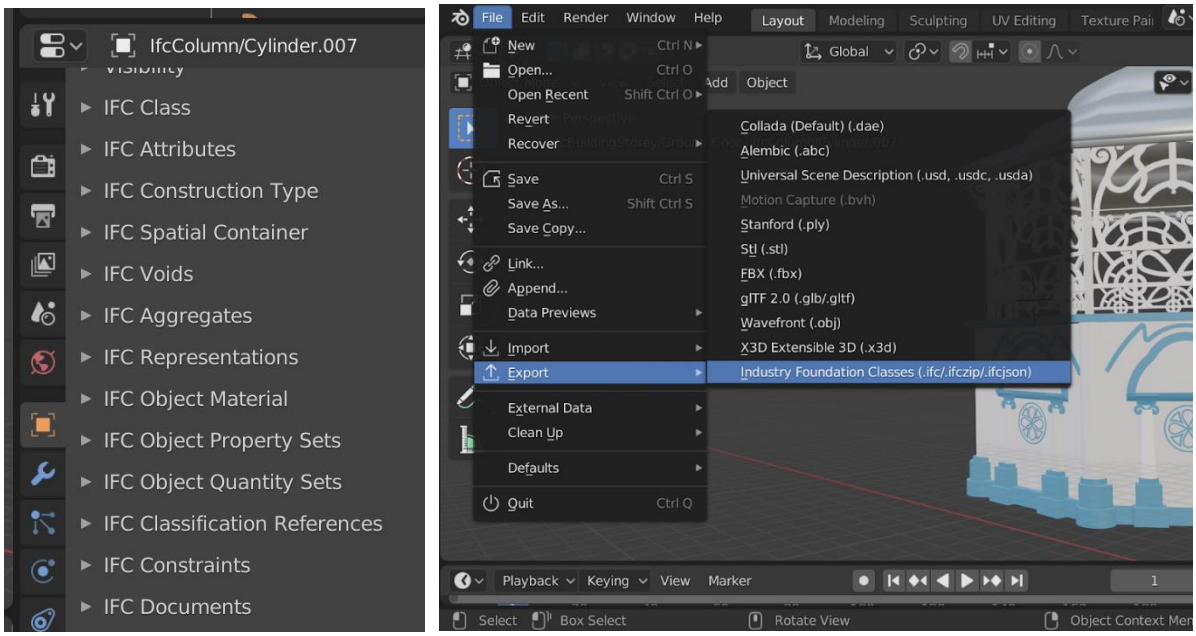


Figura 9: Lista de Informações semânticas que podem ser atribuídas ao modelo e Exportação de um projeto IFC a partir do Blender. Fonte: Elaborado pelas autoras.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A documentação do patrimônio cultural é um instrumento para sua preservação e quanto maior a riqueza de detalhes e informações que o produto resultante tiver, melhor será para a memória do bem cultural. Neste processo, a tecnologia BIM soma-se aos demais avanços tecnológicos que possibilitam a documentação do patrimônio por meios digitais, como por exemplo, a fotogrametria digital.

Quando o fluxo de trabalho envolve ferramentas diversas, a interoperabilidade é um pré-requisito que esbarra na cultura de *software* proprietário, pois o compartilhamento de arquivos e a conversão de formatos nestes casos, por vezes, leva à perda de informações, prejudicando a comunicação. O openBIM surge, então, como uma iniciativa para melhorar o fluxo de dados no compartilhamento de modelos BIM.

A principal vantagem de utilização do Blender no processo de modelagem de uma edificação histórica, deve-se à grande variedade de recursos de modelagem incorporadas à ferramenta (incluindo a representação de formas orgânicas e complexas) e à diversidade de formatos possíveis para importação e exportação, que contribuem para interoperabilidade.

O complemento BlenderBIM ainda está em fase *alfa*, ou seja, foi disponibilizado para ser testado por conta e risco dos usuários, mas por se tratar de um *software* livre, permite aos usuários programadores fazerem suas próprias adaptações e expansões nos recursos já disponibilizados.

A partir do conhecimento adquirido nesse trabalho, pretende-se expandir a experimentação com testes de compartilhamento de modelos HBIM com extensão IFC entre diversos programas proprietários e de código aberto, para verificar o grau de continuidade das informações. Além disso, outro possível desdobramento é a comparação de um *workflow* utilizando somente programas livres e outro usando apenas ferramentas proprietárias com licenças educacionais.

REFERÊNCIAS

BALDWIN, Mark. What is IFC? In: BIMconnect, 2018. Disponível em: https://bimconnect.org/en/software/what-is-ifc/. Acesso em: 4 jun. 2021.

BUILDINGSMART. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction, 2021c. Disponível em: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc. Acesso em: 10 nov. 2021.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

CBIC. Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. Câmara Brasileira da Indústria da Construção - Brasília: CBIC, 2016.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. A Fotogrametria Digital na Documentação do Patrimônio Arquitetônico. Fórum Patrimônio, v. 2, p. 5, 2008.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. 2004. 257 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2004.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2015.

MURPHY, M.; MCGOVERN, E.; PAVIA, S. Parametric Vector Modelling of Laser and Image Surveys of 17th Century Classical Architecture in Dublin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY, ARCHAEOLOGY AND CULTURAL HERITAGE - VAST2007, 8., 2007, [S.l.]. Proceedings [...]. [S.l]: [s.n], 2007.

OLIVEIRA, M. M. de. A Documentação como Ferramenta de Preservação da Memória: Cadastro, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia. Brasília: IPHAN / Programa Monumenta, 2008. 144 p.

STALLMAN, R. Software Livre é ainda mais importante agora. (Tradução do original "Free Software is Even More Important Now"). GNU Project Webpage. 2021. Disponível em:

https://www.gnu.org/philosophy/free-software-even-more-important.html. Acesso em: 15 de nov. de 2021.

TOLENTINO, M. M. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. In: CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 20., Buenos Aires. Proceedings [...]. Buenos Aires: Blucher. 2016. Disponível em: http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigradi2016/534.pdf. Acesso em: 2 jun. 2021.

ZIGURAT. IFC e Interoperabilidade BIM. Zigurat: Global Institute of Technology. c2018. Disponível em: https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/ifc-e-interoperabilidade-bim/. Acesso em: 2 de jun. de 2021.

EIXO 2

PATRIMÔNIO 4.0

Levantamento de dados in loco

Abordagens metodológicas inovadoras para detecção e aquisição de dados, mapeamento de manifestações patológicas e modelagem *as-built*; métodos e estratégias utilizando drones (*Remotely Piloted Aircraft* - RPA), *laser scanner*, fotogrametria digital e termografia.

MODELAGEM DO REAL FORTE PRÍNCIPE DA BEIRA: EXPERIÊNCIAS ASSOCIATIVAS COM NUVEM DE PONTOS E REVIT

Modelling of Real Forte Príncipe da Beira: associative experiences with point cloud and Revit

Lucas Alves Ribeiro

Engenheiro Civil, Universidade Federal da Bahia, rl.lucasribeiro@gmail.com.

João Vitor Guimarães Santos

Arquiteto e Urbanista, Universidade Federal da Bahia, vitorgs_@hotmail.com.

Resumo

A julgar pelo tempo usualmente despendido em cadastros por medição manual e adotando como objeto de análise o levantamento métrico do Real Forte Príncipe da Beira - RO, o presente registro discorre acerca do uso do Dense Stereo Matching (DSM) na geração de nuvem de pontos associada com o Autodesk Revit para modelagem geométrica e informacional de edifícios históricos, investigando a aplicabilidade da técnica e sua celeridade na fase documental. Para tanto, foi realizado o sobrevoo in loco com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) seguido da geração da nuvem via Metashape e exportação para o Revit. Constatou-se que a qualidade da nuvem de pontos obtida permite, com acurácia, identificação das formas e clareza na referenciação espacial, o que corrobora o implemento do DSM graças ao baixo custo operacional, baixa complexidade e alta reprodutibilidade, constituindo alternativa eficaz no aprimoramento do tradicional método cadastral de edificações históricas, tais quais as fortificações.

Palavras-chave: DSM; Nuvem de pontos; VANT; Fotogrametria; Edifícios históricos

Abstract

Taking into account the amount of time usually spent on manually measured surveys and adopting as the object of analysis the Real Forte Príncipe da Beira - RO, this article discusses the use of Dense Stereo Matching (DSM) in the generation of point cloud associated with Autodesk Revit for geometric and informational modeling of historic buildings, investigating the applicability of the technique and its speed in the documental phase. For this purpose, it was managed the in-site flight with Unmanned Aerial Vehicle (UAV), followed by generation of the point cloud via Metashape and export to Revit. It was found that the quality of the point cloud obtained allows, with accuracy, identification of forms and clarity in spatial referencing, which corroborates the application of the DSM due to its low operating cost, low complexity, and high reproducibility, constituting an effective alternative in improving the traditional measurement survey method of historic buildings, such as fortifications.

Keywords: *DSM; Point Cloud; UAV; Photogrammetry; Heritage Buildings*

1. INTRODUÇÃO

O levantamento cadastral é o processo de medição e confirmação das formas de um objeto (edificação) com precisão requerida para sua caracterização e reconhecimento. Logo, é fundamental no desenvolvimento de projetos de restauro de edifícios históricos, pois possibilita a representação de detalhes e o planejamento de intervenções (GROETELAARS, 2004).

A utilização de métodos diretos para obter um levantamento cadastral demanda elevado tempo de coleta de dados, além de sua dificuldade na tomada de medidas a depender da complexidade e dimensão do edifício, o que pode influenciar na exatidão do cadastro e também nos custos do levantamento.

Diante desse cenário, novas técnicas têm se difundido por apresentar uma série de vantagens quando comparadas aos métodos diretos. Uma delas é o Dense Stereo Matching (DSM) que, de acordo com Groetelaars (2015), baseia-se na geração de nuvem de pontos através da correlação automática de pixeis homólogos em diferentes fotografias, obtendo assim modelos geométricos de formas complexas.

Por se tratar de uma ferramenta que se vale de fotografias, a identificação dos materiais, cor e textura torna-se mais inteligível, além de revelar o estado de conservação do objeto de análise. Essas características possibilitam a obtenção da geometria e a extração de informações da nuvem de pontos gerada, facilitando, dessa forma, a elaboração de um cadastro e a criação do modelo geométrico.

Para Oliveira (2008), a fotografia se destaca como uma ferramenta para preservação da memória e técnicas fotogramétricas são de suma importância para a preservação de edifícios históricos. Entretanto, ainda para o mesmo autor, as tecnologias atuais não dispensam o uso dos métodos tradicionais de levantamento, já que em alguns casos há necessidade de determinar os pontos de apoio que ajudam a orientação das fotografias, além das situações de locais e/ou condições que não é possível obter tais registros.

A busca por modelos geométricos que permitem uma melhor representação de uma construção, além da obtenção de informações que vão além da geometria, como estado de conservação, dados históricos e materiais construtivos, é cada vez mais crescente (GROETELAARS, 2015). Nessa toada, o incremento do fator de informação, atrelado à representação física dos imóveis, ganham vulto com a popularização do conceito BIM (Building Information Model). A partir do que afirma Eastman et al. (2008, *apud* GASPAR, 2019), o acrônimo BIM qualifica o conjunto de processos articulados cuja finalidade é a produção, comunicação e análise de modelos digitais de construção, permitindo o compartilhamento de dados sobre o ciclo de vida de um empreendimento. Na matéria de edifícios históricos, o conceito se estende para a terminologia HBIM (Historic Building Information Model) e passa a considerar as particularidades dessas arquiteturas (TOLENTINO, 2016). O Núcleo de Tecnologia da Preservação e Restauração (NTPR) da Universidade Federal

da Bahia tem buscado, por meio de seus colaboradores, dispor dessas tecnologias para documentação e preservação do patrimônio histórico, em especial as fortificações.

Em janeiro de 2020, foi diligenciada uma expedição do NTPR ao Real Forte Príncipe da Beira, localizado na cidade de Costa Marques, Rondônia, com a missão de realizar o cadastro e o diagnóstico do forte. A fortificação foi construída no século XVIII pela Coroa de Portugal para proteger a fronteira oeste da capitania de Mato Grosso com a colônia espanhola, sendo hoje a linha de divisa do Brasil com a Bolívia. O Príncipe da Beira é o maior forte do Brasil, com 24.553 m² de área e um perímetro de 945 m, e também a maior obra arquitetônica militar construída por negros, índios e militares portugueses fora da Europa (SEVERIANO, 1986, p. 216 *apud* BARROSO, 2015, p. 83).

Neste artigo serão esmiuçados os processos para construção do modelo geométrico do Real Forte Príncipe da Beira com o uso do Autodesk Revit a partir do arquivo de nuvem de pontos gerado pela técnica DSM no software Metashape, explicitando também as ações para obtenção de dados em campo com o uso do VANT.

2. METODOLOGIA

A temática e o objetivo desse trabalho consistem em pormenorizar os processos percorridos na construção do modelo geométrico ora pretendido. A metodologia empregue foi composta pelas seguintes etapas, em ordem cronológica de execução: (1) Planejamento, coleta e verificação de dados dos pontos de controle; (2) Levantamento fotográfico com operação de drone (VANT); (3) Tratamento dos dados e processamento das fotos para a geração da nuvem de pontos; (4) Conversão da nuvem para formato legível pelo Revit e construção do modelo dentro da respectiva ferramenta, subsidiado pelos elementos aferidos nos estágios anteriores.

3. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Na sequência serão relatados os detalhes da aplicação da metodologia optada e as informações que concernem ao desenvolvimento da experiência.

3.1. Planejamento e coleta de dados dos pontos de controle

Na etapa de planejamento é necessária a definição da área a ser sobrevoada e a alocação dos alvos (miras) no solo, que vão servir como pontos de controle para orientação das fotografias no momento subsequente. Os alvos foram feitos em placas quadradas de PVC com espessura de 3 mm e 50 cm de lado, e apresentavam-se com duas cores opostas para facilitar a identificação (Fig. 1a). O conhecimento das coordenadas geográficas dos pontos de controle é crucial para aperfeiçoar a precisão dos produtos gerados após o processamento. A coleta se

dá através do manuseio de um receptor GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) no modo RTK (Real Time Kinematic). O receptor GNSS RTK utilizado foi o CHC i80 (Fig. 1b).

Estipulado o quadrante de interesse, foram posicionados os pontos de controle nos locais predefinidos e coletadas suas respectivas coordenadas geográficas, munindo o software com todos os dados pertinentes à operação. Só aí então foi realizado o plano de voo do VANT. O plano de voo é configurado de modo com que equipamento efetue a varredura automaticamente e para que haja uma sobreposição mínima de 80% de área entre as fotografias tiradas. O aplicativo em uso no dia foi o Pix4Dcapture Versão 4.7.0 (Fig. 1c).

(a) (b) (c)



Figura 1: (a) Ponto de controle (alvo); (b) Coleta das coordenadas geográficas; (c) Plano de voo no Pix4Dcapture. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

3.2. Aerolevantamento fotográfico

A operação foi executada conforme a trajetória indicada pelo programa, sem intercorrências. O drone respondeu aos comandos satisfatoriamente e seguiu a navegação da área estabelecida em diferentes direções, obtendo as imagens utilizadas a posteriori.

No plano de voo, além de definir a sobreposição da área das fotografias, determina-se a altura do deslocamento — que, nesse caso, foi de 85 metros, aproximadamente — e também a velocidade, sendo possível verificar a estimativa de duração do voo programado. O modelo de VANT levado foi o Drone Phantom 4 Pro, da DJI, e ao final foram produzidas 352 fotografias.

3.3. Tratamento de dados e geração da nuvem de pontos

O processamento de dados se deu início com a conferência das coordenadas geográficas dos pontos, uma vez que é preciso fazer a correção da localização dos mesmos a partir das informações fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao dia da coleta. Ao fim dessa etapa, são determinadas as coordenadas exatas de cada ponto de controle e dado o prosseguimento do trabalho.

Para a feitura das fotos e geração dos produtos mencionados nessa fase, foi utilizado o software Agisoft Metashape Versão 1.6.0 (antigo PhotoScan), uma das profícuas ferramentas atuais que possuem o DSM entre suas bases de funcionalidade. O hardware no qual se instalou

e executou o Metashape foi um desktop com processador Intel® Core™ i9-9900K CPU @ 3.60GHz, memória RAM de 32 GB, SSD de 1TB e sistema operacional Windows 10 de 64-bit.

O faseamento para processar a nuvem de pontos foi guiado pelos passos que se encadeiam: (1) importação das fotos para o software; (2) conversão do sistema de coordenadas do projeto para o sistema de coordenadas utilizado na coleta dos pontos de controle (na ocasião, o Sirgas 2000, zona 20 S); (3) importação das coordenadas devidamente corrigidas; (4) alinhamento das fotos; (5) ajuste dos pontos de controle para o centro dos alvos; (6) exclusão do primeiro alinhamento e execução de um novo para as fotos; (7) criação da nuvem de pontos densa; (8) criação do DEM ou do modelo digital de superfície (MDS); (9) geração da ortofoto. Esse fluxo é recomendado para dirimir possíveis equívocos, pois o segundo alinhamento das imagens, já com os pontos de controle ajustados às coordenadas fornecidas, apura a precisão dos produtos logrados.

Perpassadas todas as etapas, foi gerada a ortofoto com 2,14cm/pixel para facilitar a identificação dos limites da edificação no plano horizontal dentro do Revit, enquanto, para os demais planos, a referência para modelagem foi a nuvem de pontos.

3.4. Construção do modelo

A nuvem de pontos formada foi exportada do Agisoft Metashape para o Autodesk ReCap Pro Versão 2020, na extensão .las (LIDAR Data Exchange Format). O ReCap foi utilizado para interpretar o arquivo originado do Metashape e converter para o formato .rcp, se tornando legível e anexável ao Revit (Fig. 2), onde a modelagem geométrica se desenvolveu. Cabe salientar que o arquivo .rcp (point cloud project file) é somente um arquivo de projeto contendo alguns metadados e que faz vinculação com o verdadeiro arquivo da nuvem, que possui extensão .rcs (point cloud file) e inclui todos os dados dos pontos indexados espacialmente. Via de regra, o arquivo .rcs será consideravelmente maior do que o arquivo de projeto e, para que a importação da nuvem no Revit seja bem-sucedida, ele precisa estar disponível para acesso.

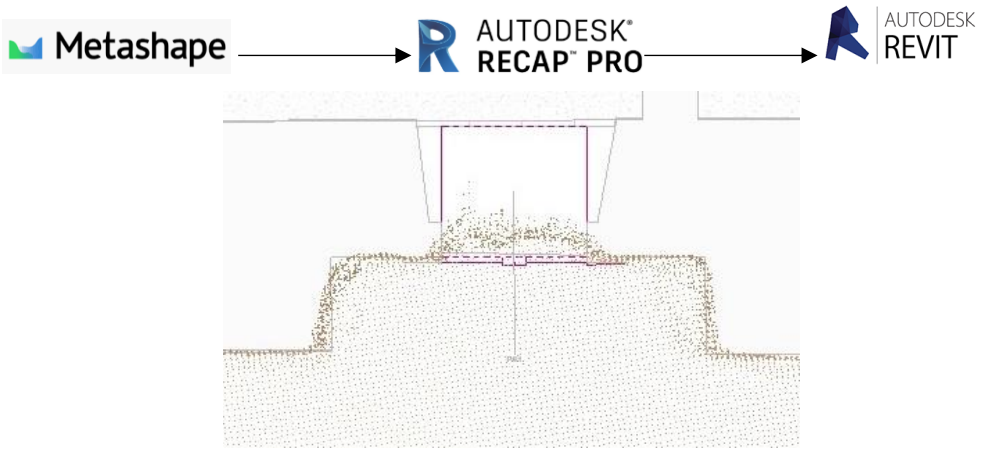


Figura 2: Fluxo de informações e nuvem de pontos no Revit. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Após a importação da nuvem de pontos, começou-se a modelagem do Real Forte Príncipe da Beira. Dois computadores trabalhando por compartilhamento em hospedagem virtual serviram à concepção do projeto de digitalização, tocado com o Autodesk Revit Versão 2020. De início, com o intuito de organizar a criação dos objetos e suas ocorrências na linha do tempo da fortificação, foram definidas duas fases de projeto, nomeadas “Existente” e “Reconstituída”. A fase Existente compreendeu, em termos construtivos, tudo aquilo que foi captado no momento da documentação fotográfica pelo VANT, incluindo a reprodução do arruinamento do conjunto. Já na fase Reconstituída se buscou, a partir de fontes históricas, técnicas conhecidas da época, evidências catalogadas pela equipe de pesquisa e outros indícios, representar o patrimônio em seu provável estado original quando em funcionamento. Foi deliberado, no início das atividades no Revit, que elementos físicos de caráter temporário, como escoramentos, depósito de sedimentos e entulhos, não seriam modelados visando um melhor desempenho do arquivo.

As boas práticas do Revit e de ferramentas BIM, no geral, preconizam a especificação das fases projetivas — entendendo “projeto”, aqui, como toda modelagem em construção —, pois possibilitam determinar em que momento um ou mais objetos são construídos ou inseridos e quando, se for este o caso, eles não mais compõem o modelo, facilitando, assim, o entendimento da evolução do edifício e a mensuração da perda matérica que acometeu o bem estudado.

A modelagem das conformações exteriores do forte capturáveis pelo voo, como as muralhas, guaritas, delimitações do corpo da guarda, poterna e ruínas, foi norteada pela nuvem de pontos. No caso das divisões internas, as quais o drone não pôde examinar, e detalhes de pequena escala, a referência utilizada foi o cadastro feito por medição direta com trena, realizado pela equipe.

Em virtude de certos impeditivos da versão utilizada do programa e buscando otimizar o fluxo de trabalho, foi adotada a simplificação de certas características de elementos edilícios, como, por exemplo, as paredes das ruínas da Praça de Armas, que foram modeladas em prumo, ainda que algumas delas apresentassem certo grau de rotação. Esse tipo de simplificação, vez ou outra, foi necessário para facilitar o desenvolvimento do modelo geométrico.

Por se tratar de um prédio bicentenário, não existe uma biblioteca disponível que abarque as tipologias nele presentes. Isto posto, o recurso empregado para a modelagem de grande parte dos elementos construtivos e compositivos do Real Forte Príncipe da Beira foi a criação seguida de aninhamento de famílias personalizadas dentro do modelo principal. O conceito de família, segundo a própria Autodesk (2020), é de um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. Foram criadas famílias para os diferentes tipos de parede, cobertura, piso, porta, janela e para componentes específicos, como os cunhais, cúpulas e conversadeiras.

A sistematização que pautou a criação de novas famílias levou em consideração, sobretudo, dois fatores:

1 - A quantidade necessária de instâncias do mesmo componente dentro do modelo, isto é, o número de vezes que determinado elemento arquitetônico ou compositivo é observado no conjunto, com ligeiras variações em dimensão e materialidade (Ex.: A cercadura de pedra das janelas das ruínas). A recorrência de elementos pressupõe uma padronização construtiva por trás da tectônica do Forte, e a criação de famílias parametrizáveis no Revit foi o método encontrado para traduzir a linguagem tipológica da edificação e concatenar o processo de modelagem. No caso de elementos únicos, sem recorrência e de fácil compreensão volumétrica, a opção foi a modelagem no local e classificação de categoria. Como exemplificado anteriormente, para as cercaduras dos vãos das ruínas (Fig. 3), foi criada uma família específica com base no cadastro realizado no in situ e fotos registradas. Como os vãos não possuem as mesmas medidas, a família possui parâmetros de tipo e de instância a serem definidos dentro do arquivo principal.

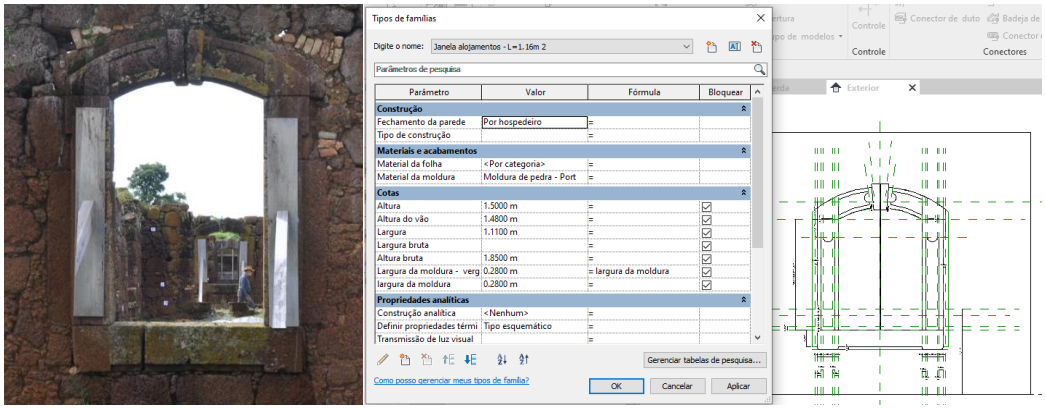


Figura 3: Cercadura das janelas reproduzida do Revit. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

2 - O outro ponto de consideração para a metodologia da criação de famílias foi a gestão do tamanho variável do arquivo principal de modelagem, de forma que sempre permitisse um nível satisfatório de trabalhabilidade. As famílias do Revit, quando criadas no local, geram mais consumo de informação no arquivo do que quando importadas externamente. Logo, elementos de maior complexidade geométrica, mesmo os que não necessitam de controle de parâmetro, foram anexados por importação.

Por fim, com o modelo estabelecido e alimentado com todas essas informações, passa a ser possível obter produtos derivados como plantas, tabelas, esquemas ou renderizações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A experiência conduzida para o desenvolvimento do modelo através da geração e importação de nuvem de pontos termina por validar os métodos escolhidos. Entretanto, é necessário

refletir a respeito das limitações, cuidados e decisões em cada etapa do processo de trabalho, dependendo do sítio em que se proceda os levantamentos e das ferramentas à disposição.

Na fase de planejamento e coleta de dados dos pontos de controle, é importante frisar que, devido ao tamanho da área a ser examinada e também das condições climáticas do local, com temperatura ambiente próxima aos 40 graus Celsius, optou-se por realizar um voo com o drone a uma altura de 85 m, aproximadamente, com a intenção de diminuir o tempo de operação e o risco de acidente, já que o aquecimento dos rotores do drone estava acentuado, o que exponenciava a possibilidade de uma pane no aparelho. Em outras condições, mais favoráveis, seria ideal realizar o deslocamento em uma altura próxima a 40 m para melhorar a qualidade da nuvem de pontos e a resolução das texturas das superfícies, o que, por consequência, refinaria ainda mais a qualidade da modelagem.

Na etapa da geração da nuvem de pontos, pode-se observar uma boa nitidez no produto final, contudo, a duração total de processamento da mesma (Fig. 4) ultrapassou as 18 horas. Portanto, ao colocar em perspectiva uma maior produtividade, tanto nesse como nos estágios consecutivos, é altamente recomendável a utilização de hardwares apropriados para a execução de tarefas que envolvam grande quantidade de dados como dessa natureza. Realizado o pós-processamento, a nuvem final em formato .rcs ficou com 2.68 GB.



Figura 4: Nuvem de pontos densa no Agisoft Metashape. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

No que tange ao processo de interoperabilidade entre a nuvem de pontos exportada no Metashape e o Revit, pode-se dizer que é uma etapa relativamente simples, tendo como ponto negativo a necessidade de conversão do formato do arquivo por outro programa, o ReCap. O modelo alcançado no Revit teve como referência principal a nuvem, porém o uso da ortofoto para delimitação dos limites de alguns elementos e os cadastros feitos in loco foram indispensáveis. O arquivo final do modelo atingiu o tamanho de 568 MB e a visibilidade da nuvem anexada foi configurada para só estar ativa na fase Existente, enquanto fica omitida na fase Reconstituída (Fig. 5), deixando sempre em tela apenas as informações pertencentes a cada uma delas.



Figura 5: Fachada frontal do Real Forte Príncipe da Beira reconstituída no Revit.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os fins do estudo e dado o desafio da coleta de informações para cadastro fotogramétrico de uma edificação do porte do Príncipe da Beira em um exíguo período de tempo (4 dias), somado ao ferramental o qual fruíam os pesquisadores, o modelo geométrico resultante se mostra bastante satisfatório. Além disso, é satisfatória também a sua fidedignidade à realidade em relação às texturas, formas e traços arquiteturais. Cabe ressaltar que a versão do software onde o modelo foi elaborado não é voltada para representar edifícios históricos ou ruínas, nem o é, até então, a maior parte das plataformas similares, o que requer mais adaptações à linguagem formal antiga.

Portanto, esse trabalho evidencia a aplicabilidade e as vantagens do uso de VANTs e da ferramenta DSM para produção de nuvem de pontos com boa compreensibilidade para posterior integração com Autodesk Revit, visando a construção de modelos geométricos e informacionais acurados e auxiliando sobremaneira os processos manuais de levantamento cadastral, ainda salutares para apreensão total do edifício, em especial de detalhes arquitetônicos e ambientes internos. A incorporação de novas tecnologias tende a trazer inúmeros benefícios na conservação do patrimônio edificado e a facilitar a mobilização dos instrumentos de salvaguarda no impedimento da deterioração desses bens.

REFERÊNCIAS

BARROSO, L. S. Real Forte Príncipe da Beira: ocupação oeste da Capitania de Mato Grosso e seu processo construtivo (1775-1783), 2015. Dissertação (Mestrado em História) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015, p. 84.

GASPAR, J. A. M. O significado atribuído a BIM ao longo do tempo, 2019. 1 recurso online Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, p. 22.

GROETELAARS, N. J. Criação de modelos BIM a partir de "nuvem de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica, 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

OLIVEIRA, M. M. A. Documentação como ferramenta de preservação da memória. Brasília, DF: IPHAN / Programa Monumenta, 2008, Caderno 7.

TOLENTINO, M. M. A. A utilização do HBIM na documentação, na gestão e na preservação do Patrimônio Arquitetônico. SIGraDi 2016, XX Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Buenos Aires, p. 510, nov. 2016. Disponível em:

http://www.revistas.usp.br/ep/article/view/27931. Acesso em: 19 jun. 2021.

USO DO DRONE COMO TECNOLOGIA DISRUPTIVA NA INSPEÇÃO DE FACHADAS

Use of the drone as disruptive technology in the inspection of facades

Tatiana Renata Pereira Jucá

Mestre, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, centraldedesempenho@gmail.com

Janes Cleiton Alves de Oliveira

Doutor, Universidade Federal de Goiás, janescleiton@ufg.br

Vanda Alice Garcia Zanoni

Profa. Doutora, Universidade de Brasília, vandazanoni@unb.br

Resumo

As fachadas dos edifícios ocupam uma posição importante do ponto de vista da estética, da segurança, da valorização econômica e do reconhecimento enquanto identidade de um bem. Seu estado de degradação afeta qualquer um dos parâmetros supracitados. Assim, as inspeções prediais são essenciais para garantir o seu desempenho, além das características relevantes para a sua conservação. Nesse quesito o drone surge como ferramenta capaz de contribuir para as inspeções prediais e geração de documentação dos edifícios. O objetivo da pesquisa foi levantar as abordagens relacionadas ao uso do drone para inspeção em fachadas no cenário internacional. O método de pesquisa adotado foi a RSL - Revisão Sistemática da Literatura que selecionou trabalhos publicados relacionados ao assunto em foco, cuja análise e classificação resultou em duas diferentes abordagens, sendo uma delas com foco na captura de imagens para análise de especialista e a outra para processamento automatizado. A análise identificou que o drone é uma ferramenta de captura de dados eficaz devido a sua rapidez na coleta de dados em comparação com a técnica tradicional, além da redução de custos e riscos para a equipe envolvida. Há uma tendência no uso da ferramenta associada ao uso de métodos computacionais.

Palavras-chave: Inspeção predial; Fachada; Drone; Fotogrametria

Abstract

Building facades occupy an important position from the point of view of aesthetics, safety, economic valuation, and recognition as the identity of a property. Their state of degradation affects any of the above-mentioned parameters. Thus, building inspections are essential to ensure its performance, as well as the relevant characteristics for its conservation. In this regard, the drone emerges as a tool capable of contributing to building inspections and the generation of building documentation. The objective of this research was to survey the approaches related to the use of the drone for the inspection

of facades in the international scenario. The research method adopted was the SLR - Systematic Literature Review that selected published works related to the subject in focus, whose analysis and classification resulted in two different approaches, one of them focusing on image capture for expert analysis and the other for automated processing. The analysis identified that the drone is an effective data capture tool whose speed in data collection compared to the traditional technique, in addition to the reduction of costs and risks for the team involved is a consensus among researchers. There is a tendency to use the technique to support the use of advanced computational techniques that need more methodological depth to solve the limitations highlighted.

Keywords: *Building Inspection; Facade; Drone; Photogrammetry*

1. INTRODUÇÃO

A motivação para esta pesquisa foi a inquietação quanto à eficácia do uso do drone como ferramenta de inspeção de fachadas, tendo em vista a difusão desse tipo de equipamento em diversos campos da engenharia, como em inspeções de pontes e edifícios. Nesse último caso, apresenta-se como tecnologia disruptiva tendo em vista que a técnica mais usual se dá por meio de análise visual dos elementos e componentes (MOTLAGH; TALEB; AROUK, 2016). Além disso, o avanço tecnológico, associado à internet das coisas possibilita melhoria para usos desses dispositivos com segurança (LAGKAS *et al.*, 2018; LIU *et al.*, 2020).

A inspeção predial aponta o estado de conservação e funcionamento da edificação, seus sistemas e subsistemas, permitindo um acompanhamento sistêmico do seu comportamento em uso ao longo da vida útil com vistas às condições mínimas necessárias à segurança, habitabilidade e durabilidade da edificação (NBR 16747, 2020). O desafio na inspeção de fachadas se dá pela extensão dos panos, altura dos edifícios e condições de segurança suficientes para que o profissional responsável pela coleta de dados seja capaz de identificar os danos existentes. Soma-se a isso a necessidade de mudança de posição dos dispositivos de descida (balancim, cadeirinha, etc.) após cada trecho inspecionado.

A coleta de imagens pelo drone encontra-se no campo de conhecimento da fotogrametria, definida como medições executadas por meio de fotografias - ciência e tecnologia de se obter informação confiável por meio de imagens adquiridas por sensores (COELHO; BRITO, 2007). Após aquisição das imagens, há necessidade de processamento computacional elaborado, para gerar produtos ou ativos como as ortoimagens ou imagens ortorretificadas e os mosaicos digitais que consistem na junção de várias imagens.

Esses produtos podem ser usados na gestão das edificações existentes e, no caso dos bens patrimoniais, além de documentar o estado do edifício, servem de apoio técnico para a tomada de decisão que visem sua preservação. No entanto, essas tecnologias disruptivas exigem o desenvolvimento de habilidades necessárias às equipes que irão atuar para garantir o sucesso na sua aplicação (BONGOMIN *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa é identificar e analisar as abordagens relacionadas ao uso do drone para inspeção de fachadas, apontando os avanços existentes.

Adicionalmente, são identificadas as lacunas de estudos relacionadas ao tema. O trabalho tem foco no cenário internacional e o método de pesquisa adotado é a revisão sistemática da literatura (RSL).

2. MÉTODO DE PESQUISA

Uma revisão sistemática da literatura (RSL) é um estudo secundário sistemático, explícito, abrangente e reprodutível para identificar, avaliar e sintetizar os resultados de trabalhos primários relevantes. Para tanto, deve-se seguir uma abordagem metodológica explícita na explicação dos procedimentos pelos quais foi conduzida, abrangente em seu escopo ao incluir todo o material relevante; e, portanto, reprodutível por outros que desejem seguir a mesma abordagem (OKOLI, 2019).

A sistematização é dada pela aplicação de um método planejado e executado de forma rigorosa para garantir que o resultado seja isento de viés, auditável, replicável e atualizável. Dessa maneira, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Jr (2018), é necessário cumprir determinadas etapas (ver itens 2.1 a 2.6).

2.1 Termos de busca

A definição dos termos de busca ou palavras-chaves conexas ao tema de pesquisa usadas como dados de entrada nas fontes de busca foram adotadas na língua inglesa por ser o idioma mais utilizado em trabalhos científicos.

Em se considerando que o presente estudo visa os achados sobre o uso do drone para inspeção de fachadas, os termos de busca definidos foram: “facade”, “inspection”, “drone”, “unmanned aerial vehicle”. Os termos foram combinados em diferentes tentativas nas bases de dados para futura formulação das *strings* de busca.

2.2 Fontes de busca

A definição das fontes de busca é uma etapa essencial para a formulação da estratégia adequada para que os resultados relevantes sejam localizados, contribuindo para minimizar o viés de pesquisa. Como o assunto é emergente foram consultadas apenas as bases de dados eletrônicas comumente usadas pela comunidade científica. As bases de dados selecionadas foram:

- Scopus/Elsevier
- Web of Science™

2.3 Formulação da *string* de busca

A partir da definição dos termos de busca foi estabelecida a *string* de busca:

- "*facade*" AND "*inspection*" AND "*unmmaned aerial vehicle*" OR "drone".

Ainda, foi estabelecido que os termos deveriam aparecer no título, resumo ou palavras-chave de artigos de qualquer área da Scopus/Elsevier e das áreas de pesquisa *Engineering* OR *Construction Building Technology* da Web of Science. Não foi restrito período de busca e a coleta de dados ocorreu em julho de 2021.

2.4 Elegibilidade: critérios de inclusão e exclusão dos estudos

Após entrada da *string* nas fontes de busca estabelecidas, foram exportados arquivos com informações básicas sobre os documentos que continham os termos como título, autor, ano de publicação, revista e identificador, incluídos na ferramenta gerenciadora de bibliografia START, desenvolvido pelo LaPES UFSCAR.

O primeiro critério adotado foi a exclusão dos documentos repetidos. O segundo foi a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, realizando a exclusão dos estudos que não fazem parte do escopo deste trabalho. O terceiro e último foi a leitura completa dos trabalhos para seleção dos estudos. Os textos considerados potencialmente relevantes foram analisados em profundidade, objetivando seu entendimento e a certeza de que eles atendem aos critérios estabelecidos para inclusão.

2.5 Extração dos dados

A credibilidade de uma RSL depende da qualidade e relevância dos estudos primários considerados como elegíveis, sendo assim, não se pode perder o foco do escopo adotado inicialmente (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JR, 2018).

No tocante a esta pesquisa, os artigos que passaram pelos critérios de inclusão foram considerados aptos a compor a RSL. As informações foram inseridas em uma planilha eletrônica de onde foram extraídas as informações relevantes à esta pesquisa.

2.6 Síntese dos resultados

O processo de síntese envolve a combinação dos resultados de uma forma conectada aos novos conhecimentos que não existiam nos estudos primários originais. Nesta etapa, os estudos selecionados objetivam que se busque a relação entre os textos, interconectando-os.

3. RESULTADOS

São apresentados os principais resultados de publicações existentes de estudos que abordam acerca do uso do drone para inspeções em fachadas. Os resultados são apresentados sob dois enfoques, o primeiro sobre os aspectos bibliométricos e o segundo com a análise das informações coletadas, agrupadas e classificadas a partir da leitura dos textos selecionados.

3.1 Aspectos bibliométricos

O resultado da RSL pode ser visto na Figura 1. Partindo-se da *string* de busca que retornou 59 textos, após as etapas de inclusão e exclusão de trabalhos, derivou-se em um total de 5 trabalhos que efetivamente foram usados. Embora a etapa de triagem não tenha apontado duplicidade de artigos, a de elegibilidade apontou 20 trabalhos para leitura, já que 15 não tratavam do escopo da pesquisa e outros 24 referiam-se a RSL. Na fase final, dos 20 trabalhos, 4 não estavam disponíveis e 11 eram revisões de literatura, restando um total de 5 trabalhos que tratavam de fontes primárias.

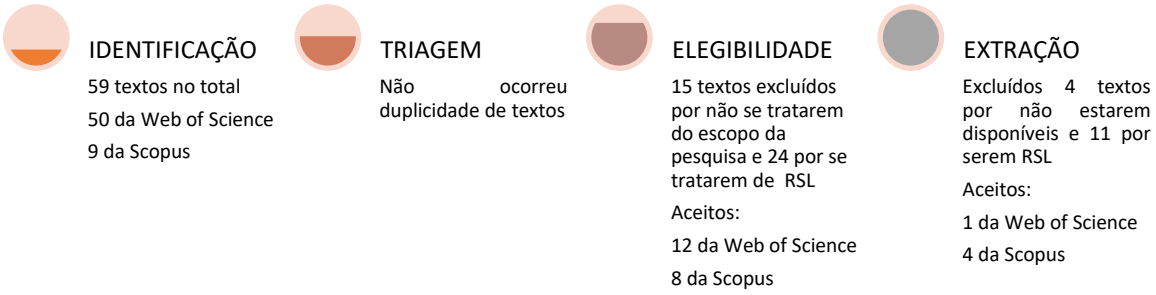
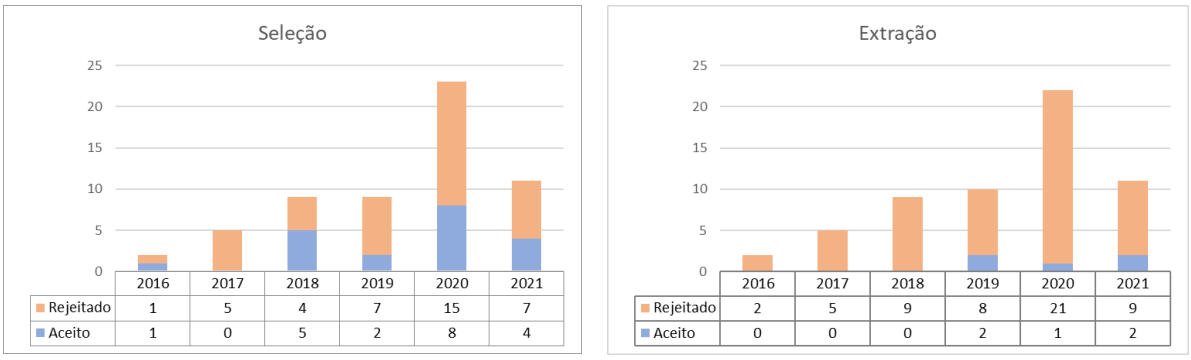


Figura 1: Fluxo da RSL. Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 2-a pode-se identificar o número de textos aceitos e rejeitados na etapa de seleção. A Figura 2-b mostra a etapa de extração, ao longo dos anos. É possível notar uma crescente do interesse dos pesquisadores em relação ao tema pesquisado.



a) Etapa de seleção **b) Etapa de extração**

Figura 2: Resultado quantitativo da RSL. Fonte: Autores, 2021.

Na Figura 3 é apresentado um mapa de ocorrência de palavras nos resumos dos artigos aceitos na RSL. Nota-se em destaque as palavras que mais apareceram – *Drones*, *UAVs* (sigla de *unmmaned aerial vehicle e Inspection* (inspeção), que revela a contagem de ocorrências destas palavras nos textos que compõe esta revisão. Com esse resultado, afirma-se que a *string* de busca foi determinante na identificação dos trabalhos nas bases de dados pesquisadas.



Figura 3: Mapa de frequência de palavras que constam nos resumos. Fonte: Autores, 2021.

3.2 Análise das informações coletadas nos artigos

Após a leitura completa dos textos, foram identificadas duas abordagens diferentes dos assuntos relacionados ao tema de estudo. Uma com aplicação do drone para as inspeções em fachadas seguida de avaliação das imagens por especialistas e outra associada a técnicas avançadas de programação computacional, *deep learning* e inteligência artificial para identificação dos danos de forma automática.

Foram identificados 59 trabalhos publicados relacionados ao tema e que após aplicação dos filtros culminaram em 5 efetivamente aplicáveis, o que aponta a necessidade de estudos na área. Outros 35 trabalhos baseiam-se em revisões de literatura, cuja síntese consta no Quadro 1, que indica o interesse da academia em explorar o assunto.

ANO	AUTOR(ES)	TÍTULO DO TEXTO
2016	Motlagh, N.H.; Taleb, T.; Arouk, O.	Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles-Based Internet of Things Services: Comprehensive Survey and Future Perspectives
	Allison *et al.*	Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring
2017	Hassanalian, M.; Abdelkefi, A.	Classifications, applications, and design challenges of drones: A review
	Hocraffer, A.; Nam, C. S.	A meta-analysis of human-system interfaces in unmanned aerial vehicle (UAV) swarm management
2018	Hassanalian, M.; Rice, D.; Abdelkefi, A.	Evolution of space drones for planetary exploration: A review

ANO	AUTOR(ES)	TÍTULO DO TEXTO
	Patel, J. S.; Fioranelli, F.; Anderson, D.	Review of radar classification and RCS characterization techniques for small UAVs or drones
	Rakha, T.; Gorodetsky, A.	Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones
	Lagkas *et al.*	UAV IoT Framework Views and Challenges: Towards Protecting Drones as "Things"
	Jordan *et al.*	State-of-the-art technologies for UAV inspections
	Hernandez-Callejo *et al.*	WIND TURBINE MAINTENANCE. A REVIEW
	Zhou, S.; Gheisari, M.	Unmanned aerial system applications in construction: a systematic review
2019	Sony, S.; Laventure, S.; Sadhu, A.	A literature review of next-generation smart sensing technology in structural health monitoring
	Peng, Z. Y.; Li, C. Z.	Portable Microwave Radar Systems for Short-Range Localization and Life Tracking: A Review
	Arshad *et al.*	Computer Vision and IoT-Based Sensors in Flood Monitoring and Mapping: A Systematic Review
	Falamarzi, A.; Moridpour, S.; Nazem, M.	A Review on Existing Sensors and Devices for Inspecting Railway Infrastructure
2020	Chung, S.H.; Sah, B.; Lee, J.	Optimization for drone and drone-truck combined operations: A review of the state of the art and future directions
	Nonami, K.	Present State and Future Prospect of Autonomous Control Technology for Industrial Drones
	Coluccia, A.; Parisi, G.; Fascista, A.	Detection and Classification of Multirotor Drones in Radar Sensor Networks: A Review
	Darvishpoor *et al.*	Configurations, flight mechanisms, and applications of unmanned aerial systems: A review
	Martinez-Carranza, J.; Rascon, C.	A Review on Auditory Perception for Unmanned Aerial Vehicles
	Ribeiro, M.; Ellerbroek, J.; Hoekstra, J.	Review of Conflict Resolution Methods for Manned and Unmanned Aviation
	Garcia-Berna *et al.*	Systematic Mapping Study on Remote Sensing in Agriculture
	Bongomin *et al.*	Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art
	Bongomin *et al.*	Exponential Disruptive Technologies and the Required Skills of Industry 4.0
	Pokhrel *et al.*	Towards Enabling Critical mMTC: A Review of URLLC Within mMTC
	Liu *et al.*	Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges
	Golizadeh *et al.*	Scientometric analysis of research on "remotely piloted aircraft" A research agenda for the construction industry
	Manigandan *et al.*	A systematic review on recent trends in transmission, diagnosis, prevention and imaging features of COVID-19
	Chamola *et al.*	A Comprehensive Review of the COVID-19 Pandemic and the Role of IoT, Drones, AI, Blockchain, and 5G in Managing its Impact

ANO	AUTOR(ES)	TÍTULO DO TEXTO
2021	Chittoor, P. K.; Chokkalingam, B.; Mihet-Popa, L.	A Review on UAV Wireless Charging: Fundamentals, Applications, Charging Techniques and Standards
	Amici *et al.*	Review of Propulsion System Design Strategies for Unmanned Aerial Vehicles
	Ferrier *et al.*	State of the Art of Telecommunication Systems in Isolated and Constrained Areas
	Deng, W. J.; You, C. Y.; Zhang, Y. Z.	Spectral Discrimination Sensors Based on Nanomaterials and Nanostructures: A Review
	Azar *et al.*	Drone Deep Reinforcement Learning: A Review
	Lee, C.; Kim, S.; Chu, B.	A Survey: Flight Mechanism and Mechanical Structure of the UAV

Quadro 1: Síntese dos textos sobre revisão da literatura (continuação). Fonte: Autores, 2021.

No Quadro 2 é apresentado o panorama do uso do drone em inspeções em fachadas com seus respectivos autores, aplicação e principais resultados alcançados. As informações foram dispostas em ordem cronológica.

AUTORES	APLICAÇÃO	RESULTADO PRINCIPAL
SHIH; CHI (2019)	Avaliar o estado de degradação de fachadas de edifícios altos por meio de redes neurais.	Taxa de classificação correta de danos de cerca de 86%.
BOWMAN *et al.* (2019)	Propor o uso de redes neurais convolucionais para identificar danos ou defeitos potenciais dos componentes de fachada-cortina.	Arquitetura de rede neural preparada para teste com imagens capturadas por drone.
MOHAMMAD *et al.* (2020)	Investigar uma solução para reconhecimento automático de fissuras em vidro utilizando o Padrão Binário Local Uniforme, histogramas de linearidade, indicadores geométricos de curvatura, entre outras técnicas.	Distinção entre vidros fissurados e íntegros pelos três tipos de características usadas.
FALORCA; LANZINHA (2021)	Avaliar a eficácia da utilização de drones na inspeção técnica de envelopes de edifícios.	Detecção de destacamentos, fissuras, superfícies irregulares e mudança de coloração.
CHEN *et al.* (2021)	Avaliar a eficácia do GIS para a geração de modelo espacial 2D de fachadas.	Criação de modelo 2D no GIS com avaliação do desempenho da precisão espacial considerados aceitáveis.

Quadro 2: Panorama sobre os estudos experimentais. Fonte: Autores, 2021.

Shih e Chi (2019) alimentaram uma rede neural convolucional treinada para classificar as condições perigosas de envelhecimento ou de placas cerâmicas fissuradas em diferentes níveis. As imagens capturadas com o DJI Phantom 3 SE, cujo núcleo implementado foi o Jetson TX2 programado com um mecanismo de aprendizado profundo para identificar falhas de placas cerâmicas em tempo real. Os autores apontaram como limitação a grande variedade de azulejos em diferentes formas.

Bowman *et al.* (2019) organizaram a arquitetura de rede neural convolucional para ser testada

com imagens capturadas com drone cujo objetivo foi identificar danos ou defeitos potenciais dos componentes de fachada-cortina, particularmente painéis de vidro e estrutura de alumínio. O modelo usado foi do tipo VGG16, em que foi necessário ajustar a janela deslizante para 128 x 128 e uso do padrão de cores tipo RGB (três cores: vermelho, verde e azul) ou YCbCr (em que Y é o componente luminância e CB e CR são os componentes cromáticos de diferença azul e vermelho) para ajudar na classificação.

Já Mohammad *et al.* (2020) coletaram 14 imagens estáticas de vidros quebrados de uma fachada de 7 quadros diferentes (2 fotos por quadro) com o DJI Phantom 4 PRO V 2.0. O objetivo era a detecção de bordas, cálculo de configuração de pixels e formação de histograma de configurações de pixels, utilizando o Padrão Binário Local Uniforme, histogramas de linearidade, indicadores geométricos de curvatura de comprimento fixo conectados a configurações de pixels, após estudos cuidadosos de padrões textuais da superfície de vidro e segmentos de fissuras, propriedades de linearidade de segmentos de fissuras, características geométricas de curvaturas de fissuras e padrões de pixels das fissuras. Os autores relatam a necessidade de pré-processamento para treinamento dos classificadores para identificar a presença de artefatos irrelevantes (como a presença ou ausência de objetos na reflexão do vidro ou atrás do painel de vidro) que podem ser confundidos com fissuras ou mesmo escondê-las.

Falorca e Lanzinha (2021) avaliaram um edifício alto (18 pavimentos) com 40 anos e dois prédios de 2 pavimentos com 20 e 6 anos, respectivamente. As imagens foram coletadas com o DJI Phantom 4 e os demais com o Parrot Bebop 2, cuja distância focal foi estabelecida entre 1 e 3 m e o modo de voo foi o LOS (Line of Sight). A análise foi feita avaliando as imagens dos vídeos, quadro a quadro, já que não foram geradas ortoimagens em 2D ou 3D, baseadas em nuvens de pontos.

Chen *et al.* (2021) fizeram a coleta de imagens com o DJI Spark drone, cuja distância focal estabelecida foi de 3,5 m e a sobreposição de imagens definida entre 65% e 75%. A geolocalização é dada pelos *keypoints*. Embora os autores tenham afirmado eficácia da técnica, também apontaram limitações como a geração de modelos por entradas manuais. O modelo ignora características menores como colunas e varandas (imprecisão); os registros sofrem interferência quando há oclusões, obliquidades e regiões escuras.

Alguns dos equipamentos usados pelos autores em suas pesquisas são apresentados no Quadro 3, cujas especificações técnicas foram retiradas dos catálogos dos fabricantes. Importante destacar que para utilização neste tipo de inspeção é necessário que a câmera acoplada ao drone capture as imagens no plano vertical, assim na maior parte das vezes os fabricantes adotam um eixo cardan que compensa a vibração causada pelas rajadas de vento por meio de um estabilizador. Alguns limitadores para o uso desses equipamentos são: a capacidade de resistir ao vento de forma estável, autonomia de voo por bateria, o alcance do GPS e a existência de sensores de obstáculos que impeçam o impacto da aeronave em caso de perda de sinal ou de rajadas de ventos.

Especificação técnica	DJI Mavic Pro	DJI Phanton 4	Parrot bebop 2	DJI Phanton 3 Pro
				
Tempo de vôo	27 min	28 min	25 min	23 min
Alcance do controle	7000m	3500m	3200m	3000m
Qualidade de imagem	Captura vídeos em 1080 p (formato H264) e imagens com 14 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 20 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 14 MP	Captura vídeos com resolução 4K e imagens com 12,4 MP
Alcance sensorial de obstáculos	Possui	Possui	Não possui	Não possui
Velocidade máxima de elevação	Modo esporte: 5 m/s	Modo esporte: 6 m/s	6 m/s	5 m/s
Resistência ao vento	Até 38 km/h	Até 36 km/h	Até 59 km/h	Até 36 km/h

Quadro 3: Equipamentos com potencial para inspeções em fachada. Fonte: Autores, 2021.

Além disso, para inspeções em fachadas é necessário que alguns parâmetros técnicos como boa iluminação, distância focal, identificação de obstáculos (árvores, placas, rede de energia etc.), funcionamento do GPS em regiões de densa urbanização, sejam avaliados em uma visita preliminar da equipe técnica para que os resultados sejam satisfatórios.

Embora todos os pesquisadores tenham sido unanimes em destacar a rapidez na coleta de dados com o drone, além da redução de custos e riscos para a equipe especialista no serviço, identifica-se a necessidade de mais estudos experimentais ou mesmo exploratórios para avanço dos métodos de detecção de danos nos elementos que compõe as fachadas. Apesar de os avanços da tecnologia em termos de mobilidade do drone e qualidade de imagens e da integração entre as áreas da engenharia e ciência da computação, há necessidade da continuidade das pesquisas com vistas a reduzir as limitações já identificadas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta RSL apontou o interesse dos pesquisadores sobre o uso do drone nos últimos cinco anos, como possibilidade para inspeções em fachadas de edifício em altura. A integração de conhecimentos da engenharia diagnóstica e da ciência da computação é necessária para que ocorra avanços no diagnóstico de danos, visto que a geração dos modelos 2D e 3D para documentação se mostram mais acessíveis.

Há uma tendência da área para o uso dos drones nas inspeções e há consenso no meio técnico sobre a rapidez na coleta de dados em comparação com a técnica tradicional, além da redução

de custos e riscos para a equipe envolvida. No entanto, ainda são limitados os estudos que visam a composição de bancos de imagens formados por tipos diferentes de manifestações patológicas nos elementos que compõe as fachadas. Bancos de dados formados por imagens são essenciais para treinamento de redes neurais que visem o reconhecimento automático de danos.

Por fim, nota-se que os avanços na tecnologia permitem o reconhecimento automático de manifestações patológicas, o que pode ser de grande importância para a gestão da manutenção de edifícios que pertencem ao conjunto de bens a serem preservados pelo seu valor histórico e cultural. Assim, a integração entre as metodologias para documentação digital, registro e monitoramento mostra-se estratégica para a gestão do estado de degradação das fachadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16747: Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2020.

BONGOMIN, O.; OCEN, GG; NGANYI, E.O.; MUSINGUZI, A.; OMARA, T. Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. Journal of Engineering v.2020, Article ID 8090521, United Kingdom, 2020.

BOWMAN, M. ; KESAWAN, S. ; SIVAPALAN, S. ; SIVAPRAKASAM, T. Investigation into Application of Artificial Intelligence to Facade. In: EASEC16 - The 16th East Asian-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction. Proceedings [...]. Springer, 2019.

CHEN, K.; REICHARD, G.; XU, X.; TANG P.; GRAU D.; EL ASMAR M. Geo-registering UAV-captured close-range images to GIS-based spatial model for building façade inspections. Automation in Construction, v. 122, p. 103503, 2021.

COELHO, L.; BRITO, J. N. Fotogrametria Digital. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

DARVISHPOOR, S. ROSHANIAN, J.; RAISSI, A.; HASSANALIAN, M. Configurations, flight mechanisms, and applications of unmanned aerial systems: A review. Progress in Aerospace Sciences, v. 121, February, 2020.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. Design science research. 2th ed. Springer, 2018. p 129-156.

FALORCA, J. F.; LANZINHA, J. C. G. Facade inspections with drones–theoretical analysis and exploratory tests. International Journal of Building Pathology and Adaptation, v. 39, n. 2, p. 235–258, 2021.

JORDAN, S.; MOORE, J.; HOVET, S.; BOX, J.; PERRY, J.; KIRSCHE, K.; LEWIS, D.; TSE, Z. T. H. State-of-the-art technologies for UAV inspections. IET Radar, Sonar and Navigation, v. 12, n. 2, p. 151–164, 2018.

LAGKAS, T.; ARGYRIOU, V.; BIBI, S.; SARIGIANNIDIS, P. UAV IoT framework views and challenges: Towards protecting drones as “things”. Sensors, v. 18, n. 11, p. 1–21, Switzerland, 2018.

LIU, Y. DAI, H. N.; WANG, Q.B.J; SHUKLA, M. K.; IMRAN, M. Unmanned aerial vehicle for internet of everything: Opportunities and challenges. Computer Communications, v. 155, p. 66-83, 2020.

MOHAMMAD, F.; ALZOUBI, A.; DU, H.; JASSIM, S.; AGAIAN S. S.; ASARI V. K.; DELMARCO S. P.; JASSIM S. Automatic glass crack recognition for high building façade inspection. In: SPIE Proceedings [...]. Vol. 11399: Mobile Multimedia/Image Processing, Security, and Applications 2020, p. 32, May 2020.

MOTLAGH, N. H.; TALEB, T.; AROUK, O. Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles-Based Internet of Things Services: Comprehensive Survey and Future Perspectives. IEEE Internet of Things Journal, v. 3, n. 6, p. 899–922, 2016.

OKOLI, C. Guia Para Realizar uma Revisão Sistemática de Literatura. (traduzido por David Wesley Amado Duarte). EaD em Foco, v. 9, n. 1, p. 1–40, 2019.

SHIH, P.-H.; CHI, K.-H. A Deep Learning Application for Detecting Facade Tile Degradation. In: HUMAN SYSTEMS ENGINEERING AND DESIGN II. Proceedings [...]. Munich: Tareq Ahram, Waldemar Karwowski, Stefan Pickl, Redha Taiar. p. 26-32, 2019.

DIFERENCIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO AO LONGO DAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS

Differentiation of degradation along building facades

Eduardo Rodrigues Neto

Mestrando, Universidade de Brasília, eduardo.neto@ctec.ufal.br

Elton Bauer

Doutor, Universidade de Brasília, elbauerlem@gmail.com

Resumo

A envoltória dos edifícios é o sistema capaz de proteger a edificação de variados agentes de degradação e manter o desempenho dos componentes. A presente pesquisa visa investigar o comportamento da degradação ao longo das fachadas com revestimento cerâmico e como ela se manifesta em função dos andares dos edifícios. Assim, selecionou-se seis edificações residenciais da cidade de Brasília-DF e aplicou-se o Método de Mensuração da Degradação. A partir deste método, foi possível quantificar a degradação e analisar o indicador de degradação de Fator de Danos (FD). Os resultados apontam o descolamento cerâmico como o principal dano identificado nas fachadas. Além disso, a curva de FD em função da idade indica uma tendência de aumento de degradação à medida que a idade avança. Já os resultados do FD em função dos andares, revelam uma tendência de o FD médio aumentar com o aumento da altura do pavimento, porém ainda são necessárias maiores investigações a fim de confirmar esta afirmação.

Palavras-chave: Degradação; Anomalias; Fachadas; Revestimento Cerâmico; Método de Mensuração da Degradação (MMD)

Abstract

The building envelope is the system capable of protecting the building from various degradation agents and maintaining the performance of the components. This research aims to investigate the behavior of degradation along facades with ceramic coating and how it manifests itself in terms of the floors of buildings. Thus, six residential buildings in the city of Brasília-DF were selected and the Degradation Measurement Method was applied. From this method, it was possible to quantify the degradation and analyze the Damage Factor (DF) degradation indicator. The results point to ceramic detachment as the main damage identified in the facades. In addition, the DF curve as a function of age indicates a tendency to increase degradation as age advances. The DF results as a function of floors, on the other hand, reveal a tendency for the average DF to increase with the increase in the height of the floor, but further investigations are still needed in order to confirm this statement.

Keywords: *Degradation; Anomalies; Facades; Ceramic Coating; Degradation Measurement Method (DMM)*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, discussões acerca da durabilidade das construções tem sido presente em diferentes etapas construtivas, pois o elevado consumo de materiais pelo setor da Construção Civil atrelado aos resíduos gerados e a diminuição das reservas naturais tem gerados diversos impactos ao redor no mundo.

Assegurar a durabilidade das construções é uma necessidade e, é possível, a partir do controle rigoroso dos materiais empregados, do projeto bem elaborado, considerando as especificidades de cada empreendimento, e da execução correta (SOUZA, 2019). Vale destacar que o planejamento de manutenções periódicas é imprescindível para a durabilidade e vida útil dos sistemas (SOUZA, 2019; MADUREIRA et al., 2017; FERREIRA et.al. 2020). Além disso, definir estratégias de manutenção reflete nos custos, ou seja, colocar em prática ações de manutenção de rotina previne a necessidade de grandes intervenções (MADUREIRA et al. 2017).

Estudar dos processos de degradação na envoltória dos edifícios é uma tarefa que requer experiência devido à complexidade dos sistemas e subsistemas formados (SOUZA et al., 2020). Além disso, há diferentes condições de degradação nas fachadas ocasionada pelas variadas condições de sensibilidade e exposição aos agentes de deterioração (FLORES-COLEN, 2009). Essas diferenças das condições de degradação são influenciadas pela idade, orientação, tipo de revestimento e intensidade dos agentes atuantes nas fachadas dos edifícios.

Ao se abordar a envoltória das edificações, mais especificadamente, as fachadas, tem-se que essa desempenha um papel fundamental no que diz respeito ao desempenho e durabilidade dos edifícios, uma vez que funciona com uma proteção à ação dos diversos agentes de degradação (SOUZA, 2019; SOUZA, 2020; MADUREIRA et al., 2017; PIAZZAROLLO, 2019; FERREIRA et al, 2019). Esses agentes são influenciados pela ação do clima, fatores biológicos, esforços mecânicos, além de incompatibilidades de utilização (SOUZA, 2019).

Os agentes de degradação são classificados, segundo a ISO 15686-2 (2012), de acordo com a sua natureza: mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica. No modo geral, na parte externa das edificações, a ação dos agentes é proveniente da atmosfera ou solo, já na parte interna, está relacionado ao uso e ocupação (BS ISO 15686-2, 2012).

Dentre os diferentes tipos de agentes de degradação, constata-se existir uma forte correlação entre a radiação solar incidente e a degradação das fachadas, responsável pelo surgimento de variadas anomalias como: descolamento cerâmico, fissuração, falha nas juntas e eflorescência. Além disso, afirma-se ainda que na zona geográfica com maior índice de incidência solar é possível diagnosticar e quantificar o maior número de danos (BAUER et al., 2014; MAZER et al., 2016).

Define-se anomalia como o dano provocado pela ação de agentes de deterioração. A ação desses agentes (chuva dirigida, radiação, temperatura) provoca a perda de desempenho e redução da vida útil dos sistemas e componentes que formam a envoltória dos edifícios.

Das anomalias mencionadas (BAUER et al., 2014), a falha nas juntas é caracterizada por lacunas entre o rejunte e a peça cerâmica, proveniente da incapacidade total ou parcial do material de preenchimento em absorver as deformações inerentes às movimentações dos sistemas (SOUZA, 2019). Consequentemente, surgem aberturas permitindo o ingresso de umidade, o que prejudica o desempenho do sistema de juntas. Já os danos por eflorescência são provocados por migração de umidade, somado com a cristalização dos sais presentes nos materiais de construção.

Os processos de fissuração, provocados pelo aparecimento de esforços mecânicos, em uma amostra estuda são mais intensos nas idades iniciais das construções (menor que 10 anos), pois com o passar do tempo esse dano se propaga dando origem a novas anomalias, como por exemplo o descolamento cerâmico (BAUER et al., 2015). Assim, ações de manutenção, através da detecção e reparo da manifestação patológica o quanto antes, evita a dissipação do dano e, consequentemente, surgimento de novos danos.

A anomalia referente ao descolamento cerâmico é proveniente da falta de aderência da peça de revestimento ao substrato. Afirma-se (SOUZA, 2019) que essa perda de aderência pode ocorrer em diferentes camadas do substrato, sendo possível identificar essa anomalia visualmente por meio do empolamento do revestimento da fachada. Vale ressaltar que esse tipo de anomalia provoca transtornos para o funcionamento dos edifícios devido ao perigo inerente ao descolamento, seguido do desprendimento das pastilhas cerâmicas do substrato, o que coloca em risco a segurança dos usuários.

Cita-se como possíveis causas do descolamento cerâmico os ciclos de secagem e molhagem, provocados pela penetração de umidade nas regiões fissuradas, seja nas juntas como nas pastilhas; os gradientes de temperatura que provocam a dilatação dos materiais gerando esforços (BAUER et al. 2015); as movimentações cíclicas diferenciais na estrutura; a falta de qualidade na seleção dos materiais e erros construtivos; além da falta de manutenção periódicas nos sistemas (SANTOS, 2017).

Diante desse contexto, Bauer et al. (2011) e colaboradores (SILVA, 2014; SOUZA, 2016; PIAZZAROLLO, 2019; SOUSA, 2019) tem desenvolvido uma base de dados composta por edifícios de cidade de Brasília-DF que apresentam o mesmo processo construtivo, porém se diferem quanto a idade e às ações de exposição. Essa base de dados foi construída a partir da análise do Método de Mensuração da Degradação (MMD). Assim, tem-se como objetivo investigar o comportamento da degradação da fachada de edifícios com revestimento cerâmico e como ela se manifesta em função dos diferentes andares nas amostras estudas.

2. METODOLOGIA

O processo de investigação teve como origem a base de dados formada por seis edificações residenciais da cidade de Brasília-DF. Todos os edifícios que compõem a amostra investigada

se assemelham por apresentarem o mesmo processo construtivo e estão sujeitos aos mesmos agentes de degradação, no entanto, se diferem quanto a idade.

O conjunto de edifícios analisados formam uma base de dados com idades entre 13 e 43 anos, sendo as fachadas constituídas por alvenarias revestidas com material cerâmico, mais especificadamente pastilhas cerâmicas. Esses foram agrupados em três faixas de idade (Tabela 1): Faixa 1 (menor que 20 anos), Faixa 2 (entre 20 e 30 anos) e Faixa 3 (maior que 30 anos). Além disso, cada fachada foi subdividida em amostras, totalizando 31 amostras estudas, sendo que cada amostra é analisada e quantificada de forma individualizada.

Faixas de idades	Edifícios	Idade	Nº Pav.
< 20 anos	A1	13	12
	A2	17	6
20 a 30 anos	A3	24	6
	A4	28	6
> 30 anos	A5	41	6
	A6	43	6

Tabela 1: Edifícios selecionados. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Vale destacar que a maioria dos edifícios selecionados estão localizados na região central de Brasília, apresentam 6 pavimentos e são compostos por pastilhas cerâmicas de dimensões 2x2 centímetros. Apenas o edifício A1 apresenta 12 pavimentos e tem as pastilhas com dimensões 10x10 centímetros.

De forma a mapear as principais anomalias presentes na envoltória das edificações com revestimento cerâmico: descolamento cerâmico (DC), fissuração (FI), falha nas juntas (FJ) e presença de eflorescência (EF), aplicou-se o Método de Mensuração da Degradação (MMD).

O MMD consiste numa série de procedimentos de investigação e análise que permitem obter índices de quantificação da degradação nas fachadas dos edifícios. Os procedimentos básicos do método para a quantificar a degradação são descritos: (BAUER et al., 2020):

- ✓ Classificação das anomalias em quatro grupos (DC, FI, FJ e EF);
- ✓ Padronização e adequação da definição das amostras;
- ✓ Inspeção de campo utilizando ferramentas de captura e ortogonalização de imagens digitais, varredura a laser, termografia infravermelha e inspeções física quando necessário;
- ✓ Definição e mapeamento das anomalias para cada amostra investigada; e
- ✓ Quantificação do grau de degradação dos danos a partir dos indicadores.

A partir disso, foi possível estudar o comportamento de cada um dos quatro tipos de danos frequentes nas fachadas em função dos andares dos edifícios.

No que se refere a divisão das fachadas em amostras, tem-se que essas são tratadas de forma individualizadas e são divididas em elementos funcionais como: idade, orientação, prumadas e empenas (SILVA, 2014). Destaca-se que cada amostra não pode ter diferença de orientação e deve ser do mesmo elemento de arquitetura (SOUZA, 2016).

Devido as particularidades de cada inspeção realizada e do próprio edifício, observa-se (Tabela 2) que o número de amostras é variado para cada um dos edifícios em estudo. Vale destacar que as informações foram obtidas do banco de dados e que somente foram estudas as amostras que foram possíveis de identificar danos.

Edifício	Idade	Quantidade de amostras
A1	13	4
A2	17	9
A3	24	11
A4	28	3
A5	41	3
A6	43	1
	Total	31

Tabela 2: Relação da quantidade de amostras. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para quantificar a degradação, foi utilizado um indicador de degradação denominado Fator de Danos (FD). Esse indicador representa a área degradada em relação a área total da amostra (Equação 1).

$$FD = \frac{\sum AD_n}{A} \quad (1)$$

Onde: FD é o Fator de Danos; AD_n é a área degrada da amostra (m^2) e A é a área total da amostra (m^2).

Para quantificar a degradação em cada pavimento, foi utilizado a Equação 2.

$$FD_{pav(n)} = \frac{\sum AD_{pav(n)}}{A} \quad (2)$$

Onde: $FD_{pav(n)}$ é o Fator de Danos para o pavimento n; $AD_{pav(n)}$ é a área degradada da amostra no pavimento n (m^2); e A é a área total da amostra (m^2). A soma dos $FD_{pav(n)}$ corresponde ao FD total (Equação 1)

Para a quantificação da degradação de cada pavimento em termos percentuais, utiliza-se a Equação 3.

$$FD_{pav(n)}(\%) = FD_{pav(n)} * 100\% \quad (3)$$

Onde: $FD_{pav(n)}(\%)$ é o Fator de Danos percentual para o pavimento n e $FD_{pav(n)}$ é o Fator de Danos para o pavimento n.

3. RESULTADOS

Com o enfoque da investigação do comportamento da degradação das fachadas, a partir do banco de dados, os resultados obtidos levam em consideração as diferenças de degradação em relação aos andares mais próximo do solo e aqueles mais próximos do topo da edificação. A partir da aplicação do método MMD, foi possível utilizar um indicador (Fator de Danos), capaz de traduzir a degradação e contribuir para a previsão de um comportamento associado ao desenvolvimento dos danos em fachadas revestidas com pastilhas cerâmica.

Ao analisar os seis edifícios selecionados, com cerca de 8.000 m² de área total, contata-se a presença de anomalias em 1.254,50 m², representando 15% de área degradada, conforme se observa na Figura 1.

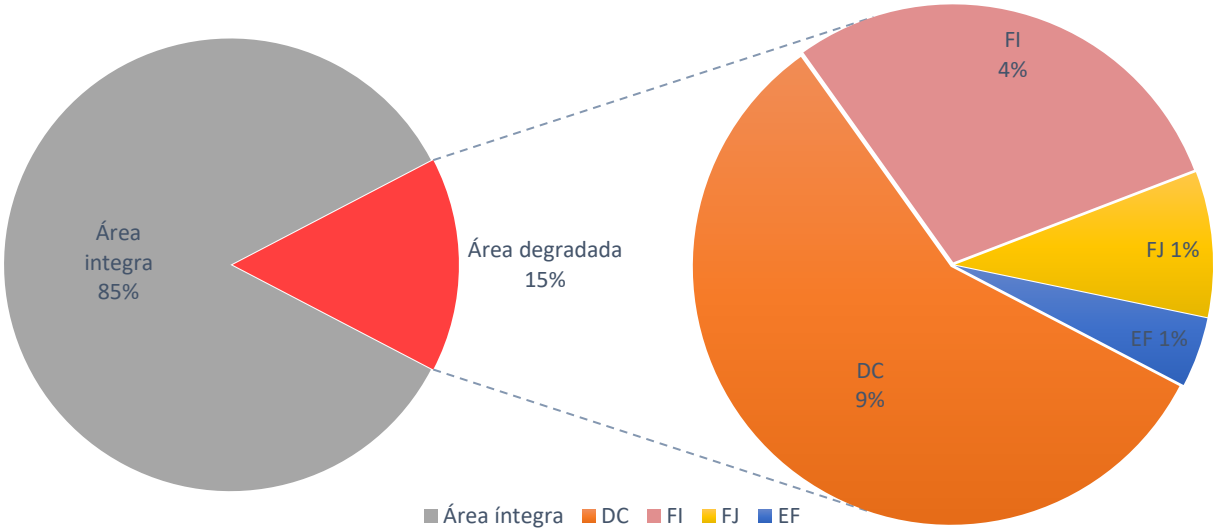


Figura 1: Percentual de área íntegra x degradada. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Dentre as anomalias analisadas, destaca-se o descolamento cerâmico como o dano mais frequente nas regiões da fachada, assim como, já foi identificado em pesquisas anteriores (BAUER et al., 2014 e SOUZA, 2019).

Ao se considerar apenas a área degrada (Figura 2), os danos por descolamento cerâmico representam cerca de 58% das anomalias analisadas, totalizando 721,0 m², seguido por processos de fissuração (364,25 m²), falhas na juntas (114,25 m²) e presença de eflorescência (55,0 m²).

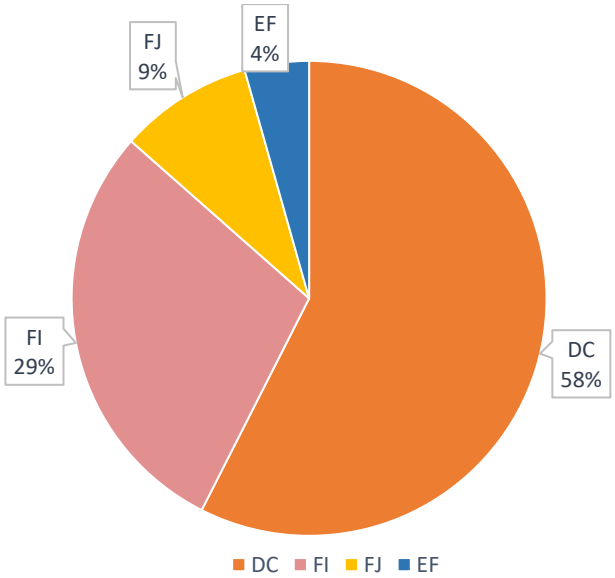


Figura 2: Percentual das anomalias identificadas. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em uma análise inicial do edifício, o indicador de Fator de Danos irá quantificar a degradação em função da área total da amostra.

Com base nos dados dos edifícios e da mensuração da degradação, analisa-se o comportamento dos processos de aparecimento de anomalias em função da idade das edificações. A curva de FD – Total (Figura 3) apresenta o processo evolutivo desse indicador em função do tempo, considerando as anomalias analisadas (DC, FI, FJ e EF). Observa-se que à medida que a idade avança, o processo de degradação das fachadas também aumenta devido à ação dos diferentes agentes atuantes na envoltória. Destaca-se que nesta análise inicial do Fator de Danos, foi considerada a degradação total da amostra da fachada, não levando em consideração a distinção entre as anomalias identificadas para cada um dos andares dos edifícios, nem o tipo de região danificada.

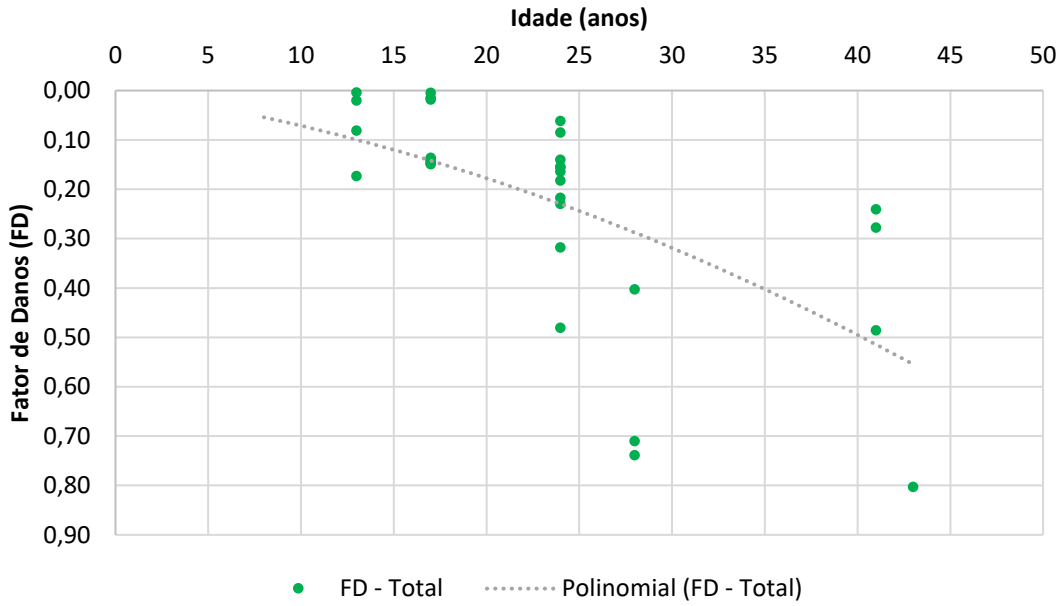


Figura 3: Curva de degradação do Fator de Danos – Total. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ao analisar o comportamento da curva de degradação do FD - Total, observa-se uma tendência não linear da curva, representada por um ajuste do tipo polinomial (SOUZA, 2016).

Nos resultados apresentados (Figura 3) na faixa de idade entre 20 e 30 anos, observa-se um processo de degradação acelerado, quando comparado com as idades iniciais, identificado por meio da dispersão dos pontos e aumento do Fator de Danos para as amostras analisadas.

Considerando os dados das amostras do edifício com idade de 28 anos (edifício A4) tem-se que o FD máximo é 0,8. Esse valor representa uma ocorrência de dano em 80% da amostra analisada. Ao comparar esse valor do FD máximo com o valor máximo correspondentes a faixa de idade menor que 20 anos, percebe-se um aumento considerável em relação a ocorrência de danos na fachada.

Já na faixa de idade maior que 30 anos, os processos de degradação estão cada vez mais intensos, podendo estar associados à propagação de danos que surgiram ao longo da vida útil da fachada.

Na Figura 4, observa-se os resultados referentes ao fator de danos percentual das amostras analisadas em função do andar do pavimento. Nesta análise, foi necessário desconsiderar os dados de FD das amostras do edifício A1.

Uma vez que o edifício A1 é formado por amostras com 12 pavimentos, esse número de pavimentos superior às demais amostras analisadas, estava provocando uma interferência na curva de tendência do FD em função do pavimento. Dessa forma, visando atingir o objetivo proposto, foram considerados para análise apenas os edifícios A2, A3, A4, A5 e A6, ambos com seis pavimentos.

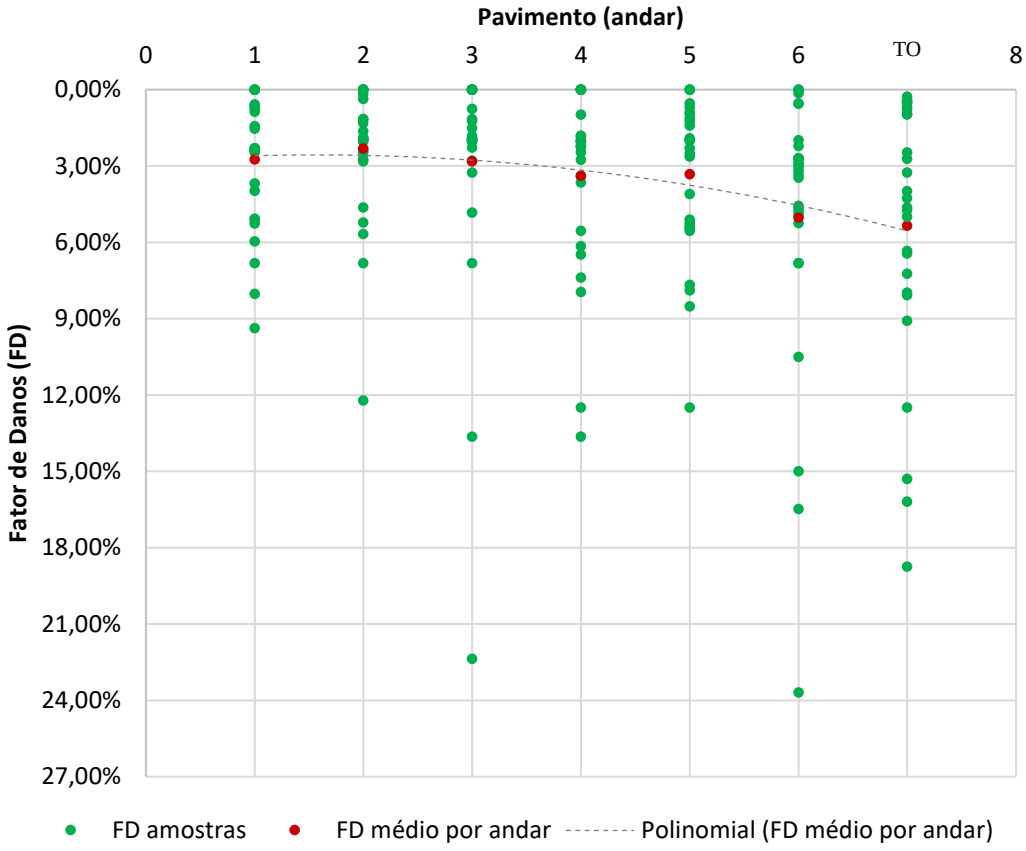


Figura 4: FD percentual das amostras em função do andar do pavimento.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O FD médio das amostras em função do andar do pavimento (Figura 4), revelou uma curva de fator de danos do tipo polinomial, assim como também foi observado na Figura 3. A tendência desta curva média indica um aumento do FD à medida que se eleva o pavimento.

Numa análise estatística, Tabela 3, a mediana dos dados de FD de cada pavimento revelou um comportamento diferente dos dados referente aos valores médios. Observa-se valores mais elevados da mediana para o primeiro e o último pavimento, indicando que 50% dos resultados referentes a esses pavimentos assumem valores maiores de FD que os demais pavimentos.

Pavimento	1	2	3	4	5	6	TO
FD médio por andar	2,74%	2,31%	2,83%	3,38%	3,32%	5,03%	5,35%
Mediana	2,31%	1,91%	1,91%	2,21%	1,99%	3,18%	4,26%
FD Máx	9,38%	12,22%	22,37%	13,64%	12,50%	23,68%	18,75%
Desvio Padrão	2,64%	2,70%	4,81%	3,61%	3,12%	5,49%	5,21%

Tabela 3: Estatísticas dos dados de FD referente aos edifícios A2, A3, A4, A5 e A6.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Quanto ao FD máximo, os maiores valores podem ser encontrados no terceiro (22,37%) e no último pavimento (23,68%) das amostras analisadas (Tabela 3). No entanto, não é possível estabelecer uma tendência desses valores em função dos pavimentos, uma vez que os resultados apresentam oscilações de um andar para outro.

De modo geral, o sexto pavimento (último andar) é o andar o qual concentra os maiores valores do indicador de degradação. Andares extremos tendem a desenvolver maiores problemas patológicos, uma vez que influenciado pela altura está mais suscetível a incidência de chuva dirigida, ventos e radiações solares (SILVA, 2014).

4. CONCLUSÕES

O estudo da degradação é complexo e leva em consideração diferentes aspectos. A partir da análise realizada, foi possível quantificar as anomalias referentes ao descolamento cerâmico, fissuração, falha nas juntas e presença de eflorescência em um estudo de caso de edifícios com revestimento cerâmico da cidade de Brasília-DF.

Desse modo, pode-se reafirmar que, dentre as anomalias identificadas, o dano referente ao descolamento cerâmico foi o mais frequente nos edifícios com sistema construtivo da envoltória em pastilhas cerâmicas, seguido dos danos de fissuração, falha nas juntas e, por último, presença de eflorescência.

A análise do indicador de degradação de Fator de Danos permitiu quantificar as anomalias, tanto em função das faixas de idade (<20anos; de 20 a 30 anos; e >30anos), quanto em função do pavimento estudado.

Com isso, pode-se afirmar que à medida que a idade do edifício avança, o aparecimento e intensificação dos danos são mais frequentes, levando à deterioração da envoltória e diminuição da vida útil do sistema. Além disso, houve uma elevação significativa do indicador de fator de danos ao comparar as amostras dos edifícios da faixa 1 (<20 anos) com as da faixa 2 (de 20 a 30 anos).

Quanto à análise do indicador de degradação em função dos andares dos edifícios, a curva de tendência dos valores médios de FD indica um aumento do indicador com a elevação do pavimento. No entanto, os valores das medianas dos dados analisados não indicou uma tendência. Os dados revelaram os maiores índices da mediana para os pavimentos das extremidades superior e inferior.

Por fim, observa-se influência da idade nos resultados do FD para cada pavimento, uma vez que com o aumento da idade da amostra analisada, tem-se uma elevação dos resultados, podendo interferir na tendência observada. Assim como, a diminuição da idade, tende a mostrar uma curva de FD com valores mais baixos.

Como pesquisa futura e uma forma de padronização da análise, utilizar o método de transposição de pontos (MTP) pode ser uma possibilidade de estudo, considerando todos as

amostras dos edifícios analisados em uma mesma idade, diminuindo/retirando a influência do tempo no comportamento do indicador de FD em função dos pavimentos. Vale destacar que esse método (MTP) permite traçar uma curva semelhante à curva média para cada um dos casos analisados (SOUZA, 2019). Com isso, é possível transpor o ponto de FD do caso real para uma outra idade, obtendo assim o FD referente à determina amostra em uma idade diferente a qual foi realizada a medição.

REFERÊNCIAS

BAUER, E.; KRAUS, E. e ANTUNES, G. R. Processo de identificação das manifestações patológicas em fachadas com revestimento cerâmico. IX Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2011.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M. N. B. Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília. Cerâmica, v. 61, n. 358, p. 151-159, 2015.

BAUER, E.; KRAUS, E.; SILVA, M. N. B.; ZANONI, V.A.G. Evaluation of Damage of Building Facades in Brasília. 13th DBMC – International Conference on Durability of Buildings Materials and Components, São Paulo, Brazil, 2014. 535–542 pp.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BS ISO 15686-1 Buildings and constructed assets — Service life planning. Part 2: Service life prediction procedures. London, 2012.

FERREIRA, C.; NEVES, L. C.; SILVA, A.; DE BRITO, J. Stochastic maintenance models for ceramic claddings. Structure and Infrastructure Engineering, v. 16, n. 2, p. 247-265, 2020.

FERREIRA, C.; NEVES, L. C.; SILVA, A; DE BRITO, J. Stochastic Petri-net models to predict the degradation of ceramic claddings. Building Research & Information, v. 47, n. 6, p. 697-715, 2019.

FLORES-COLEN, I. Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. Tese de Doutorado. Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

MADUREIRA, S.; FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J.; PEREIRA, C. Maintenance planning of facades in current buildings. Construction and Building Materials, 2017. v. 147. pp. 790-802.

MAZER, W.; SILVA, L. M. R.; LUCAS, E.; SANTOS, F. C. M. Evaluation of pathological manifestations in buildings according to orientation geographic. Revista ALCONPAT, 6(2), 2016. 145-156 pp.

PIAZZAROLLO, C. B. Estudo da Evolução e da Gravidade da Degradação nas Diferentes Zonas Componentes da Fachada. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM – 11A/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019. 152 p.

SANTOS, M. J. B. O. Catalogação de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, Brasil, 2017. 212p.

SILVA, M. N. B. Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-

006A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014. 198 p.

SOUZA, J. S. Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação 07A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. 114p.

SOUZA, J. S. Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachadas de edifícios. Tese de doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DT-15A/19, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2019. 139 p.

SOUZA, J.; SILVA, A.; DE BRITO, J.; DIAS, J. L.; BAUER, E. Evaluation of the deterioration of ceramic claddings by application of artificial neural networks. Journal of Performance of Constructed Facilities, v. 34, n. 5, p. 04020084, 2020.

USO DA LÓGICA FUZZY NO PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS POR RPA EM PROTOCOLOS DE MONITORAMENTO DE FISSURA NO PATRIMÔNIO CULTURAL ARQUITETÔNICO

Use of fuzzy logic in the processing of digital image obtained by RPA in crack monitoring protocols in the architectural cultural heritage

Tiago de Castro Hardy

Mestre, Universidade Federal de Minas Gerais, tiagohardy@ufmg.br

Willi de Barros Gonçalves

Prof. Adjunto, Universidade Federal de Minas Gerais, willidebarros@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar o resultado de uma pesquisa que investigou a utilização de RPA (Remotely Piloted Aircraft) como ferramenta para a documentação científica, em protocolos de monitoramento e diagnóstico de conservação do patrimônio cultural arquitetônico. O estudo de caso compreende o monitoramento de uma fissura localizada na cobertura da Igreja de São Francisco de Assis, mais conhecida como Igrejinha da Pampulha, obra icônica da arquitetura moderna brasileira, localizada em Belo Horizonte, MG. O método envolveu técnicas de fotogrametria realizada com RPA, análise das imagens digitais por meio de técnicas de binarização e reconhecimento de pixels, em imagens Raster. Concluindo que a altura do voo utilizado nesta pesquisa, gerou um erro de dois centímetros quadrados no monitoramento da fissura pela análise de dados matriciais. O trabalho ainda gerou um modelo em nuvem de pontos da Igrejinha o qual contribui para a geração de um modelo HBIM.

Palavras-chave: Patrimônio cultural edificado – preservação; Conservação preventiva de bens culturais imóveis; Patologias construtivas; Fotogrametria por RPA

Abstract

The main objective of this work is to present the results of a research that investigated the use of RPA (Remotely Piloted Aircraft) as a tool for scientific documentation, in monitoring and diagnosis protocols for the conservation of architectural cultural heritage. The case study comprises the monitoring of a fissure located in the roof of the Church of São Francisco de Assis, better known as Igrejinha da Pampulha, an iconic work of Brazilian modern architecture, located in Belo Horizonte, MG. The method involved photogrammetry techniques performed with RPA, analysis of digital images through binarization techniques and pixel recognition, in Raster images. Concluding that the height of the flight used in this research, generated an error of two square centimeters in the monitoring of the crack by

the analysis of matrix data. The work also generated a point cloud model of Igrejinha which contributes to the generation of an HBIM model.

Keywords: *Built cultural heritage – preservation; Preventive conservation of immovable cultural*

1. INTRODUÇÃO

A documentação científica, é imprescindível para as ações preservacionistas do patrimônio cultural, conforme Braga (2008, p.7) "significa antes uma ação que se confunde com a própria preservação da memória, pois é capaz de conservar não só a imagem e a história do patrimônio constituído".

As ações de salvaguarda começam pelo conhecimento dos bens, um processo contínuo que "consiste em investigar, registrar (inventariar), documentar e gerenciar as informações sobre um determinado bem, permitindo sua melhor compreensão" (PANISSET, 2011).

As rotinas de documentação científica possuem características de evidenciar vários tipos de registros, garantindo a permanência da informação ao longo dos diferentes contextos históricos, Pereira Filho (2015, p.2) diz que a "documentação assume a função de representar ideias e objetos que nos informam sobre algo".

Além do valor documental e simbólico, a documentação científica é a base para o conhecimento que irá auxiliar na gestão, na conservação e em projetos de intervenção conforme explica Oliveira:

> Além de ser a base óbvia sobre a qual vamos elaborar o nosso projeto de intervenção, os cadastros feitos com apuro e exatidão nos permitem leitura mais detalhada da evolução do organismo arquitetônico e suas transformações, além de ensejarem a avaliação das deformações estáticas que a estrutura do edifício vem sofrendo, para que se possam aplicar as soluções corretivas. Mostram, inclusive, certas irregularidades construtivas que facilitam o entendimento da história do edifício, suas mutações e adições feitas no passado para ampliação da sua capacidade ou incorporação de novos usos. (OLIVEIRA, 2008, p. 13)

A quantidade de informações, ferramentas e métodos utilizados para elaborar um registro documental dependem da finalidade e o uso dos documentos, podendo variar desde informações básicas, como levantamentos dimensionais e fotográficos iniciais, até critérios técnicos mais sofisticados e detalhados, que embasam instrumentos de preservação como os inventários. Por sua vez, estes seguem recomendações internacionais desde o início do século XX e envolvem fundamentos históricos, artísticos e sociais, entre outros.

Ao analisar as questões que envolvem monumento e documento, Le Goff (1924, p. 462), diz que "a memória coletiva e a sua forma científica, a história, aplicam-se a dois tipos de materiais: os documentos e os monumentos", onde "monumento é tudo aquilo que pode evocar o passado, perpetuar a recordação". Já o documento (*documentum*) deriva do latim *docere* (ensinar) evoluindo para o significado de prova, instrumento ou testemunho,

resguardados pelas narrativas dos historiadores, as quais podem atender às intenções das classes dominantes:

> O documento não é inócuo. É antes de mais nada o resultado de uma montagem, consciente ou inconsciente, da história, da época, da sociedade que o produziram, mas também das épocas sucessivas durante as quais continuou a viver, talvez esquecido, durante as quais continuou a ser manipulado, ainda que pelo silêncio. O documento é uma coisa que fica, que dura, e o testemunho, o ensinamento (para evocar a etimologia) que ele traz devem ser em primeiro lugar analisados desmistificando o seu significado aparente. O documento é monumento. Resulta do esforço das sociedades históricas para impor ao futuro – voluntária ou involuntariamente – determinada imagem de si próprias. (LE GOFF, 1924, p. 462)

A documentação de um bem não contribui apenas para transmitir conhecimento sobre os lugares de herança e significados, mas também exerce um papel fundamental como base de tomadas de decisões para gerenciamento, monitoramento, conservação preventiva e a própria intervenção do bem. Segundo Letellier (2007, p. 11) as informações do patrimônio, são a base para a conservação e envolvem um processo cíclico: monitoramento, compreensão avaliação, significados e tomadas de decisões.

Segundo Gonçalves e Michelin (2020), a preservação e a conservação do patrimônio edificado envolvem uma série de fatores como atribuição de valores sociais, materiais e técnicas construtivas embutidos de significados culturais, necessitando desta forma uma atenção especial, visando "evitar a perda de valor decorrente de intervenções inadequadas" (GONÇALVES; MICHELIN, 2020, p.8).

Para Avrami (2019, p.36), isoladamente, a conservação física dos bens culturais não preserva seus valores e significados. Neste sentido, práticas de documentação podem informar as questões de valores e significados associados ao lugar e ao espaço, contribuindo, desta forma, para um gerenciamento responsivo do patrimônio, conforme destaca Castriota (2009):

> Assim, no campo da conservação do patrimônio, os valores vão ser sempre centrais para se decidir o que conservar – que bens materiais representarão a nós e a nosso passado – bem como para determinar como conservar – que tipo de intervenção esses bens devem sofrer para serem transmitidos para as gerações futuras. (CASTRIOTA, 2009, p. 94)

A documentação científica por imagem envolve diversas áreas de conhecimento, para a preservação do patrimônio cultural de natureza tangível e intangível, como: tipos de materiais, técnicas, morfologias e valor. Durante anos, os registros documentais, fizeram parte das discussões de diversos autores da área. Quintero (2013) apresenta o processo de documentação de sítios patrimoniais, o qual envolve a identificação e definição dos valores e significados, bem como a análise dos riscos que afetam a integridade do local e o atual estado de conservação. Sendo assim, a documentação é fundamental no gerenciamento de metadados servindo como referência para tomada de decisões, proteção, mitigação, gestão, apresentação e outros (QUINTERO, 2013, p. 10).

A documentação científica por imagens é fundamental na área de conservação e restauração de bens culturais, seja em estudos técnicos/científicos, monitoramento ou registro de dados e informações técnicas. São utilizados diversos recursos e técnicas, como por exemplo fotografia técnica, escaneamento 3D a *laser*, fotogrametria, entre outros.

O tema central da pesquisa aqui relatada é a utilização da fotogrametria por *Remotely Piloted Aircraft* – Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) para monitoramento de patologias de construções, integrado a rotinas de conservação preventiva e manutenção, auxiliando na tomada de decisões na gestão de bens culturais imóveis e evitando gastos com intervenções corretivas após longos períodos sem as devidas manutenções e acompanhamento.

Quintero (2013) apresenta o processo de documentação de sítios patrimoniais, o qual envolve a identificação e definição dos valores e significados, bem como a análise dos riscos que afetam a integridade do local e o atual estado de conservação. Segundo Letellier (2007, p. 11), as informações do patrimônio são a base para a conservação e envolvem um processo cíclico: monitoramento, compreensão, avaliação, significados e tomadas de decisões A documentação de um bem cultural não contribui apenas para transmitir conhecimento sobre os lugares de herança e significados, mas também exerce um papel fundamental no gerenciamento, monitoramento, conservação preventiva e principalmente, quando são necessárias intervenções de conservação curativa ou restauração.

Kioussi et al. (2013) nos contam que um procedimento documental de bens patrimoniais deve possuir diferentes escalas de abordagem, as quais podem ser definidas como macro, meso e microescala. A macroescala considera aspectos estruturantes tais como: históricos, vulnerabilidade, impacto humano, informações sobre materiais, valores, entre outros. Já a mesoescala e microescala devem considerar aspectos físico-químicos e seu papel nos mecanismos de degradação. Desta forma, uma metodologia padronizada irá permitir melhores resultados e conclusões mais seguras sobre a melhor maneira de abordar os problemas que o objeto de estudo enfrenta.

1.1 RPA como ferramenta de Inspeção não Intrusiva

A utilização de métodos não intrusivos, conhecidos como END (Ensaios não Destrutivos) e INI (Inspeção não Intrusiva), para obter informações internas dos objetos "(como elementos estruturais, tubulações etc.). Entre os END inserem-se técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos sem danificá-los, sendo executadas nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção (ABENDI, 2019).

As ferramentas INI mais utilizadas, que possuem métodos de longo alcance para levantamentos arquitetônicos, são: a digitalização a laser terrestre, a fotogrametria e a aerofotogrametria. Segundo Rocha et al. (2020), o estado da arte da documentação científica aplicada ao monitoramento de patologias construtivas permite embarcar, em um RPA,

câmeras termográficas, consistindo em uma técnica não destrutiva para medir temperaturas ou observar padrões de distribuição de calor - a inspeção termográfica.

A inspeção visual é a primeira etapa de qualquer verificação de patologias em edifícios, para a qual o observador deve ser qualificado e compreender as técnicas construtivas e os materiais, em cada caso. Para registro de informações é comum a utilização de recursos fotográficos, os quais servem como material de apoio para a gestão e documentação do patrimônio cultural arquitetônico. Imagens adequadamente obtidas na inspeção permitem avaliar manifestações patológicas e facilitam a identificação, compreensão e monitoramento de mecanismos e/ou agentes de degradação.

O uso de RPA, em inspeção predial tem se demonstrado favorável devido a qualidade das câmeras digitais embarcadas e comumente integra-se a técnicas de fotogrametria.

2. ESTUDO DE CASO: A IGREJINHA DA PAMPULHA – BH/MG

A Igreja de São Francisco de Assis (figura 1), mais conhecida como a Igrejinha da Pampulha, faz parte do conjunto projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer na década de 1940, a partir de solicitação do então prefeito de Belo Horizonte, Juscelino Kubitschek. Feres (2017) acredita que a visão JK era destacar o potencial turístico e de lazer do local:

> O programa arquitetônico inicial para o Conjunto apresentado por Niemeyer incluía: a Igreja de São Francisco de Assis; o Cassino (atual Museu de Arte da Pampulha); a Casa do Baile (atual Centro de Referência em Urbanismo, Arquitetura e Design de Belo Horizonte); o Iate Golfe Clube (hoje Iate Tênis Clube), construídos quase simultaneamente entre 1942 e 1943. Completava o projeto original um hotel, que não chegou a ser construído e a residência de Juscelino Kubitschek (atual Casa Museu Kubitschek) construída em 1943. (FEREZ, 2017, p.10)



Figura 1: Vista aérea da Igrejinha da Pampulha.
Fonte: Aerolevantamento por RPA realizado pelos autores em 03/03/2021.

O espelho d'água da Lagoa da Pampulha, funciona como um elemento articulador do conjunto de construções modernas (Figura 2) concebidas "de forma a gerar uma obra de arte total, integrando as obras de arte aos edifícios e estes à paisagem" (FMCBH, 2014, p.58).

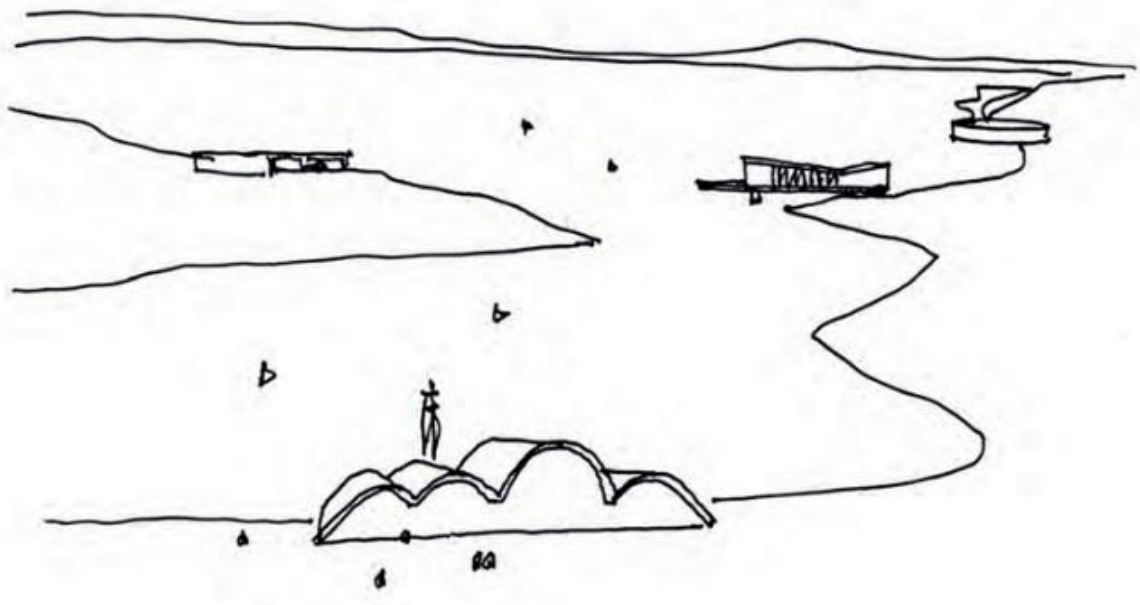


Figura 2: Croquis de Oscar Niemeyer mostrando o Conjunto. Fonte: (FMCBH 2014, p. 59)

Em julho de 2016, na 40ª. Sessão do Comitê do Patrimônio Mundial, realizada na cidade de Istambul (Turquia), foi votado um parecer favorável pela inscrição do Conjunto Moderno da Pampulha na Lista do Patrimônio Mundial, na categoria paisagem cultural. Sendo assim, a UNESCO reconheceu como Patrimônio da Humanidade o Conjunto Moderno da Pampulha, composto pelo Cassino (atual Museu de Arte da Pampulha), a Casa do Baile (atual Centro de Referência em Urbanismo, Arquitetura e Design), o Iate Golfe Clube (atual Iate Tênis Clube), a Igreja de São Francisco de Assis, a Praça Dalva Simão, o espelho d´água e a orla da Lagoa, no trecho que os articula e lhes confere unidade, pela forte presença do desenho paisagístico de Roberto Burle Marx (FERES, 2017, p. 12).

2.1 Histórico de intervenções e estado de conservação atual

Starling (2018) relata o histórico de intervenções realizadas na Igrejinha da Pampulha, entre 1954 e 2018. Starling (2018) demonstra que patologias recorrentes vêm causando problemas de infiltrações na cúpula da nave, as quais foram investigadas e sanadas parcialmente, ao longo das intervenções de restauração no edifício. As soluções técnicas e tratamentos das patologias construtivas, envolveram diversas opções, dentre as quais pode-se citar adição e retirada de juntas de dilatação na cúpula. Na penúltima intervenção, realizada entre os anos de 2004 e 2005, foi adicionada uma terceira junta de dilatação, prevista no projeto original e foram aplicados novos revestimentos sobre o concreto original da nave.

No dia 02/03/2021, foi realizada uma inspeção visual e foram detectadas algumas anomalias nas juntas de dilatação, crescimento de vegetação na calha entre as cúpulas (figura 3), sendo esses os problemas que foi possível identificar a olho nu.



Figura 3: Anomalias visíveis a olho nu em 02/03/2021. Fonte: Autores.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A inspeção preliminar realizada no dia 03/02/2021 foi essencial para o planejamento do voo, com a finalidade de evitar retrabalhos e falhas na execução, sendo assim o planejamento dos voos realizados nesta pesquisa seguiu as seguintes etapas para a sua execução:

1- após a definição do objeto de estudo e identificação da área a ser monitorada, foi verificada as dificuldades do voo, como pedestres (turistas) e alturas de árvores próximas; 2- Foi constatada a possibilidade segura de um voo com 45 metros de altura do solo, passando então para a fase de planejamento e autorizações; 3 – Após a elaboração do plano de voo, foi avaliado se a *Ground Sample Distance* – Amostra de distância do Solo (GSD) esperada, tamanho de 2 cm de lado de pixel, poderia ser utilizada como uma possibilidade INI. Considerando o pixel de 2 cm quadrados como uma imagem de boa resolução, deu se o início dos preparativos para a inspeção aérea em busca de alguma anomalia na construção; 4- Já em campo, foi realizado um voo manual experimental para verificar a segurança do equipamento e da operação, assim como velocidade do vento, diafragma da câmera e imagens de teste; 5- Realização do voo planejado.

Os planejamentos dos voos foram realizados no aplicativo PIX4D, com “duplo grid”, conforme (Figura 4), e executados por um RPA Phanton 3 Professional da marca DJI a uma altura de 45 metros do solo. A GSD resultante corresponde a um quadrado de 2cm de lado na superfície levantada, para cada pixel da ortofoto obtida após o processamento das imagens.



Figura 4: Pontos de captura de imagens mostrados no aplicativo PIX4D. Fonte: Autores.

A partir desse planejamento, foram realizados dois voos sobre a igrejinha da Pampulha: o primeiro no dia 03/03/2021 (Duplo Grid) e os outros dois no dia 28/10/2021. O segundo voo, no dia 28/10/2021, foi feito no mesmo horário e com o mesmo planejamento do primeiro voo do dia 03/03/2021.

Foram distribuídos cinco pontos de controle em solo georreferenciados com GPS manual contando com o auxílio de régua topográfica com 4 metros de comprimento (escala gráfica). As imagens obtidas nos voos foram processadas no programa Agisoft metashape, desenvolvido pelo fabricante russo Agisoft LLC, para processamento de imagens e construção de modelos fotogramétricos. O processamento no programa Agisoft metashape das imagens capturadas no dia 03/03/2021 resultou na nuvem de pontos (Figura 5) que pode ser utilizada em modelos HBIM.

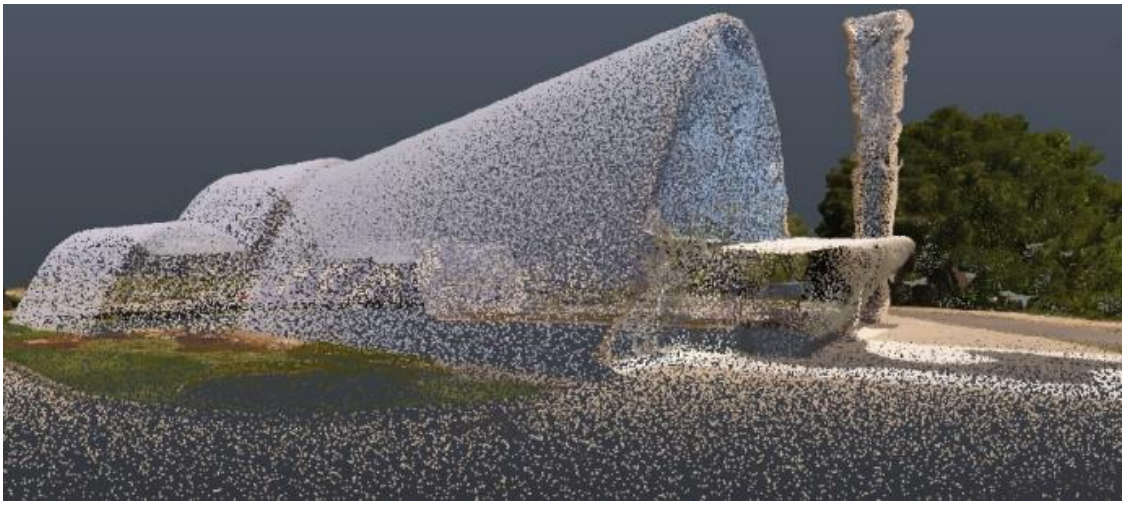


Figura 5: Nuvem de pontos da Igrejinha da Pampulha no programa Agisoft Metashape. Fonte: Autores.

A partir da nuvem de pontos, foi gerada a primeira ortofoto com GSD medindo de 2 cm de lado na cúpula (Figura 6).

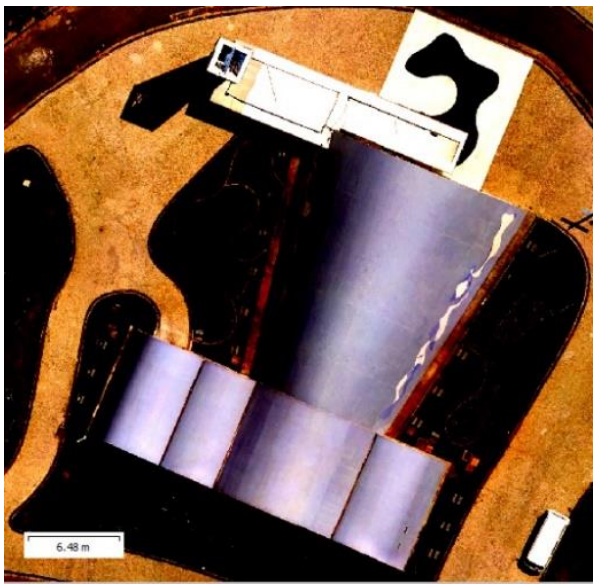


Figura 6: Resultado da ortofoto da Igrejinha da Pampulha após processamento de imagens capturadas no dia 03/03/2021. Fonte: Autores.

Com a aproximação da imagem da ortofoto gerada, foi possível visualizar uma aparente patologia construtiva na cúpula da igreja, entre a segunda junta de dilatação e a terceira junta de dilatação adicionada na restauração de 2004 (Figura 7).

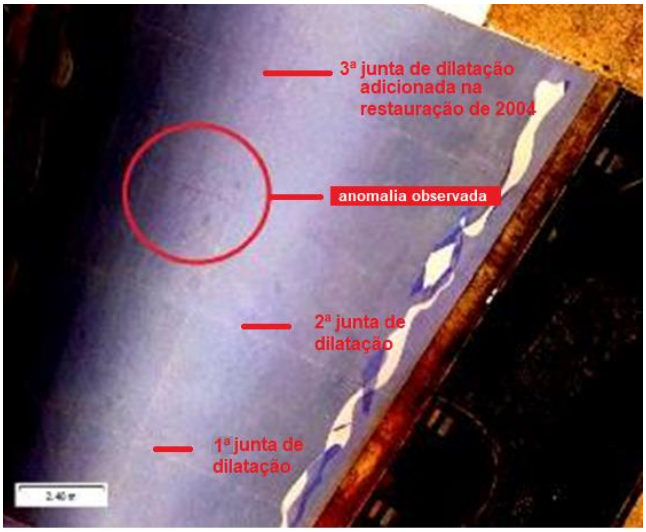


Figura 7: aproximação da imagem da ortofoto gerada, localização de patologia. Fonte: Autores.

Devido a utilização do mesmo planejamento, tanto o primeiro quanto o segundo voo, obtiveram resultados similares na geração da nuvem de pontos e a ortofoto. Estes resultados serviram para o monitoramento da fissura encontrada, utilizando os métodos matricial (lógica Fuzzy).

3.1 Uso da Lógica Fuzzy no processamento de imagens digitais

Conforme VISUAL-LAB (2021), a Morfologia Matemática é uma ferramenta de processamento e análise de imagens, baseada principalmente na teoria de conjuntos. Segundo Amaral e Andrade (2017) a Morfologia Matemática é um método utilizado para obtenção de características geométricas em imagens binárias com a utilização de operadores morfológicos para gerar uma nova imagem com base na imagem original e uma imagem auxiliar, denominada elemento estruturante.

Sendo assim, pode se dizer que uma imagem binária é composta por dois tipos de pixels (preto e branco), os do plano de fundo e o plano principal, que são representados normalmente usando preto e branco, ou 0 e 1, respectivamente, no modo binário.

Marino (2010) conta que em um modelo matricial (ou raster) a imagem é representada por uma matriz M (i, j), composta por i colunas e j linhas, que definem células, denominadas como pixels (*picture elements*). Com isso, cada pixel apresenta um valor referente ao atributo, além dos valores que definem o número da coluna e o número da linha, correspondendo, a um par de coordenadas x e y. Segundo Davis (2001) o maior problema relacionado às estruturas matriciais é o fato de que a forma das figuras é uma forma artificial de grade de células (Figura 8).

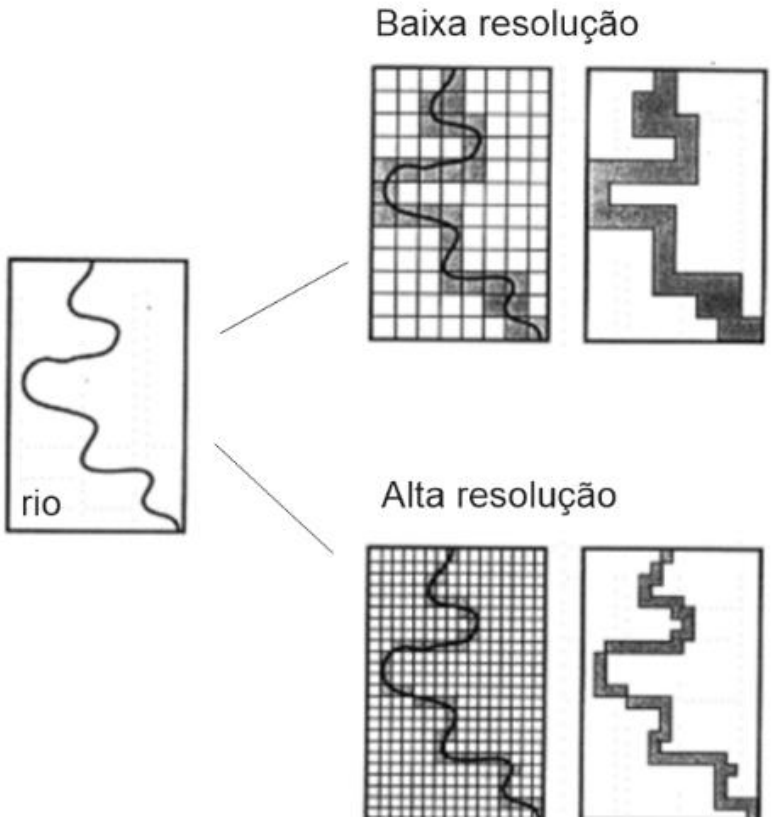
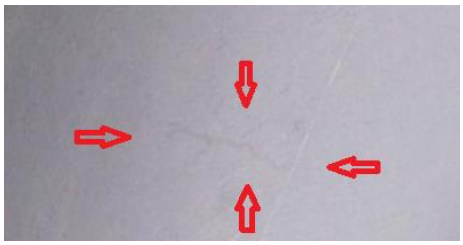


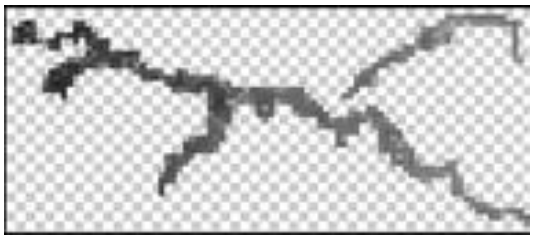
Figura 8: Forma das feições em uma estrutura matricial. Fonte: Adaptado de (DAVIS, 2001).

3.2 Procedimentos para o monitoramento dimensional de fissuras utilizando lógica Fuzzy (Método matricial)

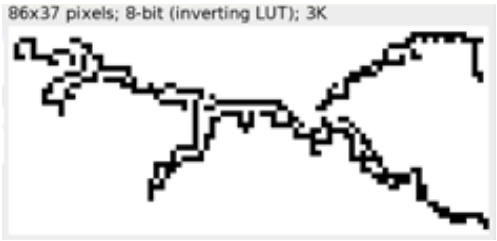
Utilizando a lógica fuzzy (método matricial) com a finalidade de mensurar as informações binárias das imagens obtida nas ortofotos os procedimentos adotados seguiram as seguintes etapas (Figura 9): 1-identificação da fissura na ortofoto; 2- tratamento de imagem e isolamento dos pixels da fissura com a utilização do programa Adobe Photoshop; 3- binarização dos pixels no programa *Image J.JS, 5*- Análise dos resultados com a sobreposição dos pixels isolados no programa Auto Cad.



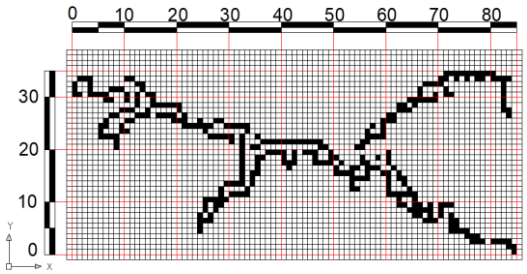
1- Ortofoto cor real



Etapa 1: isolamento dos pixels da fissura.



Etapa 2: binarização dos pixels.



Desenho binário da fissura sobre uma malha de 2 por 2 no programa Autocad

Figura 9: Processo de obtenção de métricas com a utilização da lógica fuzzy tratamento de imagens nos programas Adobe Photoshop e Image J.JS e desenho no Autocad. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Resultados dos procedimentos para o monitoramento dimensional de fissuras utilizando lógica Fuzzy (Método matricial)

A Figura 10 mostra o resultado do processamento da ortofoto gerada com os dados do primeiro voo (03/02/2021), utilizando o método matricial. A imagem isolada da fissura foi transformada em imagem binaria, com auxílio do programa Image J.JS com 84 pixels de comprimento, sendo que cada pixel da imagem corresponde a um quadrado de 2 cm de lado, na superfície estudada. O comprimento horizontal da fissura, obtido por esse método é de 168 cm, já o comprimento diagonal da fissura, obtido por esse método é de 182 cm.

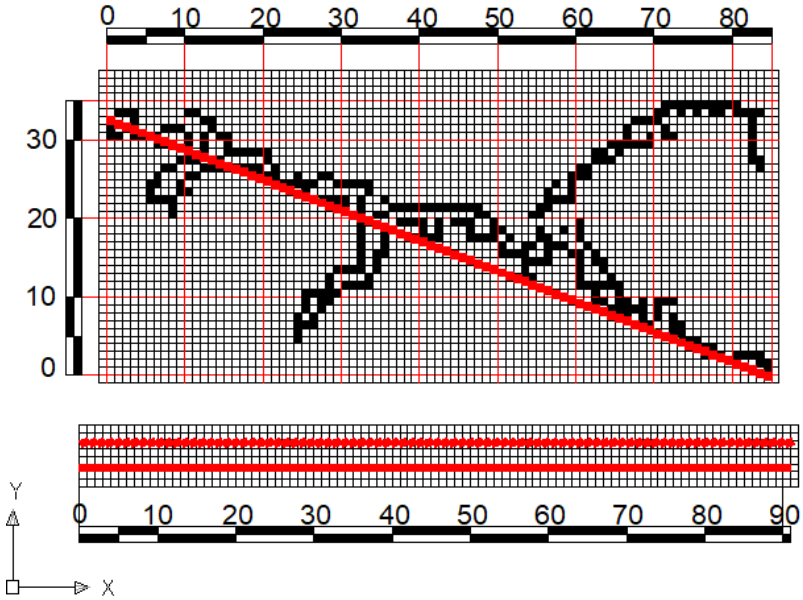


Figura 10: Comprimento horizontal da fissura (84 pixels x 2 cm = 168 cm) e comprimento diagonal da fissura (91 pixels x 2 cm = 182 cm), com base no método matricial aplicado aos dados do primeiro voo (03/03/2021). Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 11 mostra o resultado do processamento da ortofoto gerada com os dados do segundo voo (28/10/2021), utilizando o mesmo procedimento do voo realizado no dia 03/02/2021. O comprimento horizontal da fissura, obtido por esse método(matricial) é de 170 cm, já o comprimento diagonal da fissura, obtido por esse método é de 184 cm.

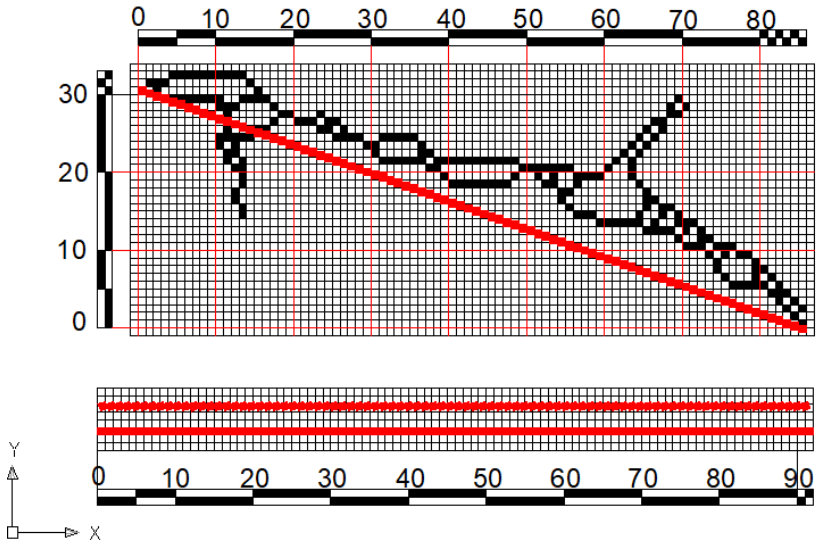


Figura 11: Comprimento horizontal da fissura (85 pixels x 2 cm = 170 cm) e comprimento diagonal da fissura (92 pixels x 2 cm = 184 cm), com base no método matricial aplicado aos dados do primeiro voo (28/10/2021). Fonte: Elaborado pelos autores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da Lógica Fuzzy apresentar resultados com interpretação matemática, a forma quadrada dos pixels interfere na precisão das métricas obtidas. Considerando restrições de segurança nos voos, os melhores resultados foram obtidos com um voo a 45 metros de altura do solo, que resultou em imagens processadas cujos pixels correspondem a 2 cm quadrados em solo, valor que foi considerado grande para o monitoramento da fissura no estudo de caso. O método utilizado, demonstrou a possibilidade da utilização de RPA como ferramenta de Inspeção não Invasiva (INI), principalmente quando o local a ser inspecionado é de difícil acesso, ou quando a inspeção poderia causar algum dano à edificação. A pesquisa permitiu experimentar uma técnica que pode ser considerada de boa relação custo-benefício, para a inspeção e monitoramento de patologias construtivas e que pode ser reavaliado, voando com mais proximidade do objeto de estudo. O método utilizado demonstrou ser útil para o monitoramento da patologia construtiva (fissura) na cúpula da igreja de São Francisco de Assis, sendo necessário o voo mais próximo da superfície, para contornar as limitações em termos de precisão das métricas obtidas, devendo esse parâmetro ser considerados em inspeções futuras. Como possíveis desdobramentos em trabalhos futuros indica-se a continuidade ao desenvolvimento do modelo HBIM com a utilização da nuvem de pontos obtidas no trabalho, a utilização de equipamentos mais precisos, aliados a outras técnicas diagnósticas com utilização de RPA, como a termografia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais; ao PROAP-CAPES – Programa de Apoio à Pós-Graduação; à UFMG e seus Programas de Pós-Graduação: PPG em Artes e PPG em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, pelo apoio financeiro a projetos de pesquisa que deram origem a esse artigo e no auxílio para sua divulgação e publicação.

REFERÊNCIAS

BRAGA, S. Apresentação. In: OLIVEIRA, M. M. D. A documentação como ferramenta de preservação da memória. Brasília, DF: IPHAN / Programa Monumenta, 2008. p. 7.

PANISSET, A. M. O inventário como ferramenta de diagnóstico e conservação preventiva: estudo de caso da coleção "Santos de Casa" de Marcia de Moura Castro. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Belas Arte. Belo Horizonte: [s.n.]. 2011. p. 264.

PEREIRA FILHO, H. F. Documentação. In: REZENDE, Maria Beatriz; GRIECO, Bettina; TEIXEIRA, Luciano; THOMPSON, Analucia (Orgs.). de Patrimônio Cultural. 1. ed. Rio de Janeiro, Brasília: IPHAN/DAF/Copedoc: [s.n.], 2015.

OLIVEIRA, M. M. A Documentação como Ferramenta de Cadastro Preservação da Memória: Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia. Brasília, DF: IPHAN, Programa Monumenta, 2008.

LE GOFF, J. História e memória; tradução Bernardo Leitão. Campinas, SP: UNICAMP, 1990, 1924.

LETELLIER, R. Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places: guiding principles. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2007.

GONÇALVES, W. D. B.; MICHELIN, G. A Comissão Técnica de Patrimônio Cultural - CTPC. Abendi, São Paulo, v. Ano IX, n. 98, p. 8-9, agosto 2020.

AVRAMI, E. Spatializing Values in Heritage Conservation: The Potential of Cultural Mapping. In: EDITED BY ERICA AVRAMI, S. M. R. M. A. D. M. Values in Heritage Management: Emerging Approaches and Research Directions. Los Angeles: [s.n.], 2019. p. 35-49.

CASTRIOTA, L. B. Patrimônio Cultural: Conceitos, políticas instrumentos. Belo Horizonte: Anablume, 2009.

QUINTERO, M. S. Antecedentes, rol y desafo de la digitalización del patrimonio arquitectónico. Estoa: Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, Cuenca, v. 3, p. 7-21, 2013.

KIOUSSI, A. et al. Integrated documentation protocols enabling decision making in cultural heritage protection. Journal of Cultural Heritage, p. e141-e146, february 2013.

ABENDI. Guia Abendi de END e Inspeção. abendi.org.br. Disponivel em: <http://www.abendi.org.br/abendi/default.aspx?mn=1028&c=174&s=&friendly=>. Acesso em: 08 abril 2021.

ROCHA, G. et al. A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings. MDPI, 2020. Disponivel em: <https://www.mdpi.com/journal/heritage>. Acesso em: 21 abril 2021.

FERES, L. R. Paisagem Cultural e Paisagem Urbana Histórica: Reflexões acerca dos conceitos e os desafios do conjunto moderno da Pampulha patrimônio cultural da humanidade. Anais do Simpósio Científico - ICOMOS BRASIL. Belo Horizonte/MG. 2017.

FMCBH, FUNDAÇÃO MUNICIPAL DE CULTURA. Dossiê Conjunto Moderno da Pampulha DOSSIE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Belo Horizonte, p. 481. 2014.

STARLING, O. A. D. S. S. Igrejinha da Pampulha: Descritivo Histórico das Intervenções e estado de conservação atual. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais – PAPCS UFMG, para obtenção do título de Mestre. Belo Horizonte, p. 162. 2018.

VISUAL-LAB. Morfologia Matemática em Análise de Imagens. http: //visual.ic.uff.br, 2021. Disponivel em: <http://visual.ic.uff.br/morphology/index.html>. Acesso em: 15 março 2021.

AMARAL, L. D.; ANDRADE, A. D. O. Revista de Computação. Uso da Morfologia Matemática Fuzzy no Processamento de Imagens para Reconhecimento de Placas de Veículos, 2017. ISSN 2446-7812.

Disponivel em: <http://revistacomputacao.uesb.br/index.php/revistacomputacao/article/view/12>. Acesso em: 15 Março 2021.

DAVIS, B. E. GIS: A visual approach. Delmar Thomson Learning. ed. New York: Davis, Bruce Ellsworth, 2001.

MARINO, T. B. Representação de dados espaciais - Raster x Vetor x TIN. UFRRJ.BR, 2010. Disponivel em: <http://ufrrj.br/lga/tiagomarino/aulas/5%20-%20Representacao%20de%20Dados%20Espaciais%20%20Raster%20x%20Vetor%20x%20TIN.pdf>. Acesso em: 20 abril 2021.

PROCESSAMENTO DE IMAGEM COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS

Image processing as a tool for analysis of pathological manifestation in historic buildings

Fernanda Lamego Guerra

Doutora, PPGCI – NORIE – UFRGS, f.lamegoguerra@gmail.com

Lais Zucchetti

Doutora, PPGCI – NORIE – UFRGS, lais.zucchetti@ufrgs.br

Caroline Giordani

Mestra, PPGCI – NORIE – UFRGS, giordani.carol@gmail.com

Angela Borges Masuero

Doutora, PPGCI – NORIE – UFRGS, angela.masuero@ufrgs.br

Denise Carpena Coitinho Dal Molim

Doutora, PPGCI – NORIE – UFRGS, dmolin@ufrgs.br

Resumo

A recuperação de edifícios históricos é um desafio complexo e multidisciplinar. Muitas destas edificações atingem estados avançados de deterioração quando fechadas, desocupadas ou até mesmo em uso, enquanto aguardam recursos para sua reabilitação. De forma a evitar perdas ou alterações dos materiais originais, opta-se, preferencialmente, por técnicas não destrutivas para investigação das anomalias existentes. Portanto, este estudo tem por objetivo apresentar uma metodologia de quantificação de manchas associadas à umidade na superfície de duas edificações históricas em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Como ferramenta para o estudo, foram utilizados os softwares *Photoshop®* CS2 e *Image J®* a partir da técnica de levantamento por imagem fotográfica, associada à termográfica em uma das edificações cuja manifestação patológica ainda não estava evidente na superfície. Os resultados mostraram que esta é uma metodologia adequada para avaliação, quantificação e registro de fenômenos patológicos.

Palavras-chave: Edificação histórica; Manifestação patológica; Processamento de imagem; Termografia; Umidade

Abstract

The historic building's restoration is a complex and multidisciplinary challenge. Many of these buildings reach advanced stages of deterioration when closed, unoccupied or even in use, while awaiting the

release of resources that allow their rehabilitation. In order to avoid loss or alteration of the original materials, it is preferable to use non-destructive techniques to investigate the damages existing in their sealing system. Therefore, this study aims to present a methodology for quantifying staining associated with moisture on the surface of two historic buildings located in Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brazil. We applied the Image J® and Photoshop® CS2 softwares as tools to quantify the staining from the technique of photographic image survey, associated with thermography in one of the buildings whose pathology was not yet evident on the surface. The results showed that this is an adequate methodology for evaluating, quantifying, and recording pathological phenomena.

Keywords: Damages; Historical building; Image processing; Thermography; Moisture

1. INTRODUÇÃO

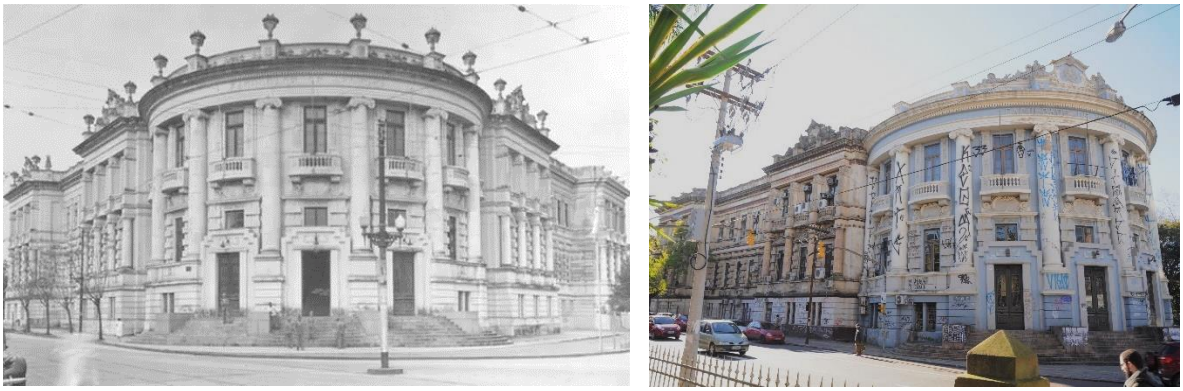
Aspectos relacionados à preservação histórica de bens edificados incluem o incentivo à reutilização de estruturas pré-existentes e visam atender aos princípios do design urbano sustentável. Esta medida considera toda a gama de fatores sociais, ambientais e econômicos, componentes essenciais do desenvolvimento urbano com base na sustentabilidade (ZHANG *et al.*, 2015). A adoção de medidas de preservação atende, portanto, a aspectos históricos, de pertencimento, de legado, memória, registro de técnicas e materiais construtivos, o que representa um importante e positivo impacto. Além disso, a demolição de construções históricas sem justificativas aceitáveis e a construção de novas edificações representam impactos ambientais consideráveis em termos de produção de resíduos, extração e processamento de novos materiais e geração de poluentes, o que contribui com a perda de registros históricos importantes para a preservação da memória.

O mapeamento e registro das condições de conservação dos edifícios históricos auxiliam na tomada de decisões para reabilitar e tornar viável a ocupação e manutenção destas edificações. As tecnologias digitais seguem em constante evolução, ampliando as possibilidades de aplicação na área de engenharia e arquitetura, permitindo que novas ferramentas sejam utilizadas e métodos sejam desenvolvidos com o objetivo de melhor levantar, analisar, identificar e monitorar, para registro e documentação digital de edificações.

Quanto ao patrimônio cultural, a evolução das tecnologias digitais apresenta novas possibilidades de análises, documentação e preservação (CANUTO, MOURA, SALGADO, 2016; MUNIZ, SILVA, KINDLEIN JUNIOR, 2018; BONFADA, KAUFFMANN, SILVA, 2020; ADAMI *et al*., 2015; RODRIGUES, AGOSTINHO, 2020). No caso de edificações históricas, permitem uma maior aproximação com a realidade do seu comportamento, possibilitando que as avaliações antes qualitativas sejam realizadas de forma quantitativa e de forma mais rápida, refletindo na melhoria do acompanhamento da degradação e de ações de manutenção. Dessa forma, o patrimônio edificado é uma das áreas do conhecimento que pode se beneficiar com o uso de novas tecnologias (CANUTO, MOURA, SALGADO, 2016).

Neste contexto, este trabalho objetiva desenvolver e aplicar uma metodologia para quantificar as manifestações patológicas de duas edificações históricas, utilizando as ferramentas de tratamento de imagens Photoshop® CS2 (ADOBE, 2005) e ImageJ® (RASBAND, 2021). Para isso, foram utilizados registros fotográficos e termográficos da evolução destas manifestações, que se caracterizam basicamente pela presença de alterações superficiais, no formato de manchas, que tem como origem a presença de água.

Uma das edificações analisadas é o Instituto de Ciência Básicas da Saúde (ICBS), coordenadas (30°02'02,24" S; 51°13'16,74" O), que pertence à primeira geração de edifícios históricos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em Porto Alegre, Brasil (Figura 1). O ICBS teve sua construção iniciada em 1913 e inauguração em 1924. Possui uma fachada em formato circular, em estilo neoclássico do início do século XX. A edificação foi declarada patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul e está protegida pela Lei Estadual nº 11.525 de 15 de setembro de 2000 (RIO GRANDE DO SUL, 2000).



(a) (b)

Figura 1: Prédio do Instituto de Ciências Básica da Saúde (ICBS): (a) imagem obtida em 1919. Fonte: 20/11/2019 | Correio do Povo); (b) imagem do ICBS em 2018. Fonte: Acervo pessoal.

Em estudo realizado por Socoloski *et al.* (2018) foi apresentado o método utilizado para o diagnóstico de falha existente no sistema predial de água pluvial. No período do estudo, a edificação apresentava infiltração e escorrimento de água da chuva, visível apenas na parte interna do ambiente correspondente ao volume circular da fachada principal, no segundo pavimento, logo abaixo da cobertura. Este ambiente, internamente, conta com adornos e detalhes construtivos característicos de sua época de construção, o que inviabilizaria a adoção de qualquer método destrutivo para inspeção e localização do ponto originário da infiltração.

Para a análise qualitativa e diagnóstico do problema foi selecionada a técnica não destrutiva de termografia por infravermelho, uma vez que permite identificar, através da temperatura superficial, a origem da manifestação patológica relacionada à umidade das paredes e sua consequente evolução até o gotejamento da água da chuva no ambiente interno da edificação. Os dados qualitativos obtidos em Socoloski *et al.* (2018) foram, então, utilizados no presente estudo de forma a avaliar, de modo quantitativo, a área de abrangência da umidade na superfície interna.

A segunda edificação em análise neste estudo é a Casa Godoy, coordenadas (30°01’45’’ S; 51°13’00,77’’ O), construída em 1907, na cidade de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 2). É uma edificação de importância cultural e histórica para cidade devido à conservação de grande parte de seu estado original e riqueza de detalhes arquitetônicos em estilo *Art Noveau,* protegida a nível municipal pela Lei do Tombamento - Lei Complementar 275 de 6 de abril de 1992 (PORTO ALEGRE, 1992), sob processo n° 1.023125.96.9 de 26 de novembro de 1996.



(a) (b)

Figura 2: Casa Godoy: (a) Fachada Frontal (orientação sul); (b) Fachada Posterior (orientação norte). Fonte: Acervo pessoal.

A edificação localiza-se no Bairro Independência, consolidado no segundo quartel do século XVIII e que, ainda hoje, possui muitos remanescentes do mencionado período. A Avenida Independência, onde se localiza a edificação, é o eixo principal deste bairro (Centro de Pesquisa Histórica vinculada à Coordenação de Memória Cultural da Secretaria Municipal de Cultura de Porto Alegre).

A casa Godoy foi objeto de estudo para uma pesquisa relacionada ao levantamento e caracterização de manifestações patológicas quanto à biodeterioração em seus revestimentos interiores e de fachada. Em Guerra *et al.* (2019) foram apresentados dados de caracterização dos revestimentos da argamassa, características do microclima interior, bem como identificação e quantificação de fungos filamentosos coletados no local. Desta forma, durante algumas visitas de inspeção para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado o registro de ambientes deteriorados, permitindo o acompanhamento de sua evolução ao longo do tempo. Durante o desenvolvimento do estudo, a edificação permaneceu fechada e desocupada, porém, a partir do ano de 2019, começou a ser parcialmente utilizada pela Secretaria

Municipal de Cultura, quando foram iniciadas algumas medidas de manutenção e recuperação, permanecendo em uso parcial até os dias atuais.

Esta pesquisa objetiva, com base nos dados obtidos nos estudos anteriores de ambas as edificações, desenvolver um método inicial e exploratório para registro, análise e quantificação das manifestações patológicas resultantes do ingresso de umidade nas superfícies dos ambientes avaliados no prédio do ICBS e na Casa Godoy. Desta forma, o trabalho almeja iniciar e estimular a utilização de ferramentas quantitativas de imagem para avaliação de danos em edificações históricas, adaptando-se e aprimorando-se o método apresentado para obtenção de melhores resultados em outros contextos e situações.

2. MÉTODO

A partir das imagens fotográficas, no caso da Casa Godoy, e dos registros termográficos, para o ICBS – UFRGS, obtidos em vistoria local, foi realizado o processamento, análise e quantificação de pixels. Com base nestes dados foi possível a obtenção de resultados quantitativos da evolução das manchas resultantes do excesso de umidade para os casos avaliados. No prédio do ICBS, a análise das imagens foi feita a partir de termogramas realizados nos pontos onde havia evidência de infiltração ocasionada por falha no sistema predial de água pluvial, porém ainda não evidente na superfície. Na Casa Godoy, as análises foram realizadas a partir de fotografias digitais do crescimento biológico ocasionado por infiltração resultante de falha no sistema de cobertura.

2.1 Aplicação do Método para avaliação das manifestações patológicas no Prédio do Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS)

O método de processamento de imagens para análise da MP identificada no prédio do ICBS foi aplicado nos registros termográficos obtidos da superfície superior interna do ambiente indicado na Figura 3(a) e, em aproximação, na Figura 3(b).



(a)



(b)



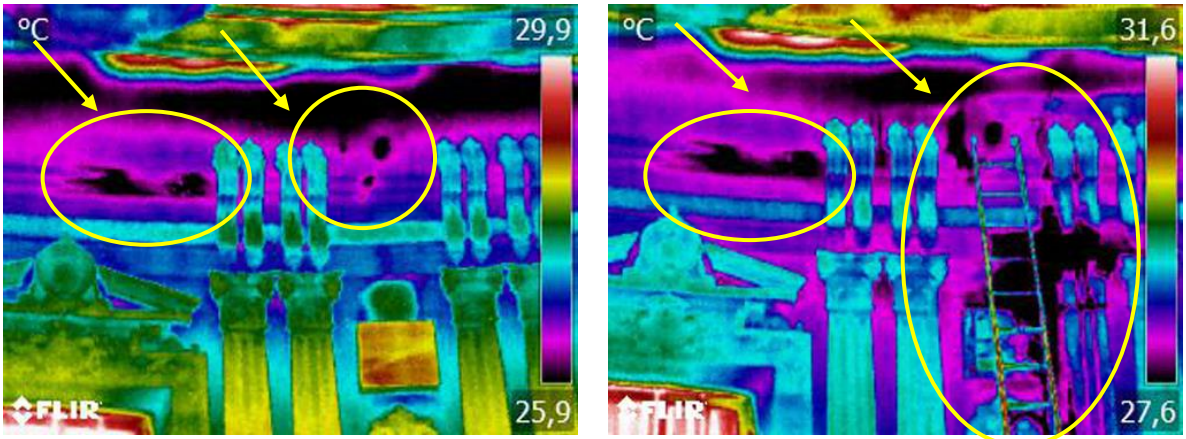
(c)

Figura 3: Local de obtenção dos termogramas em ambiente interior do prédio do ICBS: (a) imagem aérea com a localização da edificação; b) imagem geral do ambiente analisado; (c) aproximação do local de obtenção dos termogramas. Fonte: Sokoloski et al. (2018)

A infiltração proveniente do extravasamento da água das calhas, subdimensionadas em período de forte chuva, conforme descrito em Socoloski *et al.* (2018), pôde ser facilmente detectada e mapeada nas imagens obtidas por termografia, permitindo a aplicação do método quantitativo descrito a seguir.

2.1.1 Levantamento, análise e obtenção de imagens termográficas da manifestação patológica verificada

A Figura 4(a, b) mostra uma sequência de imagens termográficas obtidas no local em análise, com amplitude de temperatura fixada em 4°C, realizadas em um mesmo dia. Para o presente estudo, considerou-se como área a ser quantificada os trechos localizados logo acima e logo abaixo do friso horizontal da superfície, conforme destacado na Figura 4. Desta forma, foi delimitada uma área fixa para todas as imagens para realização da quantificação das manchas por infiltração.



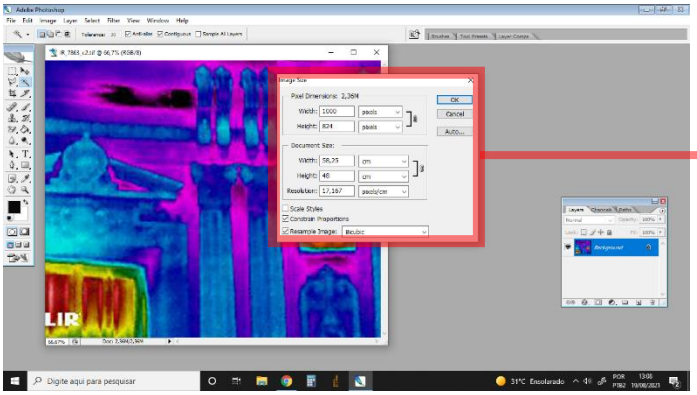
(a) (b)

Figura 4: Imagens termográficas obtidas para análise de infiltração: (a) mancha inicial; (b) evolução da mancha ao longo do dia. Fonte: Sokoloski *et al.* (2018)

2.1.2 Método para o processamento das imagens

Para realização dos ajustes de tamanho de imagem, delimitando a mesma área de recorte para quantificação da mancha, foi utilizado o software Photoshop® CS2 versão 9.0 (ADOBE, 2005), conforme descrição abaixo, correspondentes às etapas realizadas para preparo das imagens.

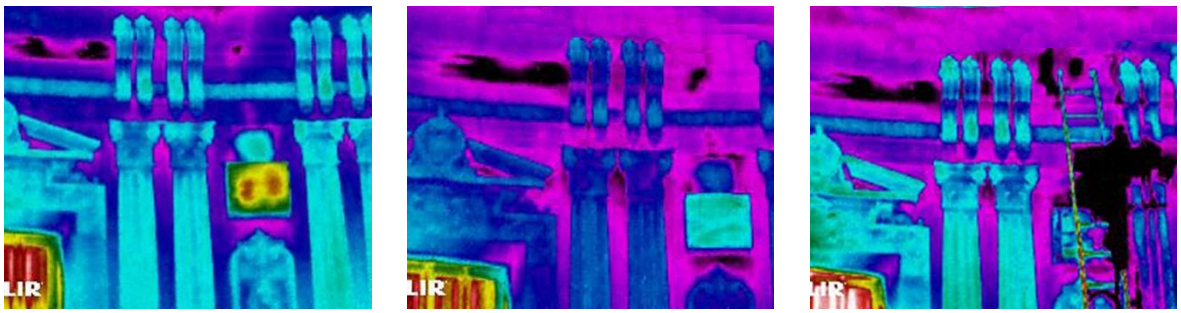
a) file > open: as imagens termográficas selecionadas foram abertas lado a lado, permitindo a visualização comparativa para a realização do recorte;
b) ferramenta "*crop tool*": localização do ponto exato para recortar, considerando a área a ser quantificada a mancha;
c) *image > image size*: as imagens selecionadas foram ajustadas para a mesma quantidade de pixels, conforme ajustes mostrados na Figura 5.



Pixels Dimensions	
Width	1.000pixels
Height	824pixels
Document Size	
Width	58,25cm
Height	48cm
Resolution	17,167pixels/cm

Figura 5: Ajustes do tamanho das imagens do prédio ICBS. Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 6 mostra a sequência de imagens selecionadas para realização da quantificação da evolução da mancha de umidade. Na Figura 6 (c) foi preciso desconsiderar a sobreposição de uma escada disposta logo à frente da superfície avaliada. Esta correção foi possível através da ferramenta "*clone stamp tool*" no Photoshop ®.



(a) (b) (c)

Figura 6: Termogramas selecionados a partir da análise no prédio do ICBS: (a) mancha inicial; (b) aumento da extensão da mancha; (c) mancha máxima verificada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a definição e configuração padrão do tamanho das imagens, foi realizado o processamento para quantificação da mancha, a partir dos termogramas, no software Image J® versão 1.53k (RASBAND, 2021), cujas etapas são descritas a seguir:

a) Image>adjust>color threshold;

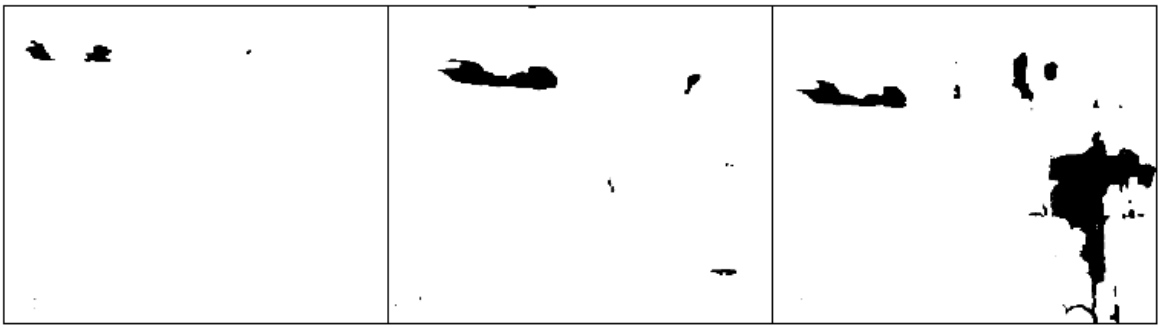
b) configurações em HSB e seleção do pixel 50, correspondente à área da mancha a ser quantificada;

c) comando *select*;

d) *analyse>measure>*área da imagem (determinação da área da mancha em pixels);

e) correlação com área total da imagem e quantificação da mancha.

A Figura 7 mostra o rastreamento da área a ser quantificada a partir da seleção do pixel 50 para cada uma das três imagens, que correspondem à evolução do ingresso de umidade no interior do da edificação.

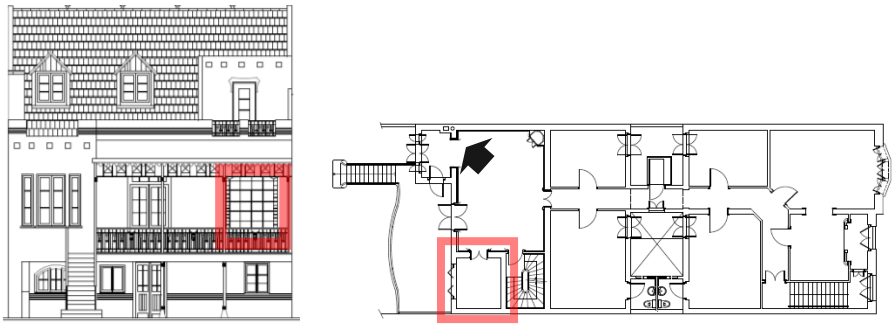


(a) (b) (c)

Figura 7: Rastreamento de pixels pretos para quantificação da mancha, desconsiderando-se o manchamento próximo da escada: (a) mancha inicial; (b) aumento da extensão da mancha; (c) mancha máxima verificada. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Aplicação do Método para avaliação das manifestações patológicas na Casa Godoy

Para o estudo realizado na Casa Godoy, foi avaliada a evolução da mancha provocada por crescimento biológico na laje superior de um ambiente localizado no segundo pavimento da edificação, destacado na fachada posterior e na planta baixa na Figura 8 (a e b), respectivamente.



(a) (b)

Figura 8: Casa Godoy: (a) fachada posterior (Norte); (b) planta baixa do segundo pavimento. Fonte: Elaborado pelos autores.

A mancha verificada resulta de falhas no sistema de cobertura e evidencia a importância quanto à viabilização de medidas de intervenção e manutenção que permitam a conservação de edificações de valor histórico, visto que estas tendem a ter seus problemas agravados no decorrer do tempo, com perda de material e intensificação da complexidade dos problemas. A Figura **9** mostra as imagens obtidas para o ambiente analisado em três diferentes momentos, sendo a primeira obtida em março de 2016, a segunda em novembro de 2016 e a terceira aproximadamente um ano após, em março de 2017.



(a) (b) (c)

Figura 9: Evolução de manifestação patológica na Casa Godoy: (a) imagem obtida em março de 2016; (b) imagem obtida em novembro de 2016 e (c) imagem obtida em março de 2017.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Como as imagens foram obtidas em diferentes momentos, tanto a posição de obtenção da imagem quanto o enquadramento e iluminação resultaram em imagens com nítidas diferenças, o que inviabilizaria o correto mapeamento para a comparação e quantificação da evolução da mancha ao longo do tempo. Desta forma, para viabilização do estudo da evolução desta manifestação patológica, utilizou-se de ferramentas gráficas para ajuste e equalização das imagens conforme metodologia descrita no item a seguir.

2.2.1 Método para o processamento das imagens

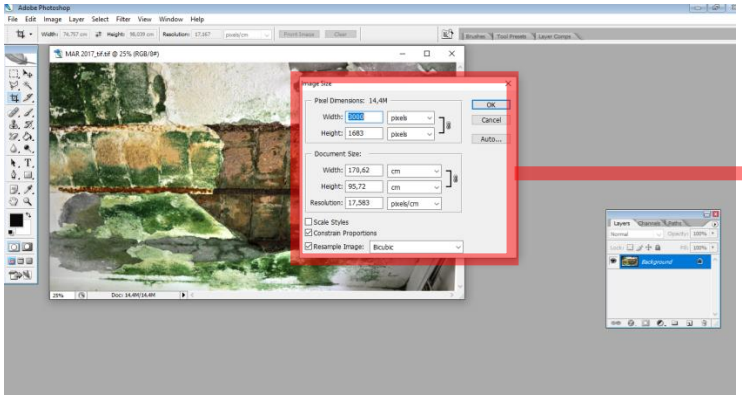
Para realizar os ajustes de tamanho, enquadramento, posicionamento e iluminação das imagens foi utilizado o software Photoshop® CS2, versão 9.0 (ADOBE, 2005). As seguir são apresentadas as etapas realizadas para preparo das imagens:

d) *file > open*: as três imagens sequenciais foram abertas lado a lado, permitindo a visualização comparativa para a realização dos ajustes;
e) ferramenta *crop tool*: localização do ponto exato para recortar, considerando o enquadramento das três imagens sequenciais selecionadas;
f) *duplicate layer*;
g) *edit > free transform*: ajuste manual das imagens, de forma a deixá-las na mesma perspectiva, considerando um mesmo ponto de observação;
h) *Image > adjustement > brightness/constrast*: ajuste de iluminação e contraste para equalização das imagens (Figura 10;
i) *image > image size*: as três imagens sequenciais foram ajustadas para a mesma quantidade de pixels, conforme Figura 11.



(a) (b) (c)

Figura 10: Imagens sequenciais após tratamento para equalização em Photoshop®: (a) imagem obtida em março de 2016; (b) imagem obtida em novembro de 2016 e (c) imagem obtida em março de 2017. Fonte: Elaborado pelos autores.



Pixels Dimensions	
Width	3.000pixels
Height	1.683pixels
Document Size	
Width	170,62cm
Height	95,72cm
Resolution	17,583pixels/cm

Figura 11: Ajustes do tamanho das imagens da Casa Godoy. Fonte: Elaborado pelos autores.

Finalizada a etapa de ajuste e equalização, para cada imagem foi realizada novamente a duplicação da camada e, em seguida, o rastreamento da mancha de interesse para a quantificação com o auxílio da ferramenta "*Magic wand tool*". Toda a área mapeada com o manchamento foi deletada (Figura 12), possibilitando a obtenção de uma área de fundo detectável no software Image J®. Para a obtenção de melhor precisão no rastreamento da mancha, a imagem era ampliada por quadros até ser possível a visualização de pixels para seleção e exclusão da zona de interesse.

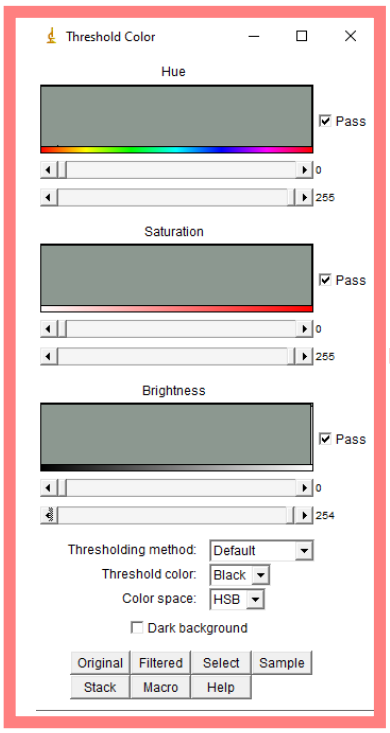


(a) (b) (c)

Figura 12: Imagens sequenciais após rastreamento e exclusão da região da mancha: (a) março de 2016; (b) novembro de 2016 e (c) março de 2017, Fonte: Elaborado pelos autores.

A etapa seguinte consistiu no processamento das imagens com o auxílio do software Image J® versão 1.53k (RASBAND, 2021), conforme etapas descritas a seguir:

a) *file > open* (foi selecionada a imagem em que havia sido removida a mancha a ser quantificada);
b) *image > adjust > color threshold*: Foi realizada a configuração conforme mostrado na Figura 13.



Threshold color	
Hue	0-255
Saturation	0-255
Brightness	**0-254**
Threshold Method	Default
Threshold color	Black
Color Space	HSB

Figura 13: Parâmetros de ajuste de imagem em espaço de cor HSB. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao ajustar-se o parâmetro brilho (*brightness*) no espaço de cor HSB para o intervalo de 0-254 foi possível transformar toda a área sem manchas em uma camada única composta por pixels pretos, conforme apresentado na Figura 14 para todas as imagens. A partir desta etapa, foi possível quantificar o espaço correspondente aos pixels pretos com o auxílio da ferramenta "*wand (trace) tool*", utilizando o comando "*analyse > measure*". Subtraindo-se a área de pixels pretos mensurada da área total da imagem, obteve-se o valor da área da mancha de interesse.

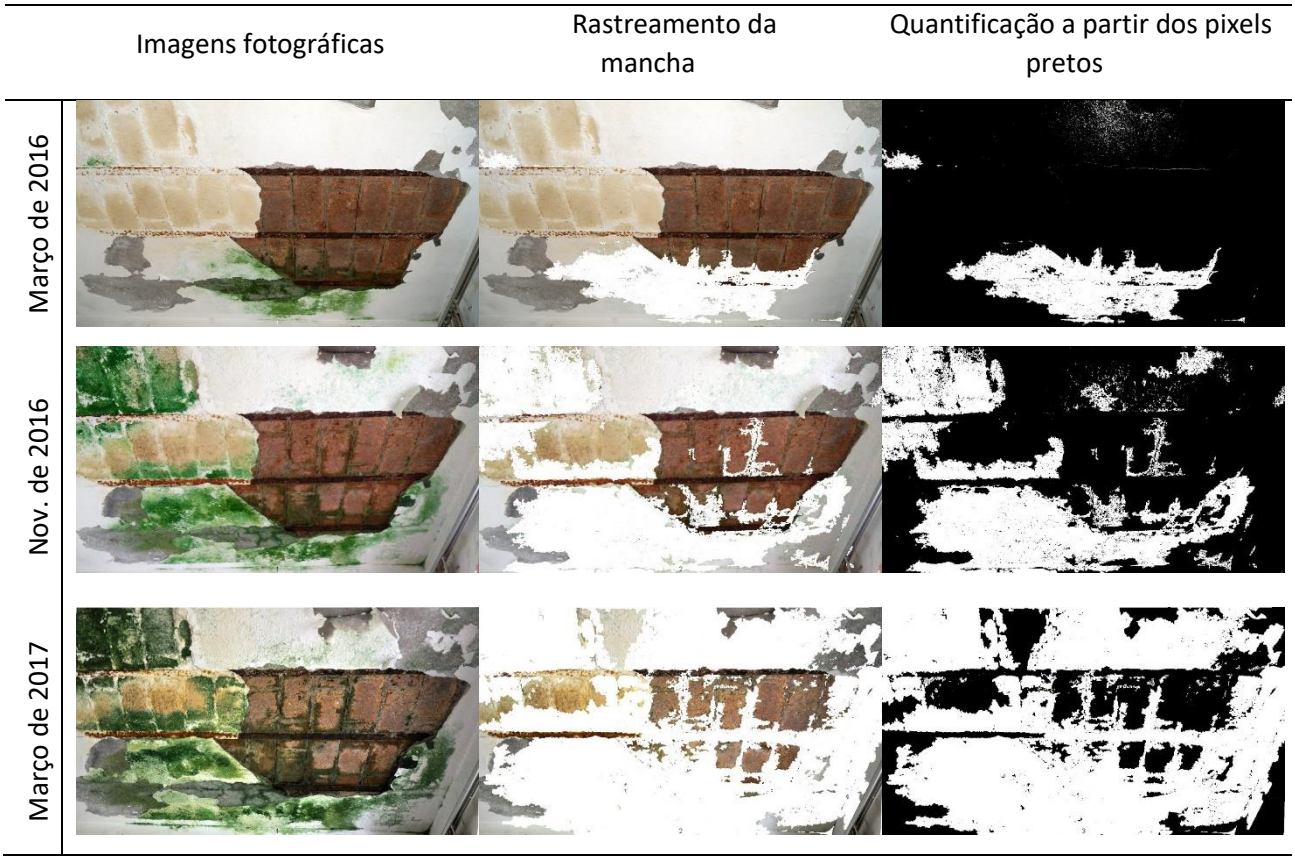


Figura 14: Sequenciamento de imagens com processamento no Image J®. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. RESULTADOS

Na edificação do ICBS, a partir dos registros termográficos e aplicação da metodologia proposta, observou-se um aumento na área da mancha ocasionada pelo molhamento oriundo da falha do sistema pluvial, considerando a sequência de registro das imagens termográficas, conforme se pode observar na Tabela 1. Pela quantificação, verifica-se que a área inicial de molhamento abrangia 0,50% do total de pixels da área em estudo, enquanto, na etapa final, essa área já correspondia a 7,62%, demonstrando a evolução da mancha de umidade.

Imagem	Área total (pixels)	Área manchamento (pixels)	%
TERMOGRAMA 01	824.000	4.113	0,50
TERMOGRAMA 02	824.000	14.704	1,78
TERMOGRAMA 03	824.000	62.795	7,62

Tabela 1: Determinação da evolução da área da mancha do prédio ICBS. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o caso da casa Godoy, pode-se observar, conforme apresentado na Tabela 2, que a quantificação permitiu identificar a evolução da mancha, sendo que o registro inicial

apresentava uma área comprometida que correspondia a 9,11% do total de pixels da área em avaliação, enquanto que, após 8 meses, foi observado um aumento de 20% na área degradada. No registro final, de março de 2017, visualiza-se um comprometimento de 65% da área analisada pela manifestação patológica.

	Área total (pixels)	Área manchamento (pixels)	%
MAR_2016	5.049.000	459.916	9,11
NOV_2016	5.049.000	1.473.385	29,18
MAR_2017	5.049.000	3.298.593	65,33

Tabela 2: Determinação da evolução da área da mancha do prédio ICBS. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os casos apresentados nesta pesquisa, de caráter exploratório do método, a qualidade das fotografias e termografias, bem como variações da iluminação ou do posicionamento das áreas analisadas, puderam ser ajustadas com os softwares de análise de imagem. Além disso, por se tratarem de regiões com elevada escala, a precisão necessária para a quantificação não ficou prejudicada por eventuais variações.

Para trabalhos futuros, principalmente para a análise de amostras menores, sugere-se o maior controle com fatores que possam interferir nos resultados, como distância do equipamento até o objeto, fontes de iluminação semelhante e homogênea e quantidade de pixels das imagens, de forma a obter uma melhor precisão e consequente menor variação na análise dos resultados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados, verificou-se que o método proposto, com a utilização dos softwares Photoshop® e ImageJ®, permitiu a quantificação da evolução das manifestações patológicas causadas pela infiltração de água em duas edificações históricas. A aplicação foi validada tanto com registros fotográficos convencionais, no caso de um manchamento aparente, localizado na superfície de um sistema construtivo; quanto com registros de termografia de infravermelho, quando o dano ocorre internamente no sistema de vedação vertical, sem possibilidade de identificação visual direta.

A metodologia aplicada permitiu que fossem isoladas, de forma precisa, as áreas atingidas pelas manifestações patológicas daquelas adjacentes, que não apresentam comprometimento. Este processo facilita a identificação das condições de contorno para intervenções posteriores, visando reduzir ao máximo a interferência em edificações de interesse histórico.

A análise numérica mais precisa da degradação, obtida através do cálculo de pixels, possui potencial para tornar-se ferramenta importante no levantamento de danos em edificações. Este procedimento é realizado, geralmente, apenas com inspeção visual e levantamento fotográfico, demandando elevada quantidade de tempo para coleta e transferência dos

dados, muitos dos quais apresentam-se com dimensões aproximadas e imprecisas. Portanto, sugere-se a realização de mais estudos que validem esta proposta.

Por fim, a utilização da tecnologia para identificação, quantificação, registro e acompanhamento temporal de manifestações patológicas através de software de tratamento de imagens apresentou-se como uma alternativa técnica viável, versátil, de fácil acesso e aplicação no diagnóstico de edificações atingidas por manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

ADAMI, A. et al. The bust of Francesco II Gonzaga: from digital documentation to 3D printing, In: ISPRS Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2015, Taipei, Anais... Copernicus GmbH, 11 ago. 2015. v.2 n. 5, p. 9-15. DOI: 10.5194/isprsannals-II-5-W3-9-2015.

ADOBE. Photoshop® Creative Suite (CS2), versão 9.0. Adobe Inc, San José, Califórnia, EUA, 2005.

BONFADA, C. DE F., KAUFFMANN, A. R., & SILVA, F. P. DA. (2020). Desenvolvimento e avaliação de réplicas em resinas de bens do patrimônio cultural com uso de digitalização 3D e fabricação digital. Gestão & Tecnologia De Projetos, 15(1), 42-53.

CANUTO, C. L.; MOURA, L. R. de; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 7, n. 4, p. 252–264, 2016. DOI: 10.20396/parc.v7i4.8647456. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456. Acesso em: 23 ago. 2021.

CENTRO DE PESQUISA HISTÓRICA VINCULADA À COORDENAÇÃO DE MEMÓRIA CULTURAL DA SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA. História dos bairros de Porto. Disponível em: Alegrehttp://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observatorio/usu_doc/historia_dos_bairros_de_porto_alegre.pdf. Acesso em: 30 ago. 2021

GUERRA, F. L., L. WILLIAM, J. C. CAZAROLLI, M. LOBATO, A. B. MASUERO, D. C. C. DAL MOLIN, F. M. BENTO, A. SCHRANK, AND M. H. VAINSTEIN. Biodeterioration of mortar coating in historical buildings: Microclimatic characterization, material, and fungal community. Building and Environment. V. 155, p. 195-209, 2019.DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.03.017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132319301714. Acesso em: 29 ago. 2021.

MUNIZ, G. R., SILVA, F. P. DA, & KINDLEIN JÚNIOR, W. (2018). Design, tecnologia e patrimônio: digitalização tridimensional como ferramenta de preservação de elementos de prédios históricos. Gestão & Tecnologia De Projetos, v. 13, n. 2, p. 53-66, 2018. DOI: 10.11606/gtp.v13i2.138358. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/138358. Acesso em: 28 ago. 2021.

PORTO ALEGRE. Lei Complementar Nº 275 – Lei de Tombamento, de 06 de abril de 1992. Secretaria Municipal de Cultura, Câmara Municipal, Porto Alegre, 1992. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smc/default.php?reg=7&p_secao=87. Acesso em: 24 jan. 2022.

RASBAND, W. S. IMAGEJ: Image Processing and Analysis in Java, versão 1.53k, 6 jul. 2021. U. S. National Institutes of Healthn, Bethesda, Maryland, EUA. Disponível em: < https://imagej.nih.gov/ij/download.html>. Acesso em: 29 ago. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Lei n° 11.525, de 15 de setembro de 2000. Gabinete de Consultoria Legislativa, Assembleia Legislativa. Porto Alegre, 2000. Disponível em: http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.525.pdf. Acesso em: 29 ago. 2021.

RODRIGUES, R. L., AGOSTINHO, C. J. Documentação digital do patrimônio arquitetônico: a igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens - Coqueiro Seco/AL. Gestão & Tecnologia De Projetos, v. 15, n. 1, p. 26-41, 2020. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/152125. Acesso em: 29 ago. 2021.

SOCOLOSKI, R. F.; ZANINI, C. M.; ZUCCHETTI, L.; MASUERO, A. B. Diagnóstico de falha no sistema predial de águas pluviais de um prédio histórico através do uso de termografia de infravermelho. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), 17, 2018, Foz do Iguaçu. Anais eletrônicos [...]. Foz do Iguaçu, 2018.

ZHANG Y., ZHANG, YING., ZHENJIANG, S., NISHINO, T., XIAOJUAN, C. 3D Laser Scanning Technology-based Historic Building Mapping for Historic Preservation: A Case Study of Shang Shu Di in Fujian Province. International Review for Spatial Planning and Sustainable Development, v. 3, n. 2, p. 53-67, 2015. DOI: /10.14246/irspsd.3.2_53. Disponível em: https://kanazawa-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=32112&item_no=1&page_id=13&block_id=21. Acesso em: 29 ago.2021.

MODELAGEM GEOMÉTRICA DO MUSEU ANITA GARIBALDI A PARTIR DE PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS

Geometric modeling of the Anita Garibaldi Museum from photogrammetric products

Gabriela Linhares da Silva

Mestranda, Universidade Federal da Bahia, gabils.arq93@gmail.com

Natalie Johanna Groetelaars

Doutora, Universidade Federal da Bahia, natgroet@ufba.com.br

Resumo

Com o avanço da tecnologia, as formas de aquisição e geração de dados tridimensionais têm se aprimorado no campo do patrimônio arquitetônico. A possibilidade de gerar produtos geométricos digitais a partir de fotografias viabilizou a produção de modelos geométricos (3D) precisos, detalhados e realistas, e que podem ser gerados com equipamentos de baixo custo. Este trabalho expõe a geração de diferentes tipos de modelos geométricos do Museu Anita Garibaldi, localizado na cidade de Laguna (SC), com o uso de produtos fotogramétricos como referência de modelagem. Apresenta-se o fluxo de trabalho realizado para geração do modelo a partir de dois métodos, automatizado e interativo, descrevendo as etapas que vão desde a aquisição e processamento de dados com técnicas de fotogrametria digital, até a modelagem e texturização dos produtos, resultando em modelos tridimensionais fotorrealistas. Ao final são analisados e comparados os resultados obtidos em ambos os métodos.

Palavras-chave: Modelagem geométrica; Nuvem de pontos; Fotogrametria; Patrimônio arquitetônico

Abstract

With the advancement of technology, the ways of acquiring and generating three-dimensional data have improved in the field of architectural heritage. The possibility of generating digital geometric products from photographs enabled the production of precise, detailed and realistic geometric models (3D), which can be generated with low-cost equipment. This work exposes the generation of different types of geometric models at the Anita Garibaldi Museum, located in Laguna city (SC), using photogrammetric products as a modeling reference. The workflow performed for model generation using two methods, automated and interactive ones, is presented, describing the steps from data acquisition and processing with digital photogrammetry techniques, until modeling and texturing the products, resulting in three-dimensional and photorealistic models. At the end, the results obtained in both methods are analyzed and compared.

Keywords: *Geometric modeling; Point cloud; Photogrammetry; Architecture heritage*

1. INTRODUÇÃO

No campo do patrimônio cultural a geração de dados tridimensionais é um subsídio essencial para diversos fins. Os modelos geométricos (3D), bem como os ambientes virtuais imersivos compostos por esses modelos, apresentam diversas vantagens na arquitetura, conforme ressaltam Champion e Rahaman (2020), como: a possibilidade de visualizar, interpretar e compreender sítios históricos, a disseminação de informações, o fornecimento de material preciso para estudos científicos e acadêmicos, entre outros.

O processo de modelagem geométrica de edificações históricas pode estar relacionado a edificações não mais existentes, tendo como base documentos gráficos e não gráficos sobre o objeto; ou pode estar relacionado a edificações existentes, sendo possível o uso de tecnologias digitais para a aquisição de dados geométricos e texturas em campo (LINHARES; GROETELAARS, 2019).

Em ambas as situações, modelar com precisão objetos e sítios urbanos reais, sobretudo os de interesse histórico-cultural, pode resultar em um processo custoso, já que a geometria real pode ser complexa e apresentar irregularidades (KRÓL; HERNIK, 2020). No entanto, tecnologias como a fotogrametria digital e o *3D laser scanning* (no caso de edificações existentes) permitem uma aquisição de dados rápida e fidedigna, viabilizando a produção de modelos geométricos de grandes áreas em diferentes níveis de detalhes, seja por meio de métodos mais automatizados ou por técnicas de modelagem interativas.

Nesse sentido, a geração de modelos digitais a partir de fotografias, com precisão, alto detalhamento e o uso de equipamentos de baixo custo, é uma vantagem que as tecnologias mais recentes têm proporcionado e que vêm sendo amplamente utilizadas no campo do patrimônio cultural (KRÓL; HERNIK, 2020), como a fotogrametria digital.

Este trabalho apresenta o processo de modelagem geométrica do Museu Anita Garibaldi, localizado na cidade de Laguna, litoral sul de Santa Catarina, tendo como base produtos fotogramétricos obtidos a partir de uma aquisição de dados em campo. Estuda dois métodos de geração de modelos geométricos, automatizado e interativo, comparando os resultados.

2. FOTOGRAMETRIA DIGITAL

A fotogrametria digital pode ser descrita como uma ciência e tecnologia que permite obter, através de imagens fotográficas, informações confiáveis (BRITO; COELHO, 2007), como formas, dimensões, posições e texturas dos objetos contidos nas imagens (GROETELAARS, 2015).

Pode ser classificada segundo diferentes critérios (MATEUS, 2012; GROETELAARS, 2015), como em relação: (1) à distância da câmera e do objeto, e (2) ao número de fotografias utilizadas e ao tipo de restituição, classificações que serão abordadas neste trabalho.

Quanto ao primeiro caso, foram utilizados nesta pesquisa a fotogrametria terrestre e aérea (nesse caso específico, foram usadas fotos tomadas de drones). A fotogrametria terrestre ou à curta distância está relacionada à tomada fotográfica sobre ou próxima à superfície terrestre; e a fotogrametria aérea ou aerofotogrametria, associada às situações da câmera sendo transportada por aeronaves tripuladas, balões, helicópteros ou por veículos aéreos não tripulados – VANT (comumente chamados de drones).

No segundo caso, foi utilizada a monorrestituição, que consiste na restituição de uma única imagem para a obtenção de dados do objeto, geralmente para a produção de fotos retificadas. Também foi usado o *Dense Stereo Matching* (DSM), método automatizado de restituição fotogramétrica. Essa técnica surgiu nos últimos 15 anos a partir de avanços na área da Visão Computacional e utilizando-se os princípios da estereorrestituição, permitindo a geração de modelos de nuvens de pontos, malha triangular irregular (*Triangular Irregular Network* – TIN) e outros produtos, a partir de processos de correlação automática de conjuntos de pixeis homólogos entre imagens tomadas de diferentes ângulos e com grandes áreas de sobreposição (GROETELAARS, 2015).

O processo de restituição fotogramétrica pode ser resumido em três grandes etapas:

- **Planejamento**: análise prévia do local, do objeto e dos recursos disponíveis, em função do objetivo pretendido, a fim de definir as técnicas e equipamentos que serão utilizados;
- **Aquisição de dados**: tomada fotográfica e coleta de medidas de referência, entre outros dados que possam ser necessários.
- **Processamento de dados**: análise e manipulação dos dados brutos coletados, transformando-os nos produtos finais desejados.

Serão descritas a seguir as etapas de aquisição e processamento dos dados.

2.1 Aquisição de dados

A etapa de aquisição de dados do Museu Anita Garibaldi consistiu nas seguintes etapas:

- Tomada fotográfica terrestre com uma câmera Canon EOS 1200D com lente de 18 mm, e tomada fotográfica aérea com uma câmera de lente de 35 mm transportada pelo drone DJI Mavic Air;
- Elaboração de croquis para anotação de algumas medidas tomadas manualmente com trena de aço e laser;
- Consulta de documentação técnica existente sobre a edificação na Prefeitura e no IPHAN de Laguna.

A tomada fotográfica ocorreu em duas partes. A primeira em julho de 2019, onde foram obtidas fotos aéreas e terrestres da edificação e seu entorno, bem como algumas medidas de referência. Ao todo, foram tomadas 116 fotografias do exterior do museu.

A segunda etapa foi realizada em abril de 2021, onde foram obtidas novas fotos aéreas e terrestres, totalizando mais 726 fotografias externas do museu. Nessa segunda etapa optou-se pela captura de detalhes, com fotografias mais próximas ao edifício.

Quanto à consulta de documentação técnica existente, foi fornecido pela prefeitura de Laguna o levantamento técnico do museu, realizado pelo escritório Arte Real Arquitetura e Restauro Ltda. em 2008, contendo plantas baixas, cortes e fachadas da edificação. Pelo IPHAN, foi fornecido apenas a planta baixa do museu e algumas fotografias.

2.2 Processamento

O processamento dos dados adquiridos do museu pode ser resumido nas seguintes etapas:

- Processamento das fotografias aéreas e terrestres no software Agisoft Photoscan para obtenção da nuvem de pontos densa;
- Monorrestituição no software PhotoModeler, para uma melhor representação de alguns elementos da edificação (que não foram gerados corretamente pela técnica DSM) através de fotos retificadas;
- Análise da documentação técnica existente sobre o museu, para seleção de desenhos a serem utilizados para complementação das informações.

Para a obtenção da nuvem de pontos densa foram inseridas 577 fotografias (aéreas e terrestres) no Photoscan, processadas em alta qualidade, resultando em um modelo com mais de 10,4 milhões de pontos (Figura 1). O tempo total do processamento foi de aproximadamente 18 horas.

Para este trabalho optou-se por utilizar fundamentalmente os produtos das técnicas fotogramétricas (em especial a nuvem de pontos gerada por DSM) para a geração dos modelos geométricos do museu. A monorrestituição e alguns desenhos existentes (fornecidos pela prefeitura), foram utilizados somente no método interativo para a obtenção de alguns detalhes, cuja geometria não foi possível extrair das fotografias de forma precisa. Nesses casos, os dados extraídos foram compatibilizados com o modelo de nuvem de pontos para a correta proporção da geometria.



Figura 1: Modelo de nuvem de pontos densa do Museu Anita Garibaldi. Fonte: Elaborado pelas autoras.

3. MODELAGEM GEOMÉTRICA

A etapa de modelagem geométrica consistiu na geração do modelo digital 3D do Museu Anita Garibaldi. Para esta pesquisa foram considerados dois métodos de obtenção de modelos geométricos a partir do uso de tecnologias digitais para a aquisição de dados (Figura 2), conforme apresentado em Linhares e Groetelaars (2021). Essas tecnologias podem ser tanto a fotogrametria digital, quanto a varredura laser.

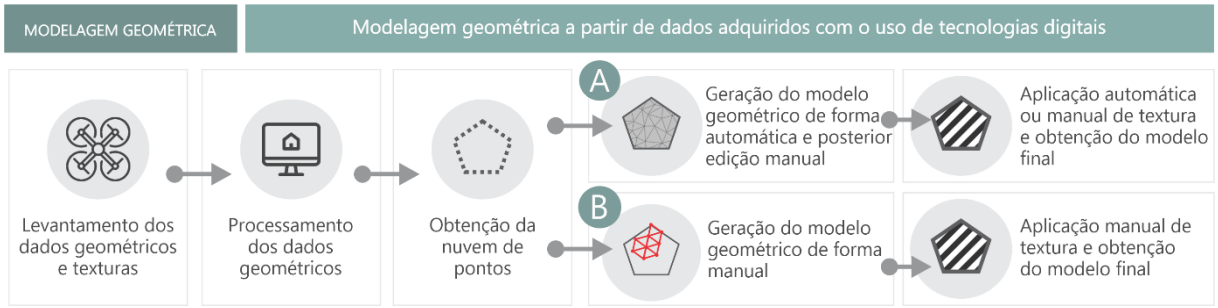


Figura 2: Etapas da modelagem geométrica com o uso de tecnologias digitais para a aquisição de dados. Fonte: Adaptado de Linhares e Groetelaars (2021).

O levantamento e processamento dos dados geométricos correspondem às etapas apresentadas anteriormente para a obtenção da nuvem de pontos, bem como de outros produtos fotogramétricos. A partir da nuvem de pontos, o modelo geométrico pode ser obtido a partir de dois métodos:

(a) método automatizado, onde a nuvem de pontos é processada em software específico para a obtenção do modelo de malha TIN, podendo o mesmo ser texturizado de forma automática, ou manual em outro programa;

(b) método interativo, onde a nuvem de pontos é utilizada como referência para a geração do modelo de forma manual, em softwares de modelagem geométrica, sendo a aplicação da textura realizada também de forma manual.

3.1 Método automatizado

Para a geração do modelo geométrico através do método automatizado, optou-se por continuar o processamento da nuvem de pontos no software Agisoft Photoscan. Como resultado, foi obtido um modelo de malha TIN com mais de 2 milhões de triângulos (Figura 3).

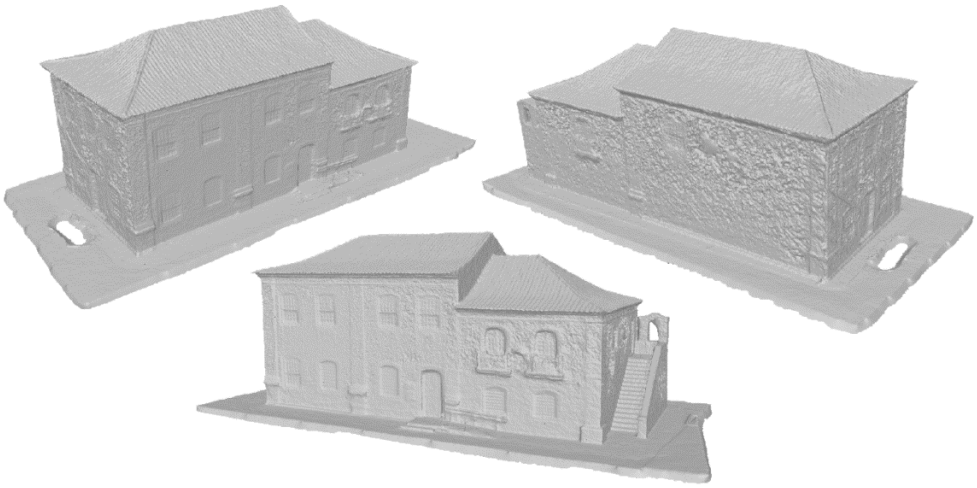


Figura 3: Modelo geométrico de malha TIN sem textura. Fonte: Elaborado pelas autoras.

A etapa de texturização foi feita de forma automatizada no Photoscan, utilizando as mesmas fotografias da etapa de processamento, resultando em um modelo de malha TIN texturizada e fotorrealista (Figura 4).



Figura 4: Modelo geométrico de malha TIN com textura. Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.2 Método interativo

Para a geração do modelo geométrico no método interativo, a nuvem de pontos densa foi inserida no software de modelagem Blender. Para isso, utilizou-se o *plugin* Point Cloud Visualizer, que permite uma melhor manipulação da nuvem de pontos no programa, viabilizando ações como seccionar, alterar a densidade, cor, tamanho e transparência dos pontos etc.

Cabe ressaltar que o processo de modelagem pelo método interativo não foi linear. Devido à falta de dados e de conhecimentos aprofundados sobre a ferramenta Blender, no início do trabalho (que ocorreu antes da segunda etapa de aquisição de dados em campo), buscou-se diferentes alternativas de modelagem que serão descritas nessa seção.

Com o uso de primitivas geométricas, operações booleanas, comandos de varredura (extrusão e revolução de perfis) e outras técnicas de modelagem, o modelo foi gerado de forma manual utilizando a nuvem de pontos como referência (Figura 5). As fotografias, os croquis e as visitas em campo auxiliaram no processo.



Figura 5: Modelos geométricos do museu, sendo (A) nuvem de pontos, (B) modelo geométrico gerado interativamente, (C) sobreposição do modelo criado no Blender (em azul) com a nuvem de pontos. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Com o seccionamento da nuvem de pontos, foi possível extrair informações mais precisas, como a inclinação dos planos do telhado. Também foi possível identificar irregularidades, como paredes fora do prumo, dentre outras imprecisões que são características de edificações antigas. Por se tratar de irregularidades pequenas e que não interferiam na visualização e compreensão do edifício, as mesmas não foram consideradas na modelagem. Alguns seccionamentos e sobreposições do modelo geométrico com a nuvem de pontos são ilustrados na Figura 6.

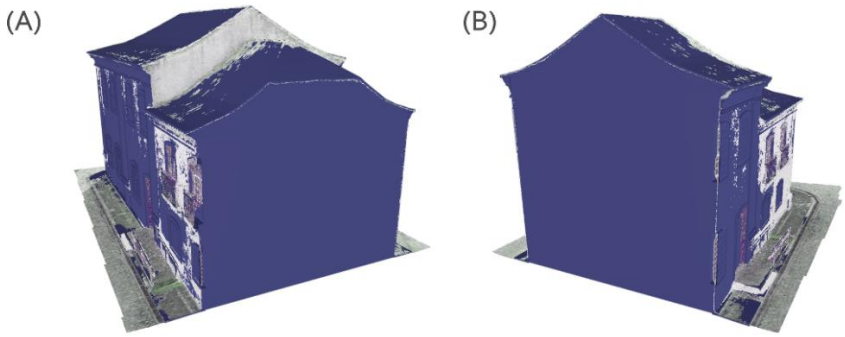


Figura 6: Sobreposição do modelo (em azul) com a nuvem de pontos, ambos seccionados, sendo (A) corte passando pelo volume menor do edifício e (B) corte passando pelo volume maior do edifício. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para a modelagem das portas e janelas optou-se inicialmente por utilizar imagens retificadas (Figura 7a) como referência para extração da geometria (Figura 7b). Após a segunda aquisição de dados e a obtenção de um modelo mais detalhado do museu (malha TIN), foi possível gerar as ortofotos das fachadas (Figura 7c), as quais foram utilizadas como referência para modelar as portas e janelas que ainda não haviam sido modeladas (Figura 7d).

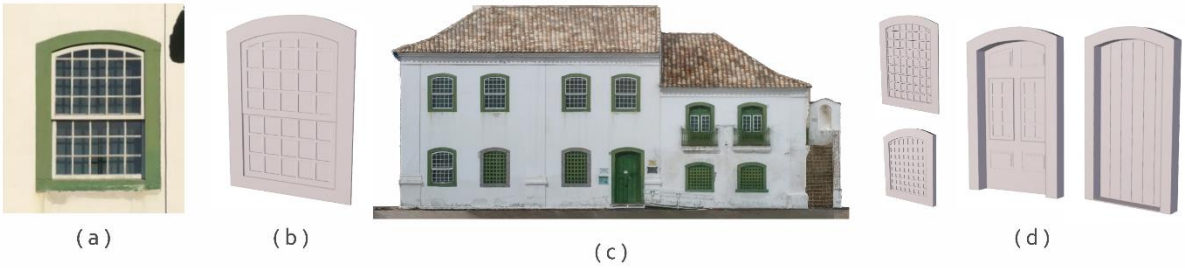


Figura 7: Modelos geométricos das esquadrias e imagens utilizadas como referência, sendo: (a) imagem retificada de uma janela, (b) modelo geométrico feito com base na imagem retificada, (c) ortofoto da fachada principal e (d) modelos feitos com base nas ortofotos. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Também se utilizou, inicialmente, uma imagem retificada (Figura 8a) para a vetorização (2D) e modelagem geométrica (3D) do gradil do segundo pavimento, cuja geometria não foi registrada através da técnica DSM. Após a aquisição do levantamento técnico do museu fornecido pela prefeitura, optou-se por utilizá-lo para a extração do perfil dos elementos do gradil, já que o mesmo apresentava maiores detalhes (Figura 8b), e era similar ao desenho obtido pela foto retificada. Também se utilizou o levantamento existente para o desenho das cimalhas (Figura 8c). Todos os modelos gerados (Figura 8d) foram ajustados conforme a nuvem de pontos.

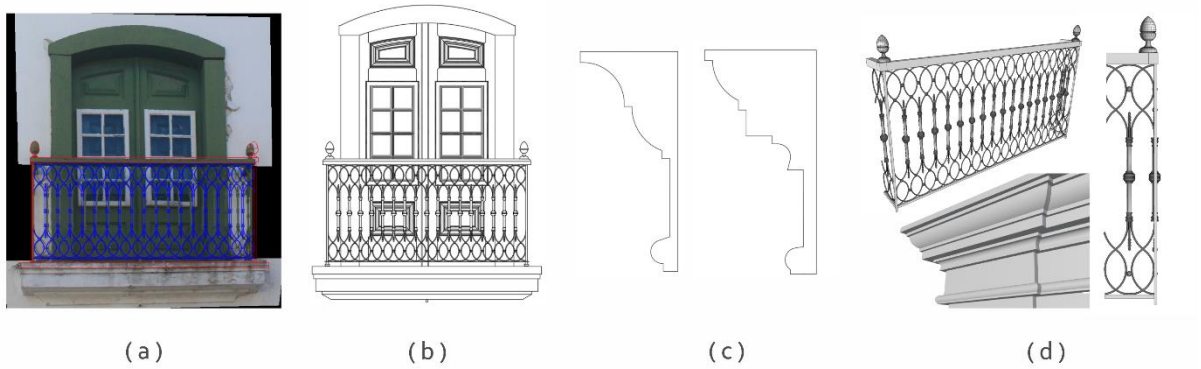


Figura 8: Modelos geométricos de ornamentos e imagens utilizadas como referência, sendo: (a) desenho do gradil da sacada feito sobre a foto retificada, (b) desenho do gradil do levantamento existente, (c) desenho dos perfis das cimalhas do levantamento existente e (d) modelos geométricos da grade e da cimalha gerados com base nos desenhos do levantamento existente. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para a modelagem de outros detalhes, como as pilastras e seus ornamentos, a rampa de acesso à edificação e a escada lateral, foram utilizadas somente a nuvem de pontos e as fotografias.

Para a texturização do modelo geométrico, duas opções foram testadas: (1) aplicar cores sólidas aos elementos e (2) aplicar texturas, que podem ser imagens genéricas, procedurais ou retiradas das fotografias do objeto real. A aplicação de cores sólidas foi realizada (Figura 9) utilizando as cores da edificação original como referência.



Figura 9: Modelo geométrico com cores sólidas. Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para a aplicação de texturas, tendo em vista o modelo geométrico gerado, é recomendada a realização de um mapeamento de texturas UV (UV *mapping*). Esta etapa pode ser descrita,

segundo Kumar (2020), como o processo de mapear os polígonos (faces) do modelo tridimensional (coordenadas x, y, z) gerando um mapa bidimensional (coordenadas u, v). O mapa gerado é chamado de mapa UV (UV *map*) e é onde as texturas serão aplicadas, de forma que a visualização no modelo geométrico (3D) fique correta.

A etapa de mapeamento UV é um processo demorado, que requer planejamento e, em muitos casos, o tratamento prévio das imagens a serem utilizadas antes de sua aplicação. Para este estudo, optou-se por testar a utilização das ortofotos para a texturização, permanecendo as cores sólidas em elementos cuja textura não foi possível ser extraída das imagens (como nos gradis e corrimão da rampa). A fim de otimizar o tempo de trabalho desta etapa, as imagens não foram editadas antes da aplicação.

O mapeamento UV foi realizado para cada elemento modelado. Após a obtenção dos mapas UV (Figura 10a), as ortofotos (Figura 10b) foram importadas no software como material (textura) e os mapas UV foram ajustados sobre as mesmas (Figura 10c). Nas partes onde as ortofotos apresentavam deformações, distorções etc., como nas cimalhas, optou-se por utilizar outras partes das imagens que apresentavam o mesmo material. Após a finalização do mapeamento UV, foi possível obter um modelo com uma textura mais realista (Figura 10d).

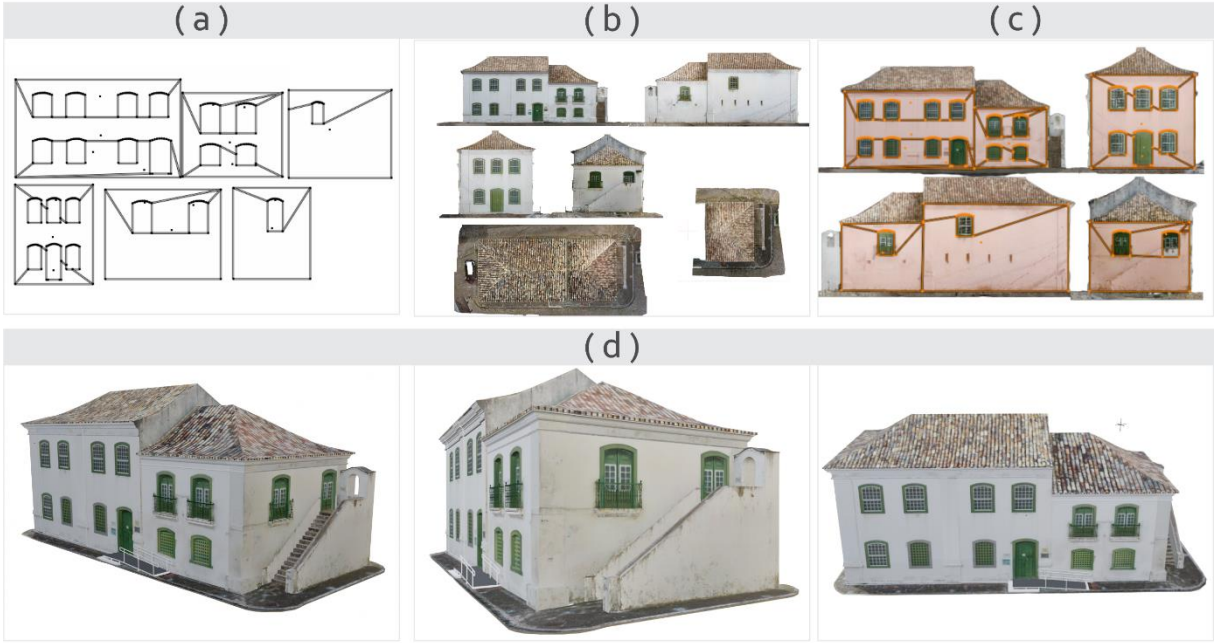


Figura 10: Etapa de texturização, sendo (a) mapas de texturas UV das fachadas, (b) ortofotos, (c) mapeamento de textura UV sobre as ortofotos e (d) modelo final texturizado.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

O processo de mapeamento UV é necessário para a aplicação de qualquer tipo de imagem como textura. Para este estudo optou-se por testar a aplicação de ortofotos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

No modelo de malha TIN obtido pelo método automatizado, foi possível gerar uma geometria com alto nível de detalhes utilizando fotografias aéreas e terrestres no mesmo processamento. No entanto, alguns elementos não tiveram suas formas restituídas adequadamente, como o gradil, que apresenta geometrias pequenas e pouco visíveis nas fotografias. Algumas esquadrias da fachada apresentaram deformações, especialmente nos casos em que havia grande uniformidade de textura. Partes que eram facilmente visíveis nas imagens e onde havia maior variação de textura, como o telhado, a escada, a calçada e a fachada principal com danos, apresentaram uma formação de geometria mais completa. Apesar das irregularidades, foi possível obter uma representação adequada da edificação através de um modelo fotorrealista, bem como uma nuvem de pontos densa e ortofotos de todas as fachadas.

No método interativo, a junção de diferentes técnicas de modelagem geométrica junto à utilização de produtos fotogramétricos como referência, permitiu gerar um modelo detalhado e fidedigno do museu. Foi possível gerar detalhes precisos e obter uma geometria sem irregularidades. No entanto, a interpretação da nuvem de pontos e da geometria dos elementos da edificação neste método, demandou bastante tempo de processamento interativo, o que geralmente ocorre em edificações históricas que apresentam uma maior complexidade geométrica, especialmente em função dos detalhes construtivos, irregularidades e danos existentes. Essas características demandam um maior cuidado na interpretação das nuvens de pontos, para entender melhor a geometria e permitir inclusive diferenciar as irregularidades construtivas reais, das deformações em função de problemas na restituição fotogramétrica.

A etapa de texturização através do mapeamento UV também se mostrou trabalhosa, uma vez que foi necessário planificar cada elemento geométrico modelado e associar suas faces à parte correspondente da textura.

Os modelos gerados nos dois métodos apresentaram resultados semelhantes quando visualizados de posições mais distantes. No entanto, a diferença torna-se significativa a medida em que se aproxima dos mesmos. O modelo de malha TIN apresenta falhas em sua geometria, enquanto o modelo gerado pelo método interativo é mais completo e detalhado. No entanto, o modelo de malha TIN apresenta um resultado melhor em relação à textura.

O modelo de malha TIN, com 2 milhões de polígonos, resultou em um arquivo (.obj) maior, com 216 MB, mais o mapa de texturas UV (.png) com 23,4 MB. Ressalta-se que a quantidade de polígonos pode ser reduzida no próprio software de restituição, ou em outros programas que permitem a otimização da malha, o que reduziria também o tamanho do arquivo. Já o arquivo (.obj) do modelo gerado pelo método interativo possui 998 mil polígonos com 154 MB, incluindo as texturas vinculadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método automatizado permite a obtenção de um modelo fotorrealista sem a necessidade de modelagem interativa. Embora esse método seja automático e possa resultar em um modelo preciso e fidedigno, a qualidade do mesmo depende fundamentalmente das imagens utilizadas. Diversos fatores podem interferir na qualidade da tomada fotográfica, como geometrias complexas e de difícil acesso para fotografar, condições climáticas, materiais translúcidos e reflexivos, superfícies com textura muito uniforme, elementos que bloqueiem a visão do objeto, equipamentos e configurações utilizadas, posicionamento da tomada fotográfica, entre outros.

Para a obtenção de um modelo detalhado é necessária a utilização de uma maior quantidade de fotografias, resultando num tempo maior de processamento. O modelo resultante geralmente apresenta (como ocorreu nesse estudo) uma alta quantidade de polígonos e uma malha irregular, o que leva a necessidade de otimização para a sua utilização em outras aplicações, como as de processamento em tempo real.

O método interativo, que consiste na modelagem realizada manualmente, resulta em um processo mais demorado, sendo o tempo influenciado significativamente pelas habilidades do modelador no software utilizado. No entanto, é possível obter um modelo completo e sem deformações na geometria.

A depender da complexidade do objeto que se está restituindo, editar e otimizar um modelo de malha TIN pode resultar num processo muito mais trabalhoso e demorado do que a modelagem interativa. No entanto, o modelo obtido pela técnica DSM apresenta a vantagem de já possuir um mapeamento de textura UV realizado pelo próprio software de restituição fotogramétrica. Isso é uma grande vantagem, uma vez que a etapa de mapeamento UV pode resultar mais complexa e custosa do que a modelagem em si.

Ressalta-se que para a obtenção de um modelo realista no método interativo, com a utilização de ortofotos como referência na modelagem e aplicação de textura, torna-se necessário realizar todo o fluxo de trabalho do método automatizado para a obtenção dos produtos fotogramétricos.

Por fim, deve-se avaliar qual o melhor fluxo de trabalho a ser seguido em função da finalidade e aplicações a serem realizadas com o modelo, nível de detalhe pretendido, características do objeto a ser restituído, recursos financeiros e tecnológicos disponíveis, habilidade do(s) operador(es) em utilizar as diferentes técnicas e ferramentas, dentre outras questões.

REFERÊNCIAS

BRITO, J. N; COELHO, L. Fotogrametria Digital. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

CHAMPION, E.; RAHAMAN, H. Survey of 3D digital heritage repositories and plataforms. Virtual Archaeology Review, v. 11, n.23, p.1-15, 2020.

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

GROETELAARS, N. J. Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas urbanas. 2004. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. Reconstrução digital do patrimônio arquitetônico para ambientes virtuais interativos 3D: estudo de métodos para modelagem geométrica de edificações existentes. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 61-77, jan. 2021. DOI: 10.11606/gtp.v16i3.172369.

LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. Tecnologias digitais para a representação do patrimônio arquitetônico: estudo de métodos para modelagem geométrica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...]. São Carlos: IAU-USP, 2019.

MATEUS, L. M. C. Contributos para o projecto de conservação, restauro e reabilitação: uma metodologia documental baseada na fotogrametria digital e no varrimento laser 3D terrestres. 2012. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitectura, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012.

KRÓL, K.; HERNIK, J. Digital heritage: reflection of our activities. House of the University of Agriculture in Krakow Publishing, 2020. E-book. DOI: 10.15576/978-83-64758-98-0.

KUMAR, A. Beginning PBR texturing: learn physically based rendering with allegorithmic’s substance painter. Varanasi: Apress, 2020. E-book. DOI: 10.1007/978-1-4842-5899-6.

DEEP LEARNING E SUAS POSSIBILIDADES DE APLICAÇÃO NO PATRIMÔNIO CULTURAL EDIFICADO

Deep learning and its application possibilities in built cultural heritage

Lara Monalisa Alves dos Santos

Mestre, UnB, laramonalisa.arquitetura@gmail.com

Vanda Alice Garcia Zanoni

Doutora, UnB, vandazanoni@unb.br

Resumo

Este artigo apresenta uma investigação sobre as possibilidades de aplicação de Deep Learning (DL) no campo do patrimônio cultural edificado como ferramenta de suporte à decisão para a sua conservação. Nos últimos anos, o DL passou a ser aplicado nos sistemas de monitoramento, classificação e preservação da identidade cultural de edifícios patrimoniais juntamente com técnicas de mapeamento e modelagem tridimensional. Para esta pesquisa, foi utilizada uma revisão sistemática da literatura (RSL), considerando três bases de dados: Web of Science, Scopus e Engineering Village. Foram utilizadas as palavras-chave: deep learning, machine learning e heritage building. A partir da RSL, essa pesquisa também contribui para uma avaliação de técnicas e ferramentas utilizadas por autores nos últimos cinco anos, identificando que os estudos mais recentes se baseiam em imagens obtidas em levantamentos com nuvem de pontos e aplicação da inteligência artificial para a detecção de danos, localização e movimento de pessoas, classificação de elementos, estilos e tipologias arquitetônicas.

Palavras-chave: *Deep learning*; *Machine learning*; Patrimônio cultural; Redes neurais; Detecção de objetos

Abstract

This article presents an investigation into the possibilities of applying deep learning (DL) in the field of built cultural heritage as a decision support tool for its conservation. In recent years, the DL has been applied in systems for monitoring, classifying and preserving the cultural identity of heritage buildings together with mapping techniques and three-dimensional modeling. For this research, a systematic literature review (RSL) was used, considering three databases: Web of Science, Scopus and Engineering Village. The keywords were used: deep learning, machine learning and heritage building. Based on the RSL, this research also contributes to an evaluation of techniques and tools used by authors in the last five years, identifying that the most recent studies are based on images obtained in point cloud surveys and the application of artificial intelligence to detect damage, location and movement, classification of elements, architectural styles and typologies.

Keywords: *Deep learning; Machine learning; Heritage building; Neural networks; Object detection*

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios categorizados como patrimônios culturais de um país possuem essa condição por terem significância cultural e representarem um determinado período histórico. Portanto, sua preservação é primordial para que continuem sendo exemplares, capazes de expressar a história, os valores, a cultura e continuar influenciando as gerações futuras (IPHAN, 1980).

A produção de documentos e registros do patrimônio cultural atrelada às técnicas de automatização que indiquem as formas, detalhes e expressões artísticas existentes nesses edifícios é relevante para a elaboração de planos de conservação e restauração. Assim, a documentação digital e o plano de conservação para a preservação do patrimônio têm possibilitado uma melhor gestão em decorrência das melhorias na velocidade e precisão dos dispositivos de aquisição de imagens (LLAMAS, 2017). Associada às novas tecnologias digitais de aquisição de imagens, ganha relevância os processos automatizados baseados em inteligência artificial, *machine learning* e deep learning (DL), que tornam as tarefas mais dinâmicas e rápidas (TAOUFIG; NAGY; BENEDEK, 2020).

Nos estudos da conservação do patrimônio cultural, algoritmos podem ser usados para processar medições, detectar situações de risco ou avaliar as condições existentes, visando ações de classificação, proteção, manutenção ou reparo dos edifícios. Um modelo virtual 3D de arquitetura pode ser construído para o aprendizado e extração de recursos de dados de imagem por meio do DL (YIN; ANTONIO, 2020). O DL é um método de rede neural e permite que os modelos computacionais compostos por várias camadas de processamento aprendam representações de dados com vários níveis de abstração. Esse tipo de método, conforme Lecun, Bengio e Hinton (2015), melhorou o reconhecimento visual e a detecção de objetos, proporcionando descobertas complexas em grandes conjuntos de dados.

Nesse contexto, o objetivo desse artigo é investigar as possibilidades de aplicação do DL no campo do patrimônio cultural como ferramenta de suporte às decisões para a gestão da conservação.

2. MÉTODO

Para a investigação das possibilidades de uso da DL na conservação do patrimônio edificado, propõe-se uma RSL conforme o método adotado por Barros e Ruschel (2021). Foram consultados três bancos de dados: *Web of Science, Scopus e Engineering Village*, concentrando-se nos últimos cinco anos (2017-2021). Foram utilizados os termos de busca: *"DL", "Machine learning" e "Heritage building"*, com o objetivo de responder à questão de pesquisa "Qual a abrangência do DL nos edifícios patrimoniais?".

Na etapa 1 foi utilizado o filtro de categoria “artigos”. Na etapa 2 foram determinados critérios de seleção dos estudos usados para a inclusão e exclusão de artigos da RSL, criando para isso um protocolo com a descrição das seleções dos critérios aplicados, indicado no Quadro 1. O principal critério de exclusão foram artigos duplicados e que fugiam da temática desta pesquisa.

Parâmetros	Critérios	Descrição
Objetivo		Investigar as possibilidades de aplicação do DL no campo dos edifícios patrimoniais.
Contexto		Artigos relacionados ao DL e sua aplicação em edificações patrimoniais.
Idioma		Inglês.
Resultados		Identificação dos autores, periódico, aplicação, objetivo do estudo, tipo de DL utilizada.
Questões de pesquisa		Quais são os campos de pesquisa que utilizam a rede neural aplicada ao edifício patrimonial?
Bases de dados		Web of Science, Scopus e Engineering Village.
Tipos de estudos		Artigos científicos indexados em periódicos e revisados por pares.
Termos de busca		“DL” AND “Heritage building” / “Machine learning” AND “Heritage building”.
Critério de inclusão	CI1	Artigos publicados em periódicos revisados por pares.
	CI2	Estudos que contenham os termos de pesquisa em: título, resumo ou palavras-chave.
Critério de exclusão	CE1	Artigos duplicados.
	CE2	Texto completo não disponível.
	CE3	Artigos não escritos em inglês.
	CE4	Estudos de RSL.
	CE5	Estudo classificado como BAIXO nos critérios de avaliação de qualidade.
	CE6	Estudo classificado como MÉDIO nos critérios de avaliação de qualidade.
Extração de dados		Descrição do contexto, objetivo, método, aplicação, rede neural, relevância e benefícios.
Etapas da RSL	Etapa 1	Exclusão de artigos duplicados.
	Etapa 2	Exclusão de artigos que não atendem aos critérios – CI1, CI2 e CI3 – e que atendam aos critérios de exclusão – CE2 e CE3.
	Etapa 3	Exclusão de artigos classificados como baixa qualidade – CE4 e média qualidade – CE5.

Quadro 1: Protocolo adotado. Fonte: Adaptado de Kitchenham e Charters, 2007; Barros e Ruschel, 2021.

No Quadro 2 são apresentados os critérios estabelecidos para avaliação do nível de qualidade dos textos elegíveis para aplicação dos critérios de exclusão CE5 e CE6.

Nível	Qualidade do desempenho do estudo	Relevância para a questão da revisão	Relevância para o foco da revisão
Alto	O método proposto atende aos padrões exigidos para o assunto em estudo; o estudo seguiu rigorosamente o método proposto; e os resultados são suportados por fatos e dados	O estudo aborda precisamente o alvo objeto da revisão sistemática	O estudo foi realizado em contexto semelhante ao definido para a revisão
Médio	O método proposto apresenta lacunas quanto aos padrões exigidos para o tema em estudo; ou o estudo não mostra que seguiu o método proposto em sua totalidade; ou os resultados não são totalmente baseados em fatos e dados	O estudo aborda parcialmente o assunto em questão da revisão sistemática	O estudo foi realizado em contexto semelhante ao definido para a revisão
Baixo	O método proposto não atende aos padrões exigidos para a disciplina em estudo; ou o estudo não mostra que seguiu o método proposto; ou os resultados não são baseados em fatos e dados	O estudo aborda apenas ligeiramente o assunto de revisão sistemática	O estudo foi realizado em um contexto diferente daquele definido para a revisão

Quadro 2: Critérios de avaliação da qualidade de estudos primários.
Fonte: Adaptado de Harden e Gough, 2012 *apud* Dresch, Lacerda e Antunes Junior, 2017.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado dos termos de busca nas bases de dados elencadas, apresenta-se o Quadro 3 com o número de 76 artigos.

Data da pesquisa	Banco de dados	Critérios de pesquisa	Termos de pesquisa	Número de artigos
15/06/2021	Web of Science	Tópico: título, resumo, palavras-chave)	"DL" AND "Heritage building"	27
			"Machine learning" AND "Heritage building"	14
	Scopus	Título do artigo, Resumo, Palavras-chave	"DL" AND "Heritage building"	20
			"Machine learning" AND "Heritage building"	9
	Engineering Village	Título do artigo, Resumo, Palavras-chave	"DL" AND "Heritage building"	4
			"Machine learning" AND "Heritage building"	2
Total de artigos: 76				

Quadro 3: Número de artigos por database. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após aplicação dos critérios de exclusão CE1, CE2, CE3 e CE4, indicados na Quadro 1, foram excluídos 46 artigos, e por fim, a etapa 3 na qual se aplicou o critério de avaliação da qualidade dos estudos teve-se a exclusão de 14 artigos, chegando-se a um resultado final de 16 artigos aptos à leitura e extração dos dados, apresentado na Tabela 1.

Autores	Revista	Técnicas utilizadas	Objetivo do estudo	Modelos de DL
Gong *et al.* (2021)	*Remote sensing*	Detecção e classificação de danos	Propor um método para avaliação quantitativa de danos com o uso de drone	R-CNN
Mansuri e Patel (2021)	*Emerald insight*	Detecção e classificação de danos	Propor um sistema automático de inspeção visual do patrimônio arquitetônico	R-CNN
Lamas *et al.* (2021)	*Neurocomputing*	Classificação de estilos arquitetônico	Projetar um conjunto de dados MonuMAI para a classificação de estilos	Faster R-CNN ResNet101
Deligiorgi *et al.* (2021)	*Journal of archaeological Science: reports*	Classificação de elementos arquitetônicos	Elaborar um fluxo de trabalho para a digitalização 3D com o uso de técnicas para captura da realidade, anotação e classificação	3D CNN
Taoufig *et al.* (2020)	*Remote sensing*	Classificação de estilos arquitetônicos	Utilizar a rede HierarchyNet para a classificação de imagens	CNN
Kumar *et al.* (2020)	*Journal on computing and cultural heritage*	Classificação de elementos arquitetônicos	Propor um método para detecção de danos ao patrimônio relacionados a desastres	CNN
Yin e Antonio (2020)	*Image and vision computing*	Reconstrução 3D	Construir um modelo virtual 3D para o aprendizado direto e extração de recursos de imagens	ANN
Hatir, Barstuğan e İnce (2020)	*Journal of cultural heritage*	Detecção e classificação de danos	Detectar e classificar os danos causados por intemperismo em rocha	ANN
Piccialli *et al.* (2020)	*Pervasive and mobile computing*	Localização e movimento	Propor um sistema de monitoramento capaz de detectar os movimentos e a área de ocupação de visitantes	IoT
Bacharidis, Sarri e Ragia (2020)	*International journal of geo-information*	Reconstrução 3D	Reconstruir modelos 3D das fachadas do patrimônio arquitetônico	DNN
Pierdicca *et al.* (2020)	*Remote sensing*	Classificação de elementos arquitetônicos	Reconhecer os elementos arquitetônicos e a construção de um modelo virtual 3D	RadDGCNN
Murtiyoso e Grussenmeyer (2020)	*Sensors*	Classificação de elementos arquitetônicos	Construir um modelo virtual 3D e classificação	M_HERACLES
Morbidoni *et al.* (2020)	*Journal on computing and cultural heritage*	Classificação de elementos arquitetônicos	Propor um fluxo de trabalho para a identificação dos elementos arquitetônicos e estudos das influências estilísticas.	DGCNN

Autores	Revista	Técnicas utilizadas	Objetivo do estudo	Modelos de DL
Condorelli e Rinaudo (2019)	*Remote sensing*	Reconstrução 3D	Extrair informações métricas de filmes históricos e reconstrução 3D do patrimônio arquitetônico	R-CNN
Llamas *et al.* (2017)	*Applied sciences*	Classificação de elementos tipológicos	Classificar imagens para a documentação digital do patrimônio arquitetônico	CNN
Obeso *et al.* (2016)	*Journal of electronic imaging*	Classificação de estilos arquitetônicos	Aplicar as técnicas de características esparsas (SIFT) e valores de pixel primários para classificação de estilos arquitetônicos	CNN

Tabela 1: Descrição dos artigos selecionados pela RSL (continuação). Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

O número de artigos publicados relacionados à inteligência artificial e nuvem de pontos vem apresentando uma crescente evolução no ano de 2020 e 2021 (Figura 1). A maioria dos artigos focou no desenvolvimento de métodos para detecção e classificação com o uso do DL e seus modelos de algoritmos, dentre a mais utilizada as redes neurais convolucionais (CNN).

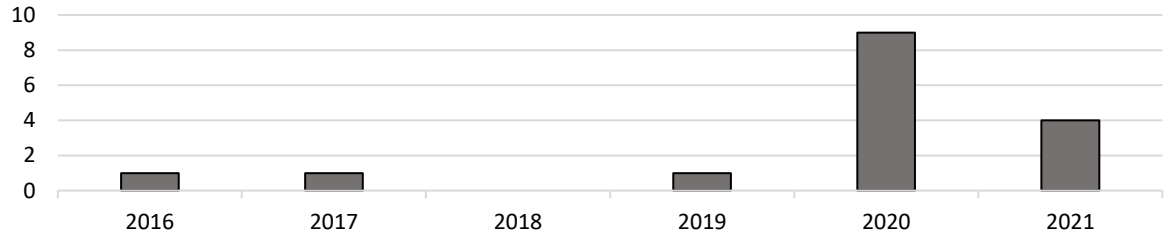


Figura 1. Número de artigos por ano de publicação. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os estudos selecionados pela RSL estão classificados em localização e movimento, detecção e classificação de danos, reconstrução 3D e classificação de elementos, estilos e tipologias arquitetônicas (Figura 2).

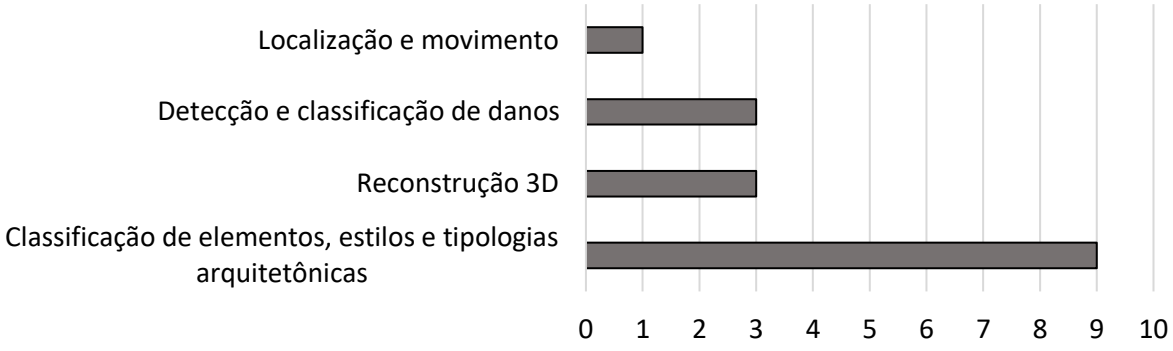


Figura 2. Quantidade de artigos e suas classificações. Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

3.1 Classificação de elementos, estilos e tipologias arquitetônicas

A classificação dos estilos arquitetônicos foi explorada no estudo de Llamas *et al.* (2017) com o uso da CNN para os processos de documentação do patrimônio arquitetônico. Os resultados mostraram uma precisão notável do conjunto de dados validados. Obeso *et al.* (2016) também fez uso uma CNN para a classificação de imagens de edifícios patrimoniais com recursos na entrada da rede e valores de pixel de cor primária, obtendo como resultados a classificação de três estilos arquitetônicos: pré-hispânica, colonial e moderna - com uma precisão de 88,01%.

Para a identificação de estilos e detecção dos elementos arquitetônicos de um edifício patrimonial, Lamas *et al.* (2021) apresentou um framework MonuMAI (*Monument with mathematics and artificial intelligence*) projetando um conjunto de dados, considerando a taxonomia de estilos arquitetônicos e a relação de elementos-chave para classificar e detectar, enquanto que Taoufig *et al*. (2020) utilizaram uma CNN e a rede HierarchyNet para a classificação de edifícios urbanos em diferentes categorias e subcategorias de imagens das suas fachadas.

A classificação dos elementos arquitetônicos foi explorada pelos autores Deligiorgi *et al*. (2021) detalhando a dificuldade em documentar, devido ao seu palimpsesto histórico e as transformações espaciais que cobrem vestígios e mudam a integridade formal e a identidade do patrimônio cultural. Os autores apresentaram um fluxo de trabalho contribuindo com uma nova abordagem de identificação dos componentes arquitetônicos e o uso de redes neurais convolucionais para fins de classificação.

Dados coletadas na mídia social e a localização do patrimônio cultural foram estudados por Kumar *et al.* (2020), caracterizando automaticamente as imagens com o uso de uma CNN. Os resultados mostraram que a classificação automática pode reduzir o esforço manual para localização de imagens de patrimônios culturais.

Diferentes técnicas para a classificação dos elementos arquitetônicos foram utilizadas. Os autores Pierdicca *et al.* (2020) usaram a segmentação semântica e o DL para o reconhecimento de elementos históricos na arquitetura, visando acelerar o processo de modelagem do patrimônio cultural em HBIM. Já os autores Murtiyoso e Grussenmeyer (2020) propuseram uma segmentação e uma classificação, em que o principal resultado foi uma representação em 3D do objeto na forma de nuvem de pontos.

A segmentação semântica para o reconhecimento automático dos elementos arquitetônicos e o aproveitamento de dados da nuvem de pontos foram estudados pelos autores Morbidoni *et al.* (2020) para treinar modelos de DL e realizar a segmentação semântica obtidas via *Terrestrial Laser Scanning* (TLS), fazendo o uso de uma CNN de gráfico dinâmico (DGCNN) denominada RadDGCNN com resultados de alta precisão e eficácia.

O patrimônio cultural também é um domínio que pode se beneficiar de estudos utilizando os serviços baseados em localização (LBS), representado pela análise de dados, por meio de

algoritmos e metodologias de DL. Piccialli *et al*. (2020) utilizaram o LBS para o desenvolvimento de um sistema de monitoramento, apresentando e discutindo uma metodologia de DL aplicada a dados provenientes de um sistema não invasivo de monitoramento IoT Bluetooth implantado dentro de um espaço cultural.

3.2 Reconstrução 3D

Os autores Yin e Antonio (2020) estudaram a conservação do patrimônio arquitetônico, elaborando um procedimento para o uso do scanner a laser e a geração de uma nuvem de pontos para a reconstrução de um modelo virtual 3D e a extração de recursos de dados da imagem por meio do DL e uma rede ANN, apoiando-se no levantamento e mapeamento. Os autores Bacharidis, Sarri e Ragia (2020) reconstruíram modelos realistas em 3D de fachadas de edifícios patrimoniais para a detecção de elementos estruturais.

Condorelli e Rinaudo (2019) examinaram a possibilidade de extração de informações métricas de edifícios históricos retratados por filmes para sua reconstrução virtual em 3D. Na primeira parte da pesquisa foi desenvolvido um algoritmo de detecção com o uso do DL e na segunda parte realizou-se a implementação de algoritmos open *source structure-from-motion* obtendo a reconstrução virtual 3D. Os resultados foram comparados com um *benchmark* para avaliar a qualidade métrica do modelo.

3.3 Detecção e classificação de danos

O uso da inspeção visual das estruturas do patrimônio edificado foi realizado pelos autores Mansuri e Patel (2021) que desenvolveram uma metodologia baseada na inteligência artificial de um sistema de inspeção visual automática e um modelo de CNN mais rápida (R-CNN) para a detecção dos danos encontrados, com uma abordagem menos sujeita a erro dos inspetores. Ao validar o modelo, foi registrada a precisão de 91,58% para detectar três tipos de danos: destacamentos, tijolos expostos e fissuração existentes nas estruturas do patrimônio.

A fotogrametria foi utilizada por Gong *et al.* (2021) para a investigação de danos no patrimônio cultural. Foi proposto um método para avaliação quantitativa de danos em edifícios históricos com estruturas repetitivas baseado em imagens capturas por drones e o uso da Mask R-CNN para melhorar a precisão da segmentação nas bordas do objeto. O procedimento foi testado e validado em um estudo de caso, obtendo resultados eficazes de precisão na realização da avaliação de danos.

Os modelos de reconhecimento baseado em DL e rede neural artificial (RNA) estão presentes no artigo desenvolvido por Hatir, Barstuğan e İnce (2020) para a eliminação de erros humanos no reconhecimento de danos. Com a utilização da fotografia manual, foram registrados diferentes tipos de intemperismo comumente observados nas estruturas históricas da região de Konya. Os resultados mostram precisão de 99,4%.

4. CONCLUSÃO

A partir da RSL foi identificado quatro principais áreas de aplicação do DL no campo dos edifícios patrimoniais dos últimos cincos anos, mostrando as diferentes possibilidades de aplicação para a conservação do edifício patrimonial, sendo elas, a localização e movimento, a detecção e classificação de danos, a reconstrução 3D e a classificação de elementos, estilos e tipologias arquitetônicas.

Os estudos classificados como elegíveis para a leitura estão concentrados nos anos de 2020 percebendo um aumento no ano de 2021 devido ao avanço tecnológico (Internet das Coisas), por razões da limitação das técnicas convencionais e a capacidade de processamento dos dados dos DL. Além disso, destaca-se a possibilidade da realização de tarefas que sejam subjetivas de forma automatizada, com a redução do tempo, custos e riscos. Ao inserir os dados na rede neural, reduz-se significativamente a chance de erro, desde que devidamente treinada.

As novas tecnologias digitais são um avanço para a conservação e restauração do edifício patrimonial, quando combinadas apresentam resultados que colaboram com a preservação da arquitetura e evitam erros graves que possam afetar a integridade do patrimônio. Além disso, é possível notar a importância da gestão da manutenção nestas edificações e o avanço de estudos nessa área no último ano, associando os mapeamentos das manifestações patológicas com o uso de drone e de scanner a laser 3D.

REFERÊNCIAS

BACHARIDIS, K.; SARRI, F.; RAGIA, L. 3D Building Façade Reconstruction Using Deep Learning. ISPRS International Journal of Geo-Information, [S.L.], v. 9, n. 5, p. 322, 13 mai. 2020. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/ijgi9050322.

BARROS, N. N.; RUSCHEL, R. C. Machine Learning for Whole-Building Life Cycle Assessment: a systematic literature review. Lecture Notes in Civil Engineering, [S.L.], p. 109-122, 14 jul. 2020. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_10.

CONDORELLI, F.; RINAUDO, F. Processing Historical Film Footage with Photogrammetry and Machine Learning for Cultural Heritage Documentation. Proceedings Of The 1St Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia Heritage Contents - Sumac '19, [S.L.], p. 39-46, 2019. ACM Press. http://dx.doi.org/10.1145/3347317.3357248.

DELIGIORGI, M. et al. A 3D digitization workflow for architecture-specific annotation of built heritage. Journal of Archaeological Science: Reports, [S.L.], v. 37, p. 102787, jun. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102787.

DRESCH, A., LACERDA, D.P., ANTUNES JUNIOR, J.A.V. Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement. Springer, Cham (2015).

GONG, Y. et al. Deep Neural Networks for Quantitative Damage Evaluation of Building Losses Using Aerial Oblique Images: case study on the great wall (China). Remote Sensing, [S.L.], v. 13, n. 7, p. 1321, 30 mar. 2021. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/rs13071321.

HATIR, M. E.; BARSTUğAN, M.; İNCE, İ. Deep learning-based weathering type recognition in historical stone monuments. Journal Of Cultural Heritage, [S.L.], v. 45, p. 193-203, set. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2020.04.008.

IPHAN – Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Carta de Burra. 1980. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/portal/baixaFcdAnexo.do?id=251>. Acesso em: 06 set 2021.

KITCHENHAM, B., CHARTERS, S. Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, UK, 2007.

KUMAR, P. et al. Detection of Disaster-Affected Cultural Heritage Sites from Social Media Images Using Deep Learning Techniques. Journal On Computing and Cultural Heritage, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 1-31, 5 out. 2020. Association for Computing Machinery (ACM). http://dx.doi.org/10.1145/3383314.

LAMAS, A. et al. MonuMAI: dataset, deep learning pipeline and citizen science-based app for monumental heritage taxonomy and classification. Neurocomputing, [S.L.], v. 420, p. 266-280, jan. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2020.09.041.

LLAMAS, J. et al. Classification of Architectural Heritage Images Using Deep Learning Techniques. Applied Sciences, [S.L.], v. 7, n. 10, p. 992, 26 set. 2017. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/app7100992.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. Nature, [s.l.], v. 521, n. 7553, p. 436-444, maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1038/nature14539.

MANSURI, L. E.; PATEL, D.A. Artificial intelligence-based automatic visual inspection system for built heritage. Smart And Sustainable Built Environment, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-25, 2 fev. 2021. Emerald. http://dx.doi.org/10.1108/sasbe-09-2020-0139.

MORBIDONI, C. et al. Learning from Synthetic Point Cloud Data for Historical Buildings Semantic Segmentation. Journal On Computing And Cultural Heritage, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 1-16, 8 dez. 2020. Association for Computing Machinery (ACM). http://dx.doi.org/10.1145/3409262.

OBESO, A. M. et al. Architectural style classification of Mexican historical buildings using deep convolutional neural networks and sparse features. Journal Of Electronic Imaging, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 011016, 19 dez. 2016. SPIE-Intl Soc Optical Eng. http://dx.doi.org/10.1117/1.jei.26.1.011016.

PICCIALLI, F. et al. A Deep Learning approach for Path Prediction in a Location-based IoT system. Pervasive And Mobile Computing, [S.L.], v. 66, p. 101210, jul. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2020.101210.

PIERDICCA, R. et al. Point Cloud Semantic Segmentation Using a Deep Learning Framework for Cultural Heritage. Remote Sensing, [S.L.], v. 12, n. 6, p. 1005, 20 mar. 2020. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/rs12061005.

TAOUFIQ, S.; NAGY, B.; BENEDEK, C. HierarchyNet: hierarchical CNN-based urban building classification. Remote Sensing, [S.L.], v. 12, n. 22, p. 3794, 19 nov. 2020. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/rs12223794.

YIN, Y.; ANTONIO, J. Application of 3D laser scanning technology for image data processing in the protection of ancient building sites through deep learning. Image And Vision Computing, [S.L.], v. 102, p. 103969, out. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.imavis.2020.103969.

GERAÇÃO DE MODELO BIM DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA VIA INTEGRAÇÃO DE DESENHOS EXISTENTES E RESTITUIÇÕES FOTOGRAMÉTRICAS DIGITAIS

BIM model generation of historical building via integration of existing drawings and digital photogrammetric restitutions

Pablo Henrique Neves Barreto

Mestrando, Universidade Federal da Bahia, pablo.barreto@ufba.br

Natalie Johanna Groetelaars

Doutora, Universidade Federal da Bahia, natgroet@ufba.br

Resumo

Esse trabalho apresenta um estudo de uso da fotogrametria digital (sistema terrestre e aerotransportado) para geração de produtos a serem integrados a um levantamento existente de uma edificação histórica, visando a obtenção de dados necessários e atualizados para a criação de um modelo BIM. Inicia-se o artigo com a revisão bibliográfica sobre técnicas de captura, processamento de dados e modelagem BIM de edificações existentes, depois apresenta-se o experimento prático realizado no casarão histórico da Escola de Belas Artes da Universidade Federal da Bahia (UFBA), envolvendo a aquisição, o processamento dos dados fotogramétricos e a modelagem BIM, com uso integrado de nuvens de pontos e desenhos existentes. Ao final, discute-se as potencialidades e limitações do método utilizado.

Palavras-chave: BIM; *Dense Stereo Matching*; Patrimônio Arquitetônico; Levantamento Cadastral; Fotogrametria Digital

Abstract

This work presents a study of the use of digital photogrammetry (terrestrial and airborne systems) to generate products to be integrated into an existing survey of a historic building, aiming to obtain the necessary and updated data for the creation of a BIM model. The article begins with a literature review on techniques of capture, data processing and BIM modeling of existing buildings, then presents the practical experiment carried out in the historic building Fine Arts School of Federal University of Bahia (UFBA), involving the acquisition and processing of photogrammetric data and BIM modeling, with integrated use of point clouds and existing drawings. At the end, the potentialities and limitations of the used method are discussed.

Keywords: *BIM; Dense Stereo Matching; Architectural Heritage; Cadastral Survey; Digital Photogrammetry*

1. INTRODUÇÃO

Os métodos tradicionais de levantamento cadastral de edificações (como o uso de medição direta e métodos topográficos) apresentam limitações, principalmente quando se trata de objetos complexos e de grandes dimensões, resultando em um processo lento, de custo elevado e geralmente pouco preciso.

Contudo, *3D Laser Scanning* e a Fotogrametria Digital representam o estado da arte em métodos para aquisição de dados geométricos. A grande vantagem da Fotogrametria é a possibilidade de utilização de equipamentos de uso geral e de baixo custo, e a sua flexibilidade, uma vez que pode ser aplicada para o levantamento de diversos tipos de objetos (de diferentes formas e escalas).

Nesse sentido, esse trabalho apresenta um estudo de uso da fotogrametria digital (sistema terrestre e aerotransportado) para geração de produtos a serem integrados a um levantamento existente de uma edificação histórica, visando a obtenção de dados necessários e atualizados para a criação de um modelo BIM do "Casarão Rosa" da Escola de Belas Artes – EBA da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Inicia-se o artigo com a revisão bibliográfica, depois apresenta-se e discute-se o experimento prático realizado no edifício histórico, envolvendo a aquisição e o processamento dos dados fotogramétricos e a modelagem BIM.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Essa seção apresenta inicialmente uma breve descrição do "Casarão Rosa" da EBA-UFBA. Na sequência, trata sobre técnicas de captura e processamento de dados, e de processos envolvendo a modelagem BIM de edificações existentes.

2.1. O Casarão da EBA-UFBA

Construído por volta de 1870 e tombado no ano de 2003 (BAHIA, 2003a, 2003b), o Casarão da EBA (Figura 1) originalmente funcionava como residência particular, permanecendo-se assim até o ano de 1940 quando se tornou um asilo franciscano (AMMA, s.d.). Posteriormente, sediou a Escola de Geologia (1957 a 1969), até a criação do Instituto de Geociências, quando se tornou Escola de Belas Artes da UFBA (IGEO, 2018; PARAÍSO, 2010).



Figura 1: "Casarão Rosa" da Escola de Belas Artes da UFBA. Fonte: Fotografia de Natalie Groetelaars.

A edificação em estilo neoclássico possui dois pavimentos e área total de 1.007,17 m². Há poucas informações disponibilizadas sobre o Casarão na base de dados institucional. Apesar do controle de ordens de serviços via sistema, diversas informações encontram-se dispersas, não sistematizadas ou não foram localizadas (UFBASIM, 2021).

2.2. Técnicas de captura e processamento de dados

Com o avanço tecnológico, é crescente a combinação de tecnologias para captura de dados geométricos para servir como base para a modelagem BIM. Dentre essas, destacam-se os métodos ativos, com emissão de feixes de raios laser (*3D Laser Scanning* terrestre ou aerotransportado), e os métodos passivos, baseados no processamento de imagens (Fotogrametria Digital terrestre ou aérea) (RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ *et al.*, 2017). De modo geral, são técnicas complementares, representando o estado da arte quando associadas e integradas a múltiplas tecnologias (SUWARDHI *et al.,* 2015). De fato, vários estudos combinam estas metodologias para o registro tridimensional do patrimônio (BRUNO; RONCELLA, 2019; CASTELLANO-ROMÁN; PINTO-PUERTO, 2019; BRUNO *et al.,* 2019).

Enquanto o uso de *3D Laser Scanning* se destaca com relação à maior rapidez e precisão na aquisição dos dados geométricos (FREGONESE *et al.,* 2015; NOOR *et al.,* 2019), levantamentos apoiados em fotogrametria vêm ganhando espaço, em função do custo mais acessível (MURPHY *et al.,* 2017). Adicionalmente, esta segunda técnica demonstra potencialidade para captura de texturas e cores dos objetos, em que os resultados do *3D laser scanning* nem sempre são melhores. Oliveira (2008, p. 89) ressalta a capacidade da fotogrametria para "produzir um documento autêntico", em que acurácia e exatidão em levantamentos ligados à preservação do patrimônio são essenciais. Exemplos desses estudos incluem: mapeamento de patologias como o desenvolvido por Galantucci e Fatiguso (2019) (Figura 2), digitalização de acervos históricos (BITELLI *et al.,* 2019), dentre outros.

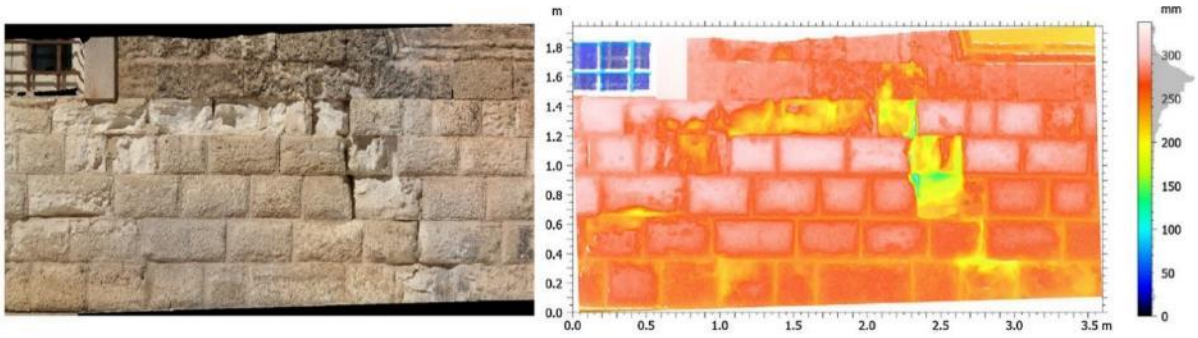


Figura 2: Estudo de alvenaria – foto (à esquerda) e mapeamento de fissuras (à direita), produzido com fotogrametria e software Talymap 3D. Fonte: Adaptado de Galantucci e Fatiguso (2019, p. 57).

Dentre os principais produtos fotogramétricos, destacam-se as nuvens de pontos, os modelos de superfícies texturizados (simplificados ou em malhas triangulares irregulares) e as ortofotos. Esses, por sua vez, podem ser usados para a geração de produtos derivados como desenhos, modelos geométricos (sólidos ou superfícies), animações, aplicações em Realidade Virtual ou Aumentada, ou ainda, como base para a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM), foco desse trabalho.

A fotogrametria digital pode ser classificada em dois grandes grupos: a que utiliza técnicas interativas e a realizada através de métodos automatizados - *Dense Stereo Matching* (DSM). O DSM baseia-se na correlação automática de conjuntos de *pixels* homólogos entre as fotos tomadas de diferentes ângulos, visando a reconstrução das coordenadas tridimensionais dos pontos do objeto, através da criação do modelo do tipo nuvem de pontos ou a malha triangular irregular, também chamada de *Triangular Irregular Network* – TIN (GROETELAARS, 2015).

As etapas principais de um levantamento fotogramétrico consistem em:

- levantamento em campo – que inclui a tomada fotográfica e obtenção de medidas para a posterior determinação da escala real do objeto restituído;
- processamento das fotos em programas para Fotogrametria Digital, visando a geração de diversos produtos, tais como nuvens de pontos, modelos em malha TIN texturizada, ortofotos;
- pós-processamento dos produtos fotogramétricos em ferramentas específicas para geração de produtos derivados, como desenhos, modelos geométricos (de superfícies ou sólidos), modelo BIM, fabricação digital etc.

Apesar de suas potencialidades, as técnicas fotogramétricas apresentam algumas limitações, principalmente relacionadas ao levantamento do interior das edificações, considerando a compartimentação, o mobiliário e os obstáculos que impedem seu registro adequado (GROETELAARS, 2004, 2015).

2.3. Processos de modelagem

As nuvens de pontos ou malhas TIN, podem ser usadas como base para a geração de vários produtos, mas para tanto, são necessários alguns processos, alguns deles apoiados em programas específicos para as seguintes aplicações: (1) Fotogrametria Digital, como Agisoft Metashape e PhotoModeler, para atribuição da escala real, limpeza da nuvem de pontos e geração de ortofotos; (2) manipulação de nuvens de pontos, como Autodesk Recap Pro e Cyclone, para recorte da nuvem de pontos, conversão de formatos, dentre outros; (3) geração de desenhos, modelos geométricos ou modelos BIM, como ferramentas CAD (AutoCAD, Rhinoceros etc.) ou CAD-BIM (ArchiCAD, Revit etc.), detalhadas a seguir.

A modelagem BIM de edificações existentes pode ser baseada em:

(1) Processos tradicionais com uso de desenhos existentes - sejam cadastros em CAD ou croquis com medidas realizadas a partir de medição direta;

(2) Manipulação e interpretação de nuvens de pontos - podendo se apoiar em somente em ferramentas BIM, ou incorporar ferramentas para modelagem de formas complexas, como Rhinoceros ou Blender, por exemplo;

(3) Método híbrido - apoiado em desenhos e produtos gerados por sistemas de varredura, conforme proposto nesse trabalho.

Esse processo híbrido é interessante, pois permite a utilização de diferentes técnicas de levantamento e possibilita a verificação, atualização ou complementação das informações existentes de um cadastro realizado anteriormente, a partir da sobreposição de informações contidas no modelo de nuvem de pontos.

A etapa inicial do processo híbrido consiste em importar os desenhos CAD para o software de modelagem BIM. Em seguida, importa-se o modelo de nuvem de pontos posicionando-o no mesmo ponto de origem e rotação adotados para a inserção das plantas baixas em DWG, para que possam ser realizados o alinhamento e a sobreposição de ambas as informações geométricas da edificação, e as análises e ajustes necessários. Inicia-se então, a modelagem paramétrica dos elementos construtivos a partir da extração de informações geométricas (seções, formas, dimensões e localização dos objetos) e a inserção dos dados semânticos (dados históricos, informações sobre patologias, materiais construtivos etc.), conforme a aplicação pretendida.

2.3.1 Desafios na modelagem de edificações históricas

No caso de elementos construtivos mais complexos, são necessárias estratégias assertivas para o desenvolvimento da modelagem. Um exemplo disso pode ser visto em Brumana e colaboradores (2018), que citam o processo de modelagem das abóbodas do *Pallazzo Magio Grasselli* (Figura 3).

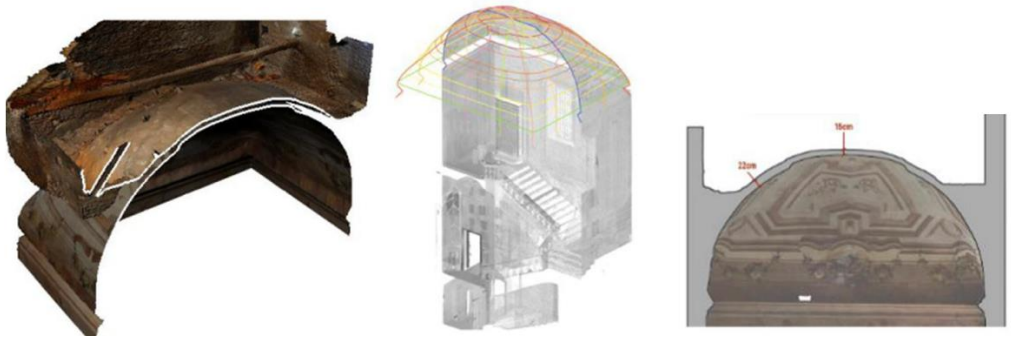


Figura 3: Processo de modelagem de abóboda. Fonte: Adaptado de Brumana e colaboradores (2018, p.11).

Nessa edificação, os autores buscavam entender como se dera o processo construtivo das abóbodas. Assim, após a captura de dados geométricos via *3D laser scanner,* fotogrametria e câmeras termográficas, foram empregados os softwares Rhinoceros, Agisoft Photoscan e Autodesk Revit para a geração do modelo geométrico texturizado.

Brumana e colaboradores (2018) chamam atenção da necessidade de modelos texturizados e de boa qualidade para representar o patrimônio histórico, devendo-se evitar simplificações excessivas no modelo BIM (Figura 3). Contudo, Chiabrando e colaboradores (2016) afirmam que em determinadas situações torna-se necessário realizar a simplificação do modelo, em função de questões operacionais e de processamento das informações (Figura 4).



Figura 4: Detalhe de modelo simplificado (b), comparado à riqueza de texturas do espaço real (a). Fonte: Adaptado de Chiabrando e colaboradores (2016).

Diversos autores citam o uso de ferramentas para representação de formas complexas através de malhas triangulares, no entanto, destacam problemas para modificação nos parâmetros desses tipos de objetos inseridos no ambiente de modelagem BIM (YANG et al., 2019). Nesse caso, apenas consultas e atualizações semânticas desses elementos são viáveis.

Nesse sentido, cabe uma reflexão sobre a viabilidade e real necessidade de cada técnica a ser adotada para o desenvolvimento de modelos da informação consistentes com a finalidade a que se destinam.

3. EXPERIMENTO PRÁTICO

Essa sessão apresenta e discute o experimento realizado no edifício "Casarão Rosa" da EBA-UFBA. A primeira etapa do trabalho envolveu uma consulta documental sobre o objeto de estudo e visitas *in loco*. Além disso, foram realizados contatos com a Superintendência do Meio Ambiente e Infraestrutura (SUMAI) da UFBA, responsável pela manutenção do imóvel estudado, para triagem do material disponível sobre a edificação. Alguns professores também foram consultados, possibilitando o acesso a documentos e desenhos da edificação e a visita à mesma para realização de medições, anotações e tomadas fotográficas.

3.1. Aquisição e verificação de dados geométricos

Com o auxílio de plantas baixas e fachadas disponibilizadas, foram realizadas medições com trenas manual e a laser (Xiomi Duka LS-P), de modo a conferir e atualizar algumas informações para a etapa de modelagem. As Figuras 5 e 6 ilustram as plantas baixas e a fachada principal da edificação, respectivamente.

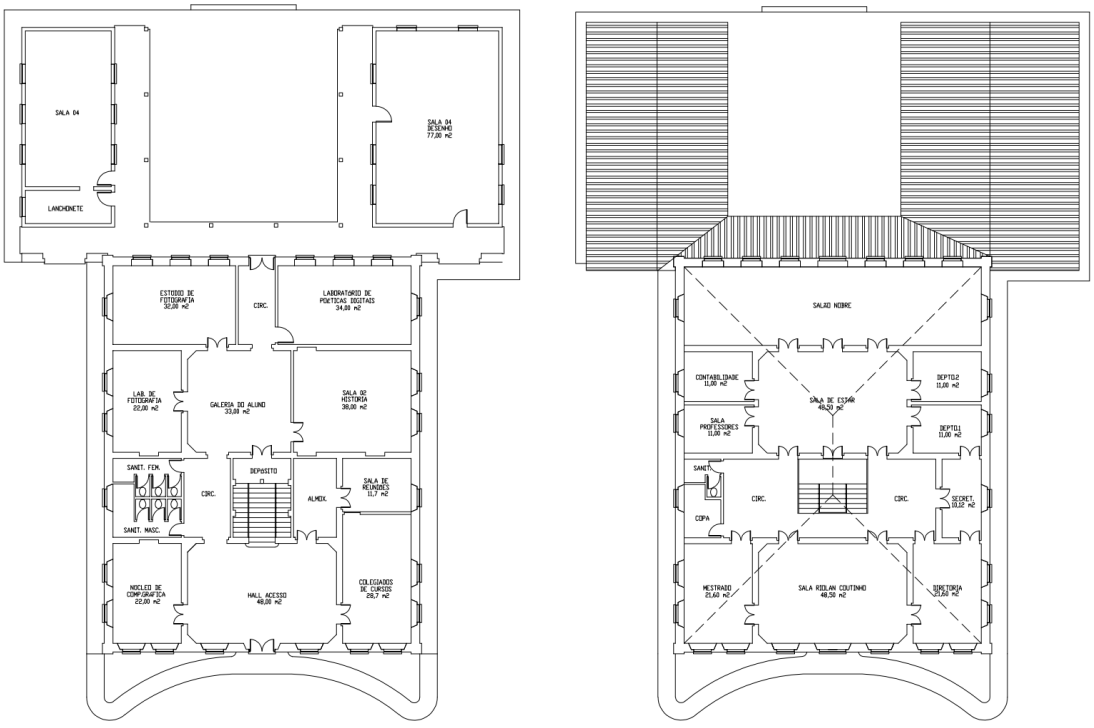


Figura 5: Plantas existentes (pavimentos térreo e superior).
Fonte: Profª Maria Herminia Olivera Hernández, 2007.

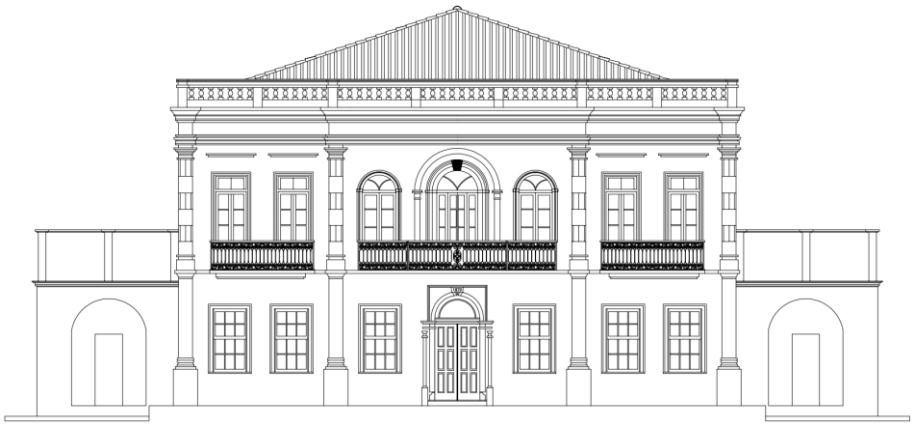


Figura 6: Fachada sudeste (principal da edificação). Fonte: Profª Maria Herminia Olivera Hernández, 2007.

Como método de baixo custo e diante da disponibilidade de realização de capturas de imagens via *drone*, a fotogrametria digital foi utilizada neste estudo principalmente para o levantamento do exterior da edificação, com vistas à complementação de um cadastro existente, disponibilizado pela instituição.

Após o levantamento de dados realizado *in loco*, foi possível uma atualização das plantas baixas inicialmente fornecidas, com ajustes no posicionamento de paredes, inclusão de elementos e dados não contemplados no material anterior, conforme a Figura 7.

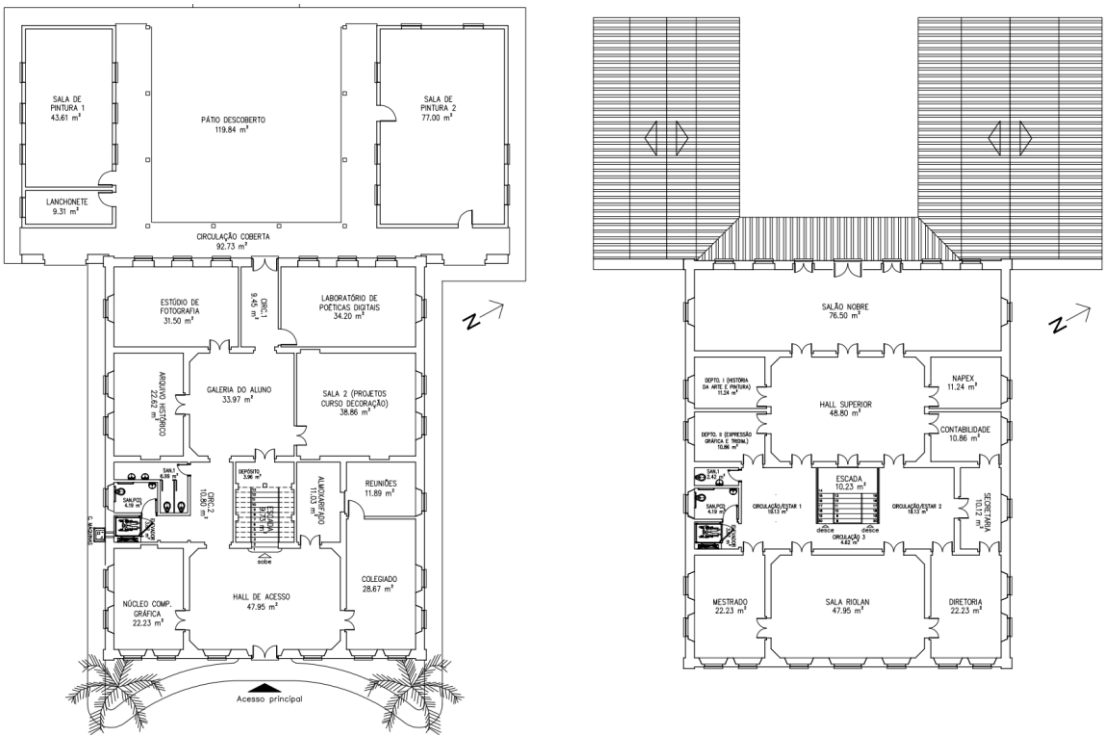


Figura 7: Planta atualizada (pavimentos térreo e superior). Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de material cedido pela Profª Maria Herminia Olivera Hernández, 2007.

Além dessa atualização nas plantas baixas, sentiu-se necessidade de um levantamento sobre o estado de conservação do imóvel. Nesse sentido, observou-se a incidência de algumas patologias no interior da edificação, tais como desgastes da antiga instalação elétrica (ainda em operação), infiltrações nas paredes e esquadrias, e indícios de ataques de xilófagos nas esquadrias de madeira. Assim, optou-se em um primeiro momento, pelo levantamento fotogramétrico externo do Casarão, para posterior detalhamento de ambientes internos (etapa futura da pesquisa).

Desse modo, utilizou-se uma câmera Sony DSC-HX7V, com resolução de 4.608 x 3.456 *pixels*. Além disso, imagens aéreas foram produzidas pela câmera DJI FC7203 do drone DJI Mavic Mini 1, com resolução 4.00 x 2.250 *pixels*, possibilitando a visualização de áreas de difícil acesso.

Para o processamento dessas imagens, utilizou-se o software Agisoft Photoscan instalado em notebook Core (TM) i7-9750H, 16 GB (RAM). Para a geração da nuvem de pontos, foram selecionadas 607 fotos (285 terrestres e 322 aéreas), com o parâmetro de qualidade média, resultando em uma nuvem de 18.543.578 pontos, após 3 h 18 min de processamento.

Foi necessária uma limpeza de pontos excedentes e indesejados, pois alguns elementos do entorno (como vegetações e prédios vizinhos) causavam obstruções para a visualização da edificação (Figura 8).

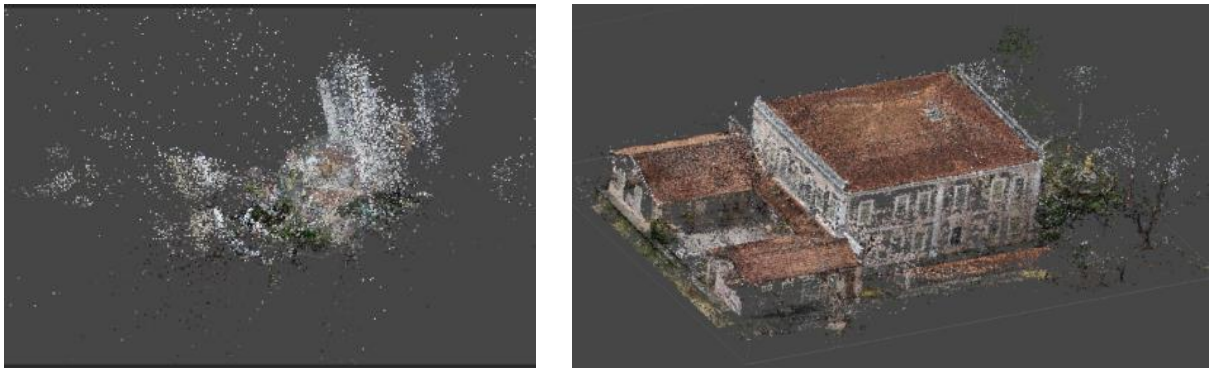


Figura 8: Nuvem de pontos antes e depois da limpeza. Fonte: Elaborado pelos autores.

Posteriormente, foi gerada, a partir da nuvem de pontos, uma malha TIN composta por 1.236.064 faces e 618.119 vértices (tempo de processamento de 49 s). Na sequência, gerou-se a malha texturizada após 44 min 39 s de processamento no Photoscan (Figura 9).



Figura 9: Malha TIN texturizada do Casarão Rosa (vistas para a fachada principal e posterior, respectivamente). Fonte: Elaborado pelos autores.

Na fase seguinte, foi feita uma medição da largura da fachada principal no Photoscan para verificação da diferença com relação à medida realizada *in loco* (Figura 10), observando-se uma diferença de 2,69 vezes a mais. Ou seja, comparou-se a largura da fachada representada na nuvem de pontos (49,80 m) com a largura real aferida (18,50 m).



Figura 10: Medição sobre o modelo em escala desconhecida no Photoscan. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para atribuição da escala real (1:1) sobre a nuvem de pontos e para alinhamento (rotação) do modelo de acordo com as vistas principais (paredes na vertical e fachadas alinhadas aos planos cartesianos) foi necessário usar um artifício para captura de coordenadas de alguns pontos de referência, uma vez que não foi feito o levantamento topográfico de pontos de controle, nem usados alvos previamente posicionados (em nível e em prumo) sobre a fachada.

O método adotado para obtenção dessas coordenadas baseou-se na ortofoto da fachada principal gerada no Photoscan, que tinha uma quantidade maior de anotações feitas em campo. Importou-se a ortofoto (imagem *raster*) no Autocad, atribuiu-se a escala real da mesma (baseada em medida horizontal conferida *in loco*) e obteve-se os valores das coordenadas absolutas de quatro pontos, associados a elementos construtivos posicionados horizontal e verticalmente (Figura 11). Os valores das coordenadas foram anotados e associados a marcadores (*Markers*) correspondentes criados no Photoscan. Com isso, foi possível a correção da escala e da orientação da nuvem de pontos (Figura 12).



Figura 11: Identificação de coordenadas de referência sobre ortofoto no AutoCAD. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 12: Malha TIN texturizada no Photoscan após a correção da escala. Fonte: Elaborado pelos autores.

A etapa seguinte foi a exportação da nuvem de pontos do Photoscan (já com a atualização da escala e rotação) em formato LAS para o programa Recap Pro 2022 (Figura 13) visando a conversão para o formato RCS, compatível com o Revit. Finalmente, iniciou-se o processo de modelagem BIM da edificação no Revit, descrito a seguir.

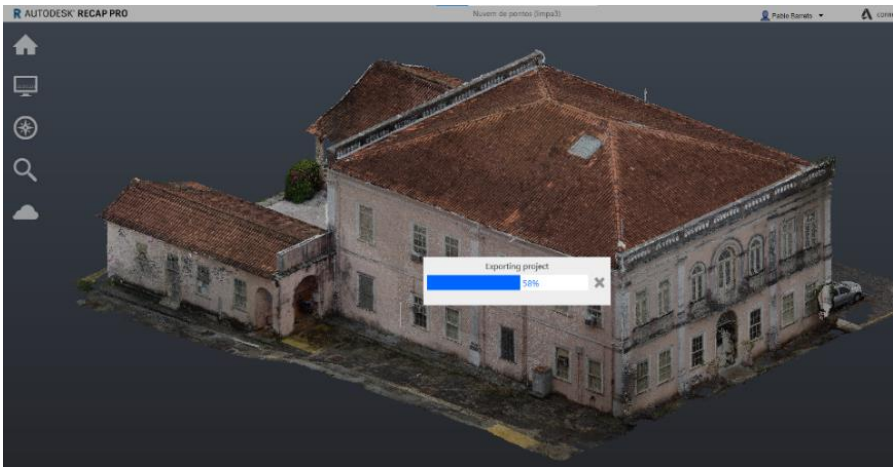


Figura 13: Processo de conversão do arquivo de LAS para RCS. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2. Geração do modelo BIM preliminar

Nesse estudo, gerou-se um modelo BIM simplificado, tomando-se como referência a nuvem de pontos gerada por DSM sobreposta ao cadastro atualizado em DWG (Figura 14). Na Figura 15 pode-se verificar a sobreposição da nuvem de pontos com o modelo BIM gerado.



Figura 14: Sobreposição da nuvem de pontos e planta baixa inseridas no Revit. Fonte: Elaborado pelos autores.

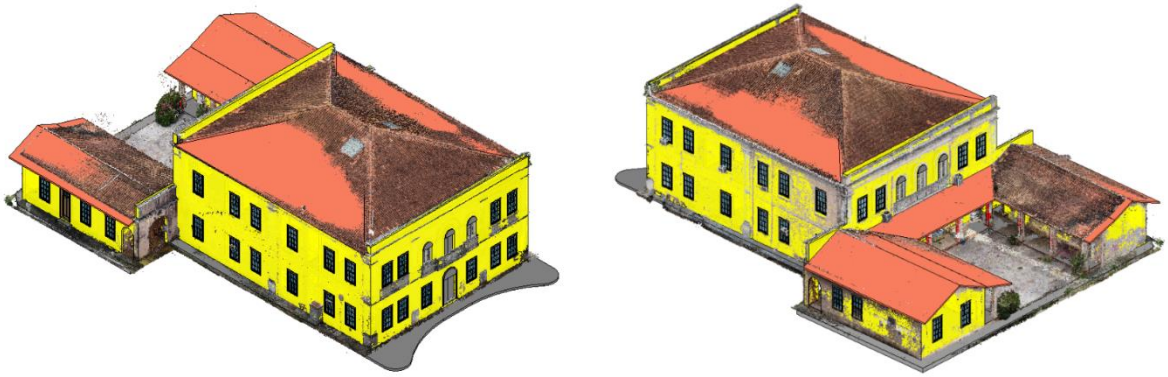


Figura 15: Sobreposição do modelo BIM com a nuvem de pontos (vista da fachada principal e posterior, respectivamente). Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de geração do modelo BIM no Revit baseou-se nas informações presentes nos dois tipos de levantamentos. Considerando-se que algumas informações não estavam disponíveis no cadastro inicial fornecido, como inclinação dos telhados, por exemplo, foram realizados fatiamentos da nuvem de pontos para melhor visualização de detalhes, possibilitando a modelagem da cobertura e de outros elementos construtivos, conforme eram visualizados na nuvem de pontos seccionada (em planta ou em corte) ou inteira (em perspectiva).

Com o auxílio da planta atualizada, foi elaborada a divisão geral interna dos ambientes no modelo BIM, e determinados os posicionamentos das portas e janelas das fachadas. As elevações do cadastro em DWG foram também analisadas comparando-as com a nuvem de pontos e as fotos realizadas no local. Esse processo possibilitou ajustes na modelagem BIM. Conforme a nuvem de pontos ilustrada na Figura 16b, as platibandas dos blocos posteriores da edificação possuem uma diferença de altura, diferentemente do que está representado no arquivo DWG da fachada (Figura 16a).

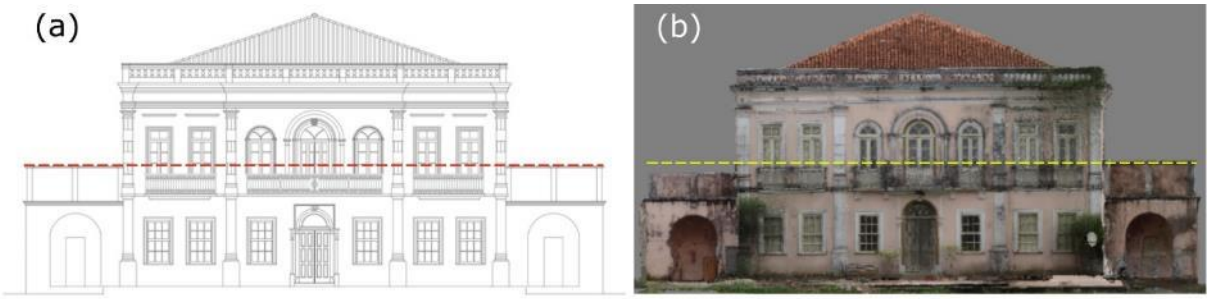


Figura 16: Comparação do desenho existente da fachada principal (a) com a nuvem de pontos (b). Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a representação de alguns elementos repetitivos como portas e janelas, foram utilizadas algumas famílias existentes no programa ou baixadas em bibliotecas gratuitas para representação genérica (Figura 17), com ajustes das medidas correspondentes.

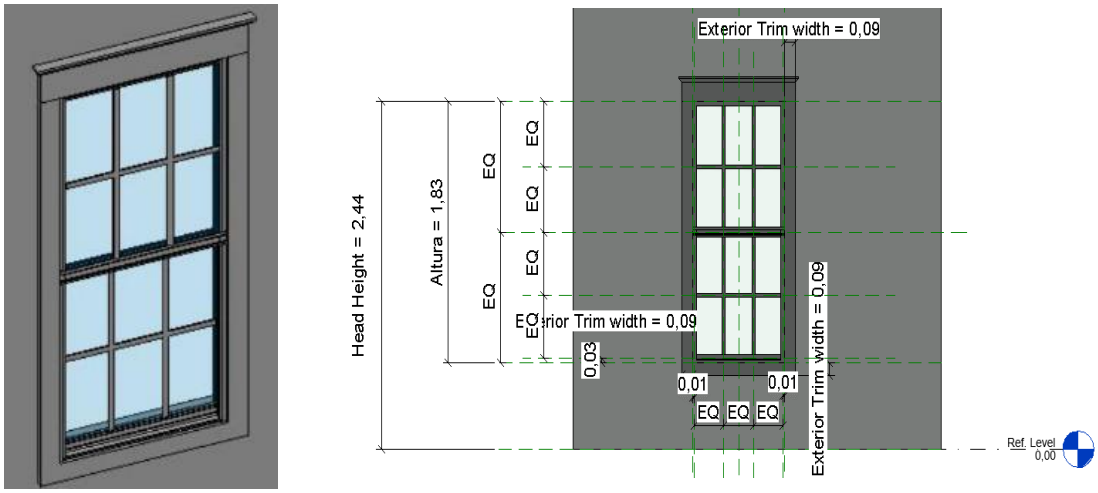


Figura 17: Família de janela tipo guilhotina. Fonte: Jeff Frazier, 2008. Disponível em: https://www.revitcity.com/downloads.php?action=view&object_id=5278. Acesso: 28 ago. 2021.

Alguns elementos arquitetônicos, como os gradis (Figura 18), não foram modelados nessa etapa. Houve uma simplificação também na representação da cobertura, uma vez que foram desconsideradas as irregularidades presentes nas águas do telhado (Figura 19).



Figura 18: Gradis do Casarão. Fonte: Fotografias de Natalie Groetelaars.

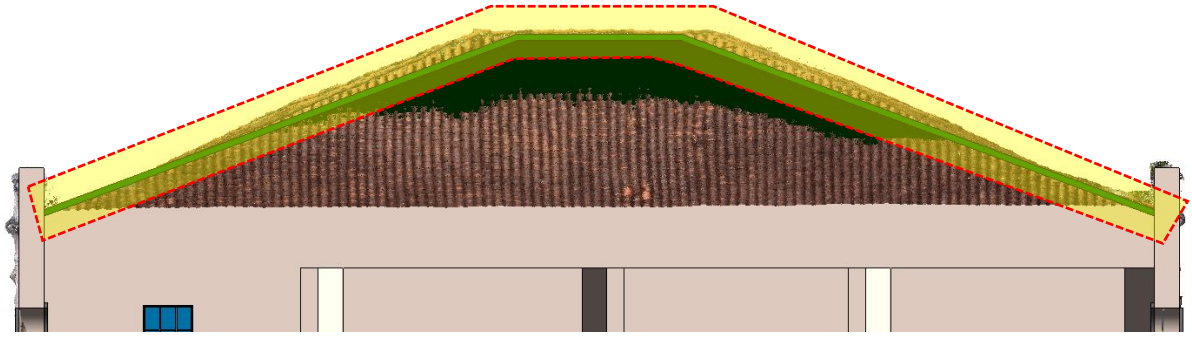


Figura 19: Corte mostrando a comparação entre a secção do telhado na nuvem de pontos com mesmo trecho modelado no Revit (em verde). Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra dificuldade de modelagem, também relacionada ao telhado, foi a questão das águas com inclinações variáveis (Figura 20) do bloco posterior da edificação. Isso dificultou a modelagem da cobertura para que a mesma se aproximasse das formas reais, já que os projetos fornecidos não possuíam esse grau de detalhamento.

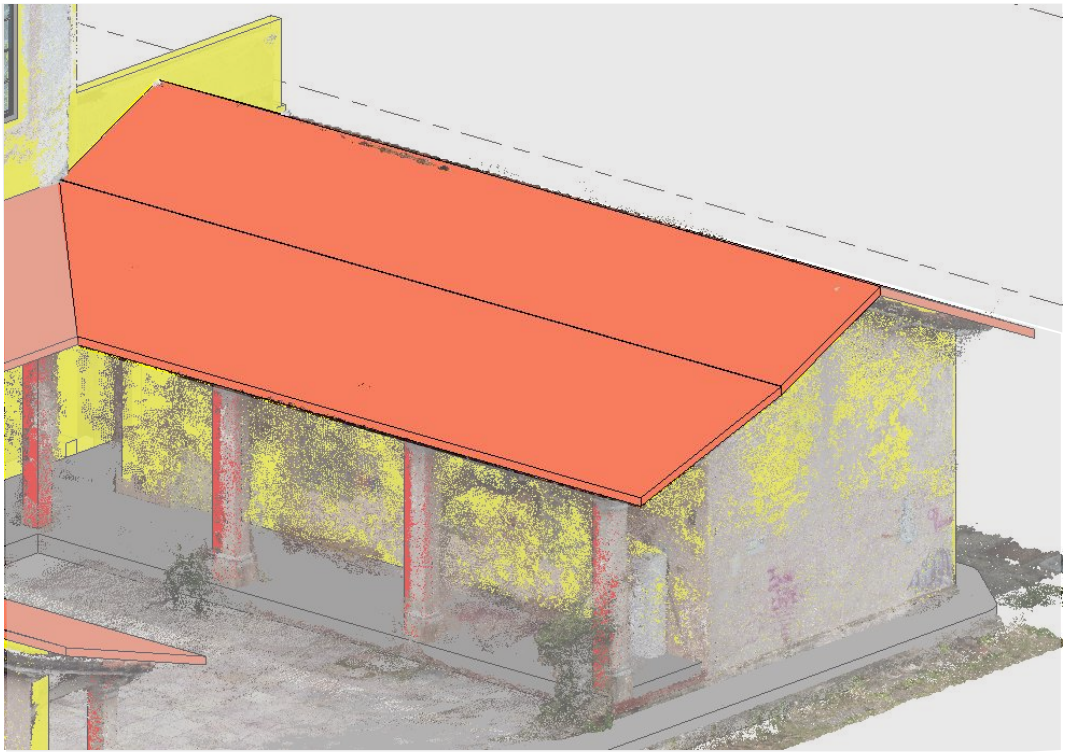


Figura 20: Sobreposição do modelo BIM com a nuvem de pontos: diferentes inclinações da cobertura.
Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo será complementado posteriormente, incluindo questões mais específicas para a manutenção de edificações históricas. A pesquisa em curso, da qual este *paper* faz parte, possui então, um leque mais amplo de alcance, com a busca por melhorias em serviços de manutenção, através da sistematização das informações de apoio para atividades de manutenção do espaço construído.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do experimento realizado e da bibliografia consultada, é possível fazer algumas considerações sobre as técnicas e processos adotados.

Cabe destacar a importância e complementaridade dos produtos resultantes dos dois tipos de levantamento utilizados como base para a modelagem BIM: desenhos obtidos por medição direta e nuvem de pontos/ortofotos obtidos por fotogrametria (terrestre e aérea).

Os arquivos em DWG foram essenciais para agilizar na atualização de informações obtidas em campo e para o entendimento organizacional do funcionamento da edificação. Foi possível ainda, verificar e atualizar a distribuição geral de ambientes, estudar a relação do prédio com os blocos no entorno do *campus*, bem como observar detalhes construtivos e peculiaridades arquitetônicas.

Por outro lado, a fotogrametria (terrestre e aérea) permitiu um registro mais detalhado do exterior da construção, mostrando particularidades de elementos arquitetônicos e a representação de partes elevadas. Já as ortofotos produzidas, foram cruciais para subsidiar os processos de correção de escala, rotação e alinhamento de algumas informações obtidas pela tomada fotográfica terrestre, aérea (via drone), com as medições realizadas *in loco* e o material existente em CAD.

Embora a nuvem de pontos gerada a partir de Fotogrametria digital tenha possibilitado um resultado interessante, para um levantamento mais rigoroso e com maior controle da precisão, seria importante o uso de alvos, aplicados em nível e em prumo, ou um levantamento topográfico de apoio, para cadastro de coordenadas absolutas de alguns pontos de controle diretamente sobre a edificação.

Com relação à modelagem no Revit, ficou evidente a dificuldade de representação de objetos complexos e irregulares. Alguns objetos específicos, como portas e janelas arqueadas precisaram ser simplificados, substituídos no modelo por famílias genéricas do Revit, dada a riqueza de detalhes, cuja representação não era necessária nessa etapa da pesquisa.

Nessa perspectiva, o modelo desenvolvido, embora pouco detalhado, já serviria como base de apoio para alguns estudos, como análise volumétrica, extração de quantitativos ou base para planejamento de intervenções de reparo e manutenção, por exemplo.

Portanto, na etapa de detalhamento posterior, uma vez que o modelo BIM esteja consolidado, poderá ser alimentado e atualizado quando necessário, tornando-se uma importante ferramenta de planejamento, objeto de estudos e referência para um banco de dados de integração informacional.

Conclui-se que a metodologia utilizada apresentou vantagens para a documentação arquitetônica de edificações históricas, considerando-se o baixo custo operacional, a inexistência de informações mais detalhadas e a necessidade de acesso a elementos fisicamente difíceis de serem vistoriados.

AGRADECIMENTOS

Aos Docentes da Escola de Belas Artes da UFBA: Profª. Nanci Santos Novais e Prof.ª Maria Herminia Olivera Hernández pelo acesso, informações, projetos e documentos consultados. Em especial, ao Prof. José Carlos Mamede, pelas informações e fotos aéreas disponibilizadas. Aos Professores da Faculdade de Arquitetura da UFBA: Arivaldo Leão de Amorim pelas orientações e Prof. Fábio Velame pelo acesso e informações sobre a Superintendência do Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI).

REFERÊNCIAS

AMMA. Abrigo Mariana Magalhães. Quem somos. s. d. Disponível em: http://www.amma.net.br/. Acesso em: 21 ago. 2021.

BAHIA (Estado). Decreto nº 8.722 de 05 de novembro de 2003 da Bahia. Promove o tombamento do bem de valor cultural que indica e dá outras providências. Salvador: Instituto Do Patrimônio Artístico E Cultural Da Bahia (IPAC). Estudo para tombamento – Escola de Belas Artes - UFBA. Processo Nº: 0002/87. Salvador, BA, 4 fev. 2003a.

BAHIA (Estado). Instituto Do Patrimônio Artístico E Cultural Da Bahia (IPAC). Estudo para tombamento – Escola de Belas Artes - UFBA. Processo Nº: 0002/87. Salvador, BA, 4 fev. 2003b.

BITELLI, G.; GATTA, G.; GUCCINI, A.; ZAFFAGNINI, A. GIS and Geomatics for archive documentation of an architectural project: The case of the big Arc of entrance to the Vittorio Emanuele II Gallery of Milan, by Giuseppe Mengoni (1877). Journal of Cultural Heritage, v. 38, p. 204-212, 2019.

BRUMANA, Raffaella; CONDOLEO, Paola; GRIMOLDI, Alberto; BANFI, Fabrizio; LANDI, Angelo Giuseppe PREVITALI, Mattia. HR LOD based HBIM to detect influences on geometry and shape by stereotomic construction techniques of brick vaults. Applied Geomatics, v. 10, n. 4, p. 529-543, 2018.

BRUNO, Nazarena; RONCELLA, Riccardo. HBIM for conservation: A new proposal for information modeling. Remote Sensing, v. 11, n. 15, p. 1751, 2019.

BRUNO, Silvana; MUSICCO, Antonella; FATIGUSO, Fabio; DELL'OSSO, Guido R. The Role of 4D Historic Building Information Modelling and Management in the Analysis of Constructive Evolution and Decay Condition within the Refurbishment Process. International Journal of Architectural Heritage, p. 1-17, 2019.

CASTELLANO-ROMÁN, Manuel; PINTO-PUERTO, Francisco. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, v. 14, p. e00110, 2019.

CHIABRANDO, Filiberto; SAMMARTANO, G.; SPANÒ, A. Historical buildings models and their handling via 3D survey: from points clouds to user-oriented HBIM. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, v. 41, 2016.

FREGONESE, Luigi et al. BIM: An integrated model for planned and preventive maintenance of architectural heritage. In: 2015 Digital Heritage. IEEE, 2015. p. 77-80.

GALANTUCCI, Rosella Alessia; FATIGUSO, Fabio. Advanced damage detection techniques in historical buildings using digital photogrammetry and 3D surface anlysis. Journal of Cultural Heritage, v. 36, p. 51-62, 2019.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Criação de Modelos BIM a partir de "nuvens de pontos": estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Um estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. 2004. 257 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

IGEO, um instituto multivocacionado. Produção e reportagem: Gisele Santana. Produção operacional: Dan Hudson. Edição: Gisele Santana e Dan Hudson. Imagens: Danilo Duarte; Dan Hudson; Nattan Cerqueira; Isadora Sarno; Bia Penido; Lincoln Aramaiko. Técnico de Áudio: Nattan Cerqueira e Danilo Duarte. Assistente de Produção: Laila Nery. Vinheta: Iara Patiño e Nívea Anunciação. Coordenação: Mariluce Moura. In: EDGARDIGITAL. TV UFBA, 10 jun. 2018. Disponível em: http://www.edgardigital.ufba.br/?p=8155. Acesso em: 21 ago. 2021.

MURPHY, Maurice et al. Armagh observatory-historic building information modelling for virtual learning in building conservation. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, v. 42, 2017.

NOOR, Salma et al. Modeling and representation of built cultural heritage data using semantic web technologies and building information model. Computational and Mathematical Organization Theory, v. 25, n. 3, p. 247-270, 2019.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. A Documentação como Ferramenta de Preservação da Memória: Cadastro, Fotografia, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia. Brasília: IPHAN / Programa Monumenta, 2008. 144 p.

PARAÍSO, Juarez. Escola de Belas Artes. In: TOUTAIN, Lídia Maria Batista Brandão; SILVA, Rubens Ribeiro Gonçalves da (org.). UFBA: do século XIX ao século XXI. EDUFBA, 2010.

RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, Pablo et al. 4D Reconstruction and visualization of Cultural Heritage: Analyzing our legacy through time. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 42, p. 609, 2017.

SUWARDHI, Deni et al. Digital 3D Borobudur-Integration of 3D surveying and modeling techniques. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 40, n. 5, p. 417, 2015.

UFBASIM. Sistema Integrado de Patrimônio, Administração e Contratos (SIPAC). UFBASIM: Sistemas Integrados e Modernos. Salvador, 2021. Disponível em: https://ufbasim.ufba.br/sipac. Acesso em: 20 ago. 2021.

YANG, Xiucheng et al. HBIM modeling from the surface mesh and its extended capability of knowledge representation. ISPRS International Journal of Geo-Information, v. 8, n. 7, p. 301, 2019.

TECNOLOGIAS APLICADAS AO LEVANTAMENTO DE PATRIMÔNIO HISTÓRICO: CASA DE IMIGRAÇÃO ITALIANA NO VALE DO ITAJAÍ

Technologies applied to historical heritage survey: Italian immigration house in the Itajaí Valley

Julia Gabriely Campana Zanella

Graduanda, Universidade Federal de Santa Catarina, jugabriely07@gmail.com

Nallan Francisca da Conceição

Graduanda, Universidade Federal de Santa Catarina, nallan.fran@gmail.com

Maria Eduarda de Melo Altenburg Pierri

Arquiteta e Urbanista, Prefeitura Municipal de Florianópolis, mariaaltenburg@hotmail.com

Renata Silva Campedelli

Graduanda, Universidade Federal de Santa Catarina, rscampedelli@gmail.com

Resumo

Em uma obra de intervenção é necessário realizar um levantamento de dados detalhado a fim de melhor conhecer o bem. No entanto, esse processo pode se tornar extenso e cansativo quando se trata de patrimônio histórico. Atualmente, a principal metodologia de levantamento cadastral envolve processos manuais, tornando essa atividade ainda mais morosa. Com o intuito de realizar um projeto de conservação e restauro em uma residência típica ítalo-brasileira, foi realizado um estudo de caso utilizando as tecnologias disponíveis atualmente para a execução de levantamento, a fim de agilizar o processo e expor os resultados obtidos. Através de uma parceria com uma empresa privada, foram realizadas varreduras a laser 3D, fotogrametria aérea e levantamento fotográfico panorâmico para a documentação da residência estudada. O presente artigo busca explorar os usos dessas tecnologias aplicando-as em um levantamento de residência ítalo-brasileira em Santa Catarina e apresentar os resultados obtidos em campo.

Palavras-chave: Laser scanner 3D; Fotogrametria; Levantamento cadastral; Patrimônio Histórico

Abstract

In an intervention work, it is necessary to carry out a detailed survey of data in order to better understand the property. However, this process can become extensive and tiring when it comes to historical heritage. Currently, the main cadastral survey methodology involves manual processes, making this activity even more time consuming. In order to carry out a conservation and restoration project in a typical Italian-Brazilian residence, a case study was carried out using the technologies

available today for carrying out a survey, in order to streamline the process and expose the results obtained. Through a partnership with a private company, they were evaluated using 3D laser, aerial photogrammetry and panoramic photographic survey, for the residence of the studied residence. This article seeks to explore the uses of these technologies by applying them to a survey of Italian-Brazilian residence in Santa Catarina and to present the results obtained in the field.

Keywords: *3D laser scanning; photogrammetry; Cadastral survey; Historic heritage*

1. INTRODUÇÃO

O levantamento cadastral é, segundo o Manual de Elaboração de Projetos de Preservação do Patrimônio Cultural (IPHAN, 2005), um conjunto de representações gráficas das características físicas e geométricas da edificação e do seu entorno imediato. Essas representações devem ser precisas e seguir um rigor de detalhes para o maior conhecimento do bem. Não é recente o registro de documentação de arquitetura ou sítios históricos. No séc XV e XVI, artistas como Brunelleschi, Palladio, entre outros nomes produziram desenhos manuais com alguma métrica e proporção dos objetos arquitetônicos.

Ao longo dos anos e com a evolução da tecnologia, adotaram-se novos métodos de levantamento e representação, os principais sendo a medição métrica aliada a desenhos manuais ou com softwares, o 3D laser scanning ou varredura a laser, a fotogrametria e a fotografia, como processo complementar (BASTIAN, 2015). Mesmo com os avanços da tecnologia, esses processos ainda são feitos, em sua maioria, através de técnicas manuais, o que torna o processo moroso e complexo.

Segundo Dezen-Kempter et al. (2015) esse processo, no caso de edificações históricas, se torna ainda mais complexo e demorado, uma vez que é rara a existência de documentações prévias, como o projeto original e projetos de alterações. A partir da peculiaridade do bem, podem ser numerosos os detalhes obtidos e descritos no processo de documentação, gerando um registro completo e longo do patrimônio e suas patologias. O processo de levantamento e documentação também auxilia no reconhecimento da obra para futuros pesquisadores e interventores.

Canuto, Moura e Salgado (2016) afirmam que o uso das tecnologias de fotogrametria e escaneamento em 3D, aceleram o processo de levantamento de dados e produzem um número maior de informações, gerando uma nova gama de possibilidades de estudo na área de patrimônio histórico edificado. Esses métodos permitem a execução de Modelagem da Informação da Construção (BIM) de maneira mais prática, completa e rápida. A utilização de plataformas BIM para patrimônios edificados apresenta grande potencial não só para o conhecimento total das edificações, como é um recurso para a preservação e manutenção (DEZEN-KEMPTER et al.,2015).

Através de estudo de caso em uma residência típica ítalo-brasileira no Vale do Itajaí, foi realizado o levantamento cadastral a partir de tecnologias de escaneamento a laser,

fotogrametria aérea com veículo autônomo não tripulado (VAT) e levantamento fotográfico panorâmico, com o objetivo de documentar o maior número de informações possíveis da edificação. Esses dados foram utilizados para a realização de um projeto de conservação e restauro do bem.

2. DESENVOLVIMENTO

Um projeto de restauro e preservação de patrimônio histórico, assim como qualquer projeto de intervenção em uma edificação existente, requer um levantamento massivo de dados sobre o bem em questão. Faz parte desse levantamento a organização das documentações existentes, no entanto, quanto à documentação da Residência Tamanini, haviam apenas registros falados sobre a construção da casa e uma foto após a conclusão da obra, que levou aproximadamente 2 anos.

A importância do levantamento de edifícios com suas fiéis representações gráficas faz-se necessária para suas documentações e possíveis restaurações. A documentação gráfica tradicionalmente é executada com técnicas de levantamento em loco, baseando-se em medições diretas tornando um trabalho moroso, além disso, em edificações em adiantado estado de deterioração, o uso de métodos diretos, onde o levantador tem contato físico com imóvel, constitui um sério risco de acidentes (BASTIAN, 2013 apud CAVALCANTE, 2015).

O levantamento cadastral é realizado para obter essas informações importantes para o curso do projeto, como metragem da casa, detalhes de esquadrias, posição de instalações, entre outras.

A utilização de sistemas de varredura a laser apresenta resultados muito positivos para esse processo de documentação. Além de torná-lo mais rápido, há equipamentos no mercado que permitem capturar as dimensões geométricas com precisão milimétrica, permitindo registrar com mais detalhes a forma real do objeto. O uso do BIM (Building Information Modeling) vem à tona como forma de representar e manipular de maneira integrada essas informações adquiridas pelo escaneamento, permitindo a realização de uma série de estudos, simulações da edificação, suas deformações e desgastes. (GROETELAARS; AMORIM, 2012 apud DEZEN-KEMPTER, E.; et al., 2015)

O levantamento de dados na Residência Tamanini, poderia ser realizado através de métodos manuais, no entanto, como objetivo da utilização do laser scanner, estava a intenção de acelerar o processo e conseguir o maior número de dados possíveis da edificação, bem como expor a praticidade dessa tecnologia no processo de restauração e conservação de patrimônios históricos edificados.

A parceria com a empresa WRodacki veio para consolidar essa intenção de agilidade no processo, mas também, para a empresa, foi importante para a construção de material prático para os demais levantamentos de edificações históricas. Eles executam diferentes tipos de levantamento com tecnologias variadas e precisavam compreender a aplicação e a utilização

dos entregáveis na área de patrimônio histórico. Para isso, propuseram a execução de levantamento a partir de laser scanner 3D, fotogrametria, levantamento fotográfico e produção de vídeos via drone, levantamento de fotos panorâmicas e, por fim, levantamento de colorização pantone. Após a entrega dos resultados, foi feita a avaliação do que foi utilizado no projeto de restauro e conservação da casa.

2.1 A Residência Tamanini

A cidade de Rodeio, localizada no Médio Vale do Itajaí, no estado de Santa Catarina, era parte integrante da então Colônia Blumenau do século XIX, hoje cidade de Blumenau. A colonização dessa região se iniciou com os alemães, mas, no ano de 1875, foram os italianos que se instalaram em Blumenau e, logo depois, eram direcionados para a picada do rodeio - como era chamado o local pela configuração do caminho feito em meio a mata virgem - para escolherem um lote, onde deveriam iniciar a produção. É nesse contexto que a família Tamanini chega ao Brasil, em agosto de 1875, e se situa no rodeio número 50.

Inicialmente era feito o desmatamento do lote e a construção de uma choupana com os materiais provenientes do terreno. Essas choupanas eram substituídas por casas de madeira, por ser uma construção mais resistente, com telhado coberto com pedaços de tábuas de madeira cortados irregularmente. Em um terceiro momento, eram construídas as casas de alvenaria, mostrando a prosperidade na terra. Eram construções feitas com esmero, riquezas de detalhes, pinturas e ornamentos, que mostram traços da influência alemã e, também, dos povos que estavam na terra antes da colonização, os considerados nativos.

No lote da família Tamanini essas etapas de construção são notadas e a residência de alvenaria autoportante, que está quase integralmente original, apresenta esquadrias almofadadas, pinturas e outros detalhes de importância para a caracterização da edificação.

A casa conta com dois volumes originais, um deles contém meio porão, pavimento térreo elevado e meio sótão, enquanto o outro também possui meio porão e pavimento térreo elevado, mas possui sótão habitável. Somando essas áreas, totaliza-se aproximadamente 340 metros quadrados, em uma área rural da cidade, às margens da rodovia SC 110.

Essa residência possui um importante valor cultural para a cidade de Rodeio e para a colonização do Vale do Itajaí, por isso foi inserida na produção do IPHAN, Roteiros Nacionais da Imigração: Santa Catarina. Apesar de não possuir nível de tombamento, é protegida por interesse privado e está em bom estado de conservação, porém demanda algumas intervenções a fim de restaurar a integridade do bem.



Figura 1: Residência Tamanini no dia 09/09/21. Fonte: Elaborada pelas autoras.

2.2 Laser scanner 3D

A técnica de laser scanner é uma tecnologia tridimensional não destrutiva utilizada para capturar digitalmente objetos físicos que, através da emissão de feixes de raio laser, é capaz de medir a distância entre o aparelho e as superfícies que o cercam. O equipamento registra pontos com coordenada XYZ dos objetos à sua volta, tendo como resultado uma nuvem de pontos que representa uma réplica em escala quase exata da edificação. Mediante esta réplica virtual, é possível extrair informações planimétricas e altimétricas de estruturas visíveis. (CANUTO; MOURA; SALGADO, 2016).

No levantamento da Residência Tamanini, foi utilizado um sistema de laser scanner terrestre estático, produzido pela Faro. O modelo foi o Focus S150, que possui um alcance máximo de 150 metros. Segundo o fabricante, a precisão deste equipamento varia conforme a distância até o ponto de captura, chegando a produzir uma taxa de erro de aproximadamente 2 milímetros em um raio de 20 metros.



Figura 2: Levantamento com laser scanner na fachada Sul da Residência Tamanini.
Fonte: Elaborada pelas autoras.

O levantamento de dados começou por volta das 9h da manhã, foi interrompido na área externa por conta da chuva, mas os trabalhos seguiram na parte interna. Por volta das 13h, foi possível retomar os trabalhos na área externa e completar o serviço até às 16h. Portanto, todos os levantamentos executados levaram em torno de 7h. Se fossem utilizadas técnicas manuais, foi estimado um prazo de, aproximadamente 3 dias para conseguir um número aproximado de detalhes, contando com 3 pessoas realizando o trabalho.

A fim de obter um resultado mais apurado na Casa Tamanini, na varredura externa, foram feitas medições a cada 12 metros com a nuvem de pontos colorida, com o intuito de apresentar uma maior nitidez dos detalhes das fachadas. Já na varredura interna, foi feita uma cena de apoio preta e branca em cada porta, e uma ou mais cenas coloridas no interior de cada cômodo - para conseguir capturar detalhes das pinturas das paredes. No sótão e nos banheiros, assim como nos ambientes mais simples, foram feitas apenas cenas monocromáticas de alta qualidade. No porão, as cenas também foram monocromáticas e a disposição do aparelho foi feita a fim de melhor evidenciar a estrutura de sustentação da casa.

O levantamento através do escaneamento a laser 3D produziu uma nuvem de pontos em escala, como uma réplica da edificação. A empresa fabricante do equipamento utilizado, FARO, disponibiliza um software para a leitura da nuvem e extração de medidas. No entanto, o software que foi utilizado foi o Recap, da Autodesk, por contar com mais ferramentas e permitir maior manipulação dos dados encontrados. Oliveira (2008) apresenta o 3D Laser Scanning com um equipamento de alto custo, mas de grande apoio ao processo de documentação.



Figura 3: Nuvem de pontos da Residência Tamanini no software Recap. Fonte: Empresa WRodacki.

Ao inserir a nuvem de pontos no Recap, é possível não só extrair medidas, mas também apagar pontos que não são necessários ao objetivo, fazer caixas de corte, medir a refletância das fachadas - algo com aplicações variadas, principalmente na execução de obras de retrofit -, extrair ortofotos em escala, produzidas a partir das caixas de corte, evidenciando fachadas ou plantas baixas, por exemplo.

As ortofotos foram utilizadas no projeto como base para a construção do modelo 3D no software Revit, também da Autodesk, por conta da melhor intercomunicação entre as plataformas. Foram exportadas, do Recap, ortofotos da planta baixa de cada pavimento, alguns cortes para referenciar as alturas e, também, todas as fachadas.

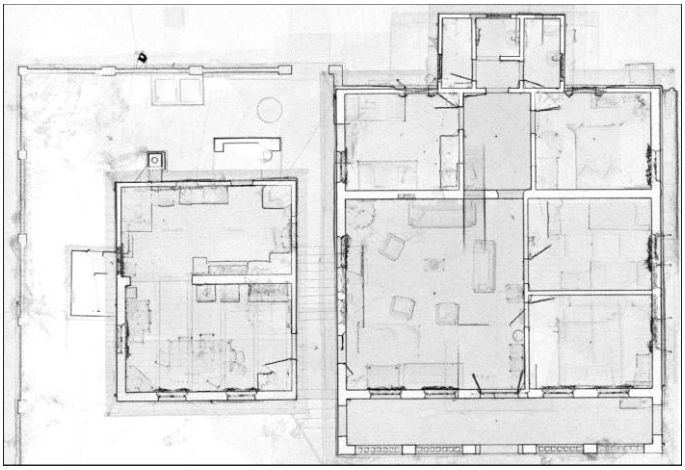


Figura 4: Ortofoto da Planta Baixa gerada a partir da nuvem de pontos. Fonte: Empresa WRodacki.

O modelo 3D finalizado, possui todas as características de texturas, materiais, medidas e quantitativos que foram levantados em campo. Detalhes como as esquadrias de portas e janelas, que possuem um grande número de informações, foram facilmente convertidos em componente 3D a partir das ortofotos extraídas da nuvem de pontos do laser scanner.

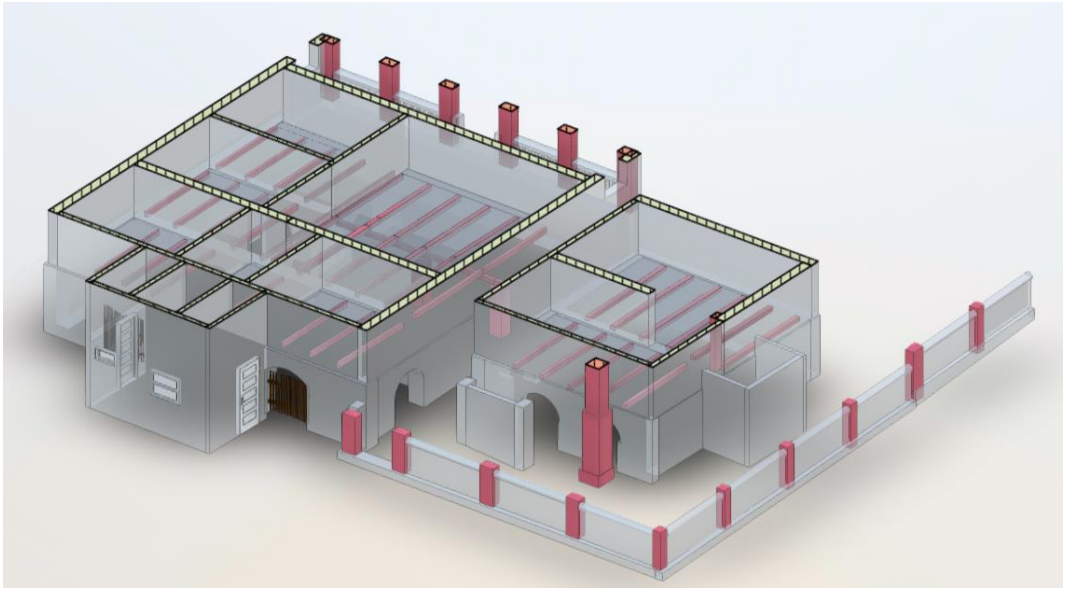


Figura 5: Plano de corte realizado no modelo 3D. Fonte: Empresa WRodacki.

Esses dados foram de grande importância para a avaliação das patologias e proposição de adequações quanto ao novo uso da edificação. Também foram utilizados para o estudo de volumetria para a proposição de um anexo contemporâneo que dará apoio às atividades realizadas no local, como pequenos casamentos e eventos familiares.

2.3 Fotogrametria Aérea

Para complementar a nuvem de pontos gerada pelo levantamento com o laser scanner, foi utilizado um drone como apoio, com o intuito de obter maior registro de dados. Segundo Coelho (2019), os drones, inicialmente utilizados em missões militares, têm-se revelado importantes aliados na conservação de edificações, por apresentarem vantagens como a capacidade de monitorar áreas antes consideradas fora do alcance, reduzindo custos e riscos à vida humana e ao patrimônio.

Existem diferentes aplicações para o uso de drones na construção civil, porém sendo o principal deles a área de levantamento de dados. Em relação ao patrimônio histórico, uma das principais utilizações é para levantamento de sítios, fotos aéreas a partir de diferentes alturas e maquetes eletrônicas.

Na residência objeto de estudo foi utilizado o drone Mavic 2 Pro, da marca DJI, que tem 30 minutos de autonomia de voo e câmera de vídeo com resolução 4K. Foram realizadas fotos e

vídeos da edificação em diferentes alturas. Para tal processo, o tempo gasto foi de, aproximadamente, três horas. É visto em outras bibliografias também os impactos de tempo vs. qualidade, conforme (MEDEIROS; PATRIOTA; TORRES; 2017) descrevem sobre o levantamento executado pelos autores:

> Considerando que o tempo bruto do levantamento de dados realizado com o drone durou cerca de 1 hora, verificou-se que é um pouco maior do que um levantamento fotográfico comum associado à plotagem de coordenadas geográficas com receptor GNSS de mão, no entanto, não há comparação em termos de quantidade de dados obtidos (576 imagens e um vídeo de alta resolução).

O dia estava ensolarado, melhorando a qualidade da visualização das fotos. No local, ocorreu um pequeno contratempo, comum em casos de sítios isolados, ou terrenos rurais, como é o caso da propriedade da família Tamanini. Como o drone é um equipamento relativamente pequeno e sobrevoa a edificação em alturas variadas, em um dos planos de voo, entrou em conflito com a área de algumas espécies de pássaros encontradas na região. Para não interferir tanto no habitat das aves, quanto no levantamento, foram feitos testes de voo para montar o melhor plano de voo adequado ao local. Sendo assim, foram executados quatro planos de sobrevoo ao redor da casa, utilizando marcadores no solo, a alturas de 15, 20, 25 e 30 metros de altura em relação ao solo.



Figura 6: Imagem da casa feita pelo Drone a 30m de altura. Fonte: Empresa WRodacki.

A utilização das imagens e vídeos produzidos pelo drone teve uma aplicação mais pontual, principalmente para complementar a nuvem de pontos resultante do escaneamento a laser, pois essa não teve alcance em algumas partes da estrutura, principalmente das coberturas. Para alinhar as informações extraídas das imagens de drone e as cenas da varredura a laser, foram utilizados pontos de marcação em solo e, através do software Reality Capture, foi

produzida uma malha 3D, que permitiu a visualização completa do imóvel em uma qualidade maior do que a da nuvem de pontos do laser scanner, porém, com uma precisão superior, na casa de 3,8 centímetros. Essa malha pode ser usada para impressão 3D, vídeos interativos da edificação e outras aplicações não exploradas para a produção do projeto de restauração e conservação.



Figura 7: Malha 3D da Residência Tamanini. Fonte: Empresa WRodacki.

2.3 Fotogrametria Aérea

O levantamento fotográfico panorâmico, por sua vez, foi um processo muito simples, que durou, aproximadamente, uma hora e meia. Para isso, foi utilizada a câmera GoPro Fusion 360, com duas câmeras de 18 megapixels, que geram vídeos 360º em 5,2K a 30fps (quadros por segundo). As fotos foram feitas tanto na área externa quanto na interna.

Na área externa, a câmera foi posicionada em intervalos de aproximadamente 3m, segundo figura 8, para uma composição completa. Já no porão, foi disposta de acordo com as divisões da estrutura e, além disso, foi necessário a utilização do "modo noturno", pois era baixa a incidência de iluminação natural. Por último, foram realizadas as imagens 360º no interior da casa, incluindo sótão e banheiro. Para a composição de imagens, foi feito pelo menos um posicionamento de câmera em cada ambiente, segundo o mapa da figura 9 abaixo.



Figura 8: Mapa de posições da câmera 360 na área externa. Fonte: Empresa WRodacki.

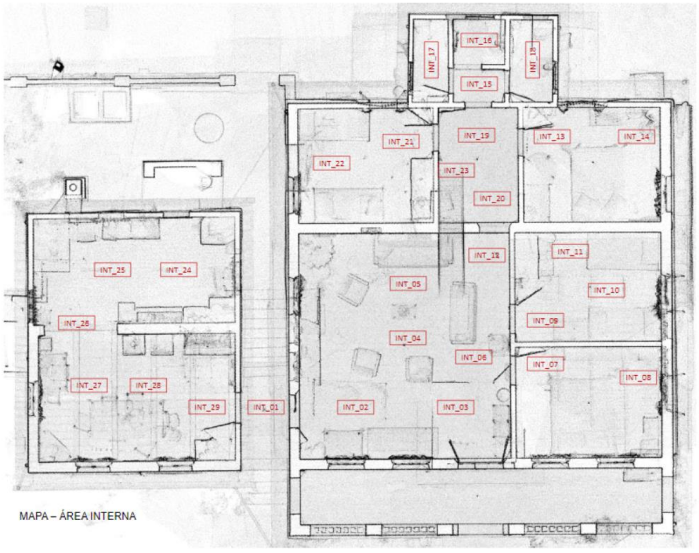


Figura 9: Mapa de posições da câmera 360 no térreo da área interna. Fonte: Empresa WRodacki.

Esse processo gerou como resultado fotografias panorâmicas tanto do exterior como do interior da edificação. As imagens foram úteis para reduzir a quantidade de visitas *in loco*, bem como a possibilidade de criação de um tour virtual pela edificação. O tour pode ser realizado através de realidade virtual (VR) ou de acesso direto pela web. Essa construção e divulgação de imagens em VR contribui com o conhecimento de edificações históricas em todo o mundo,

através de plataformas na internet, tornando-as mais acessíveis e auxiliando a conscientizar a população sobre a importância do patrimônio edificado e as medidas de preservação.



Figura 10: Imagem panorâmica de ambiente interno da residência. Fonte: Empresa WRodacki.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo buscou expor as principais vantagens na aplicação de tecnologias associadas ao levantamento cadastral de um bem histórico e cultural. O objetivo principal do estudo de caso, base deste trabalho, era obter através dessas tecnologias, o maior número de informações possível da edificação e reduzir o tempo dedicado a essa atividade.

A partir do levantamento executado em campo, foi notável que a principal tecnologia utilizada foi o laser scanner, que forneceu as informações necessárias para a execução de um modelo 3D em plataforma BIM. As demais tecnologias foram usadas de maneira complementar, proporcionado entregáveis que permitem a maior divulgação do bem, facilitando processos de conhecimento e preservação do patrimônio histórico e cultural.

Quanto ao tempo dedicado à atividade de levantamento cadastral, a utilização das tecnologias de escaneamento a laser 3D, de fotogrametria aérea e de fotografia panorâmica, permitiram a redução em duas grandes etapas. A primeira foi a redução do tempo em campo, pois todo o levantamento, que produziu os resultados expostos no decorrer deste trabalho, levou apenas sete horas para ser finalizado. A segunda foi na conversão dos dados em produtos utilizados na execução do projeto de conservação e restauro. Esses produtos foram o modelo 3D em plataforma BIM - do qual podem ser extraídas plantas baixas, cortes e fachadas -, a malha 3D, para impressão, e o tour virtual.

Para o maior aproveitamento dessas tecnologias é necessário o serviço de técnicos especializados, pois a utilização dos equipamentos e a conversão dos dados ainda não é uma prática muito difundida no país. Isso fortalece a prevalência de técnicas manuais na execução deste processo, mesmo as tecnologias exploradas neste trabalho se mostrando mais eficiente na obtenção de dados e na redução do tempo na execução. Vantagens essas que implicam em redução de custos e melhorias na concepção de planos de conservação e restauro de bens patrimoniais.

REFERÊNCIAS

BASTIAN, A. V. Métodos e técnicas de baixo custo para levantamento métrico de sítios históricos. 2015. 266 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

CANUTO, C. L; MOURA, L. R. de; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. Disponível em: http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456. Acesso em: 30 out. 2021.

CAVALCANTE, R. B. L. A utilização do 3D Laser Scanning para levantamento de fachadas do Centro Histórico de Porto Nacional - TO. Interface, Porto Nacional, n. 9, p.88-94, jun. 2015. Disponível em: https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/issue/view/136. Acesso em: 30 out. 2021.

COELHO, C. et al. Tecnologias aplicadas à conservação do patrimônio edificado da FioCruz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. Disponível em: https://eventos.ufu.br/sites/eventos.ufu.br/files/documentos/073_tecnologias_aplicadas_a_79.pdf. Acesso em 30 out. 2021.

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: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/102710.

OLIVEIRA, M. M. de. A documentação como ferramenta de preservação da memória: Cadastro, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia. Brasília: IPHAN/Programa Monumenta, 2008. 144 p.

CANUTO, C. L; MOURA, L. R. de; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 7, n. 4, p. 252-264, dez. 2016. Disponível em: http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456. Acesso em: 30 out. 2021.

MEDEIROS, J. A. D. M.; PATRIOTA, R. C.; TORRES, S. M. Proposta de uso de drones na realização de perícias em patrimônio histórico: abordagem experimental nas ruínas da primeira fábrica de cimento portland da América Latina. Revista Brasileira de Ciências Policiais, Brasília, v. 8, n. 2, p. 205-221, jul./dez.2017.

DOCUMENTAÇÃO E CONSERVAÇÃO DO EDIFÍCIO HISTÓRICO NA CIDADE DAS ABELHAS EM FLORIANÓPOLIS - SC: AEROFOTOGRAMETRIA E SISTEMA DE VARREDURA A LASER TERRESTRE

Heritage building documentation and conservation in the Cidade das Abelhas in Florianopolis – SC: Drone Aerial Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning

Pimenta, Anna Freitas Portela de Souza
Mestre, UFSC, anna.pimenta@ufsc.br
Wiese, Ricardo Socas
Doutor, UFSC, ricardo.sw@ufsc.br
Almeida, Francisco Henrique Brum de
Estudante de graduação, UFSC, arq.francisco.brum@gmail.com
Deus, Isadora Nascimento de
Estudante de graduação, UFSC, isanscmt@gmail.com
Mattana, Leticia
Mestre, UFSC, leticia.mattana@ufsc.br

Resumo

O Parque Ecológico Cidade das Abelhas, localizado em Florianópolis, Santa Catarina, possui um importante legado histórico por sua contribuição no desenvolvimento da apicultura no Brasil e foi inclusive considerado referência internacional no campo. O foco deste artigo é a sua edificação sede, exemplar da arquitetura popular da região. Este artigo abordará o trabalho de documentação da edificação, realizado pelo Laboratório de Projetos (LabProj) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), material que dá suporte à restauração da cobertura e à conservação do edifício a longo prazo. Será retratado o uso de dois métodos de levantamento de dados: o Sistema de Varredura a Laser Terrestre (SVLT), utilizado para a documentação tridimensional da edificação interna e externamente, e a aerofotogrametria, realizada por drone, responsável pelos dados topográficos de todo o terreno do parque. Esses dados poderão ser futuramente utilizados para restauração completa deste patrimônio.

Palavras-chave: Parque Ecológico Cidade das Abelhas; Patrimônio histórico; Laser scanner 3D; Drone

Abstract

The Cidade das Abelhas Ecological Park, located in Florianópolis, State of Santa Catarina, has an important historical legacy for its contribution to the development of beekeeping in Brazil and was even

considered an international reference in the field. The focus of this article is its main building, considered an example of popular architecture in the region. This article will address the work of documenting the building, carried out by the Project Laboratory (LabProj) of the Department of Architecture and Urbanism of the Federal University of Santa Catarina (UFSC), material that supports the restoration of the roof and the long-term conservation of the building. The use of two methods of data collection will be portrayed: the Terrestrial Laser Scanning System (SVLT), used for the three-dimensional composition of the building internally and externally; and aerial photogrammetry, done by drone, responsible for the topographic data of the entire site of the park. These data can be used in the future for the complete restoration of this heritage.

Keywords: *Bees City Ecological Park; Heritage; 3D laser scanner; Drone*

1. INTRODUÇÃO

Frente aos avanços tecnológicos no campo do patrimônio histórico, novos instrumentos e métodos de levantamento aparecem como possibilidades para o pesquisador do campo. Pesquisas recentes apresentam resultados da adoção de diferentes tecnologias aplicadas ao patrimônio cultural, arquitetônico e urbanístico no Brasil, tais como: as análises de estudos de caso de Külh et al. (2021) no Edifício Vilanova Artigas, sede da FAU USP (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo), e no Museu do Ipiranga da USP, que utilizou tecnologia de Sistema de Varredura a Laser Terrestre (SVLT); estudos de Dias et al. (2021) que realizam levantamentos fotogramétricos na edificação da Capela da Fazenda Veneza em Valinhos (SP), prédio de grande interesse para a arquitetura moderna brasileira; pesquisa de Tirello e Ferreira (2021), que adotaram o SVLT para documentar arruamentos, organização de quadras e tipologias arquitetônicas da cidade Monte Santo, na Bahia (cidade patrimônio nacional pelo seu valor paisagístico, arquitetônico e histórico); e o trabalho de Paiva (2021) realizou o redesenho e documentação de diferentes edificações modernas da cidade de Fortaleza (CE), adotando o HBIM (*Heritage Building Information Modelling*) e a impressão 3D como tecnologias digitais para preservação da memória e conservação do patrimônio edificado.

Neste trabalho é apresentada a utilização de novas técnicas de medição com suporte de tecnologias de SVLT, aerofotogrametria com drones e modelagem BIM para a realização de levantamentos e documentação das áreas do Parque Ecológico Cidade das Abelhas (PECA) em Florianópolis, Santa Catarina, incluindo o edifício sede do Parque e sua cobertura.

O PECA é marcado por uma rica história de contribuição para o desenvolvimento da apicultura no estado de Santa Catarina, desde os anos 60, se destacando como uma importante referência nacional e internacional no cenário do ensino apícola e desenvolvimento científico e tecnológico ao longo de quase cinco décadas (WIESE, 2020). Atualmente sob gestão da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o PECA pretende resgatar sua vocação histórica, não apenas como espaço de ensino, pesquisa e extensão, mas também como área de lazer para a cidade, com foco na educação ambiental.

O parque ambiental, com seus quase 18 hectares, ainda acolhe o edifício sede, de valor histórico e que representa a arquitetura popular do início dos anos 60, mas que encontra-se fechado ao público devido ao seu estado de conservação e necessidade de manutenção.

Os levantamentos realizados neste trabalho permitiram a geração de nuvens de pontos, que servem como base de dados para a construção de modelos BIM (*Building Information Modelling*). As bases de dados e modelos produzidos foram utilizados no projeto de restauração da cobertura da edificação sede e, posteriormente, poderão servir de amparo para a elaboração de projetos urbanísticos e paisagísticos no PECA, visando sua reabertura à comunidade.



Figura 1: Edifício sede do parque Ecológico Cidade das Abelhas, foto realizada pela empresa VM drones. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Portanto, os objetivos deste artigo são desenvolver um modelo digital em BIM, com suporte do levantamento em campo com SVLT e aerofotogrametria, para o terreno e para a cobertura do edifício sede do Parque Cidade das Abelhas. Almeja-se também, a obtenção de informações construtivas e patológicas por meio da nuvem de pontos da edificação, especialmente para a cobertura, possibilitando a quantificação de peças a serem substituídas na sua restauração. Todos os produtos desenvolvidos nesta pesquisa servem como documentação para futuras intervenções no local.

2. O EDIFÍCIO SEDE DO PARQUE ECOLÓGICO CIDADE DAS ABELHAS

A edificação sede do PECA (Parque Ecológico da Cidade das Abelhas) passou por algumas adaptações ao longo dos anos, à medida que o seu uso foi alterado. Construída no início dos anos 60 como um galpão de chão batido, ganhou importância após ser reformada ao final dos anos 60 e início dos anos 70. É nesse período que se estabelece como sede do projeto de apicultura do Estado de Santa Catarina, coordenado pelo Prof. Helmuth Wiese. Embora considerada um exemplar da arquitetura popular da região, este tipo de arquitetura vem sendo pouco valorizada no campo do Patrimônio Histórico (WIESE, 2020).

A construção em alvenaria com assentamento em cimento Portland caracteriza o sistema construtivo do edifício sede do PECA. Segundo Cavalheiro (2009), esse tipo de técnica construtiva predominou até o início deste século. Sua construção original, um galpão para o abrigo de máquinas agrícolas, foi erguido sobre uma base em pedra, que estrutura as paredes externas, com duas fiadas de tijolos cerâmicos maciços. O sistema de alvenaria estrutural ainda possui reforços estruturais, visíveis na parte interna da edificação, através de tijolos cerâmicos entrelaçados com pedras e ausência de armadura. Segundo a classificação dos elementos de alvenaria estrutural apresentada por Cavalheiro (2009), as alvenarias estruturais são aquelas que suportam cargas além de seu peso próprio - em que as paredes desempenham as funções de vedação e estrutura (com resistência). O edifício sede possui, portanto, "parede resistente" e "pilar" (reforço estrutural). No final da década de 60 a edificação recebe um assoalho de madeira elevado do chão por meio de blocos cerâmicos e divisórias internas leves também de madeira.

No Manual de Conservação de Telhados do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Pastina Filho (1999, p. 10) afirma que "os telhados com águas de superfície plana são os mais comuns na arquitetura tradicional brasileira, pela maior facilidade de execução, e podem ser classificados de acordo com a sua forma externa ou quanto à sua estrutura".

Segundo os critérios de classificação do mesmo autor, dada sua forma externa, o telhado do edifício pode ser compreendido como "irregular" - caso em que

> (...) as plantas dos edifícios apresentam corpos que se cruzam, em ângulo reto ou não, surgem nos telhados ângulos diedros reentrantes que recebem o nome de rincões. Aos ângulos diedros salientes, resultantes do cruzamento de águas ou planos dos telhados, dá-se o nome de espigões. (PASTINA FILHO, 1999, p. 12).

O autor classifica, ainda, os telhados quanto às estruturas, categoria que enquadra o exemplar estudado como "asnas ou tesouras":

> São vigas treliçadas que usam o princípio do triângulo indeformável, constituídas de peças adequadamente posicionadas e solidarizadas, formando um quadro rígido capaz de suportar as cargas provenientes do telhado e transmiti-las, de forma pontual, à estrutura portante do edifício. (PASTINA FILHO, 1999, p. 14).

Quanto ao beiral, no manual classificado como "beiral de cachorrada":

> É constituído de peças aparentes de madeira, chamadas de cachorro, geralmente com seu topo perfilado, sacadas do paramento das paredes, sobre as quais são pregadas as tábuas que constituem o guarda-pó, sobre o qual assentam-se as primeiras fiadas de telhas. Usualmente os cachorros apoiam-se nos frechais, paralelamente aos caibros e são travejados no seu prolongamento interno por uma peça denominada retranca. (...) A concordância entre o plano inclinado da água do telhado e o horizontal do beiral dá-se através de peças de madeira chamadas contrafeito. Este detalhe confere aos telhados antigos um elegante perfil sendo denominado de galbo do telhado. (PASTINA FILHO, 1999, p.17).

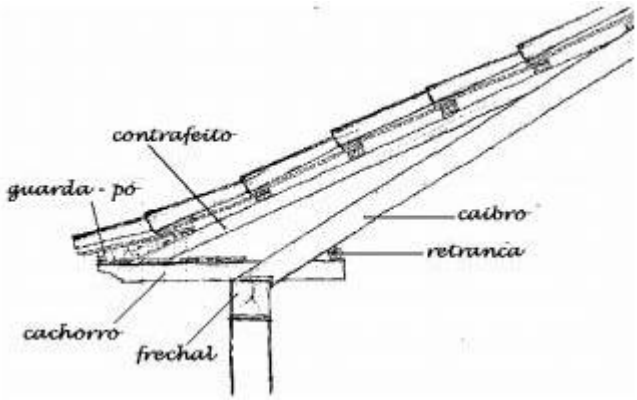


Figura 2: Beiral de cachorrada. Fonte: Manual de conservação de telhados, IPHAN, 1999.





Figura 3: Beiral de cachorrada da edificação sede do Parque Cidade das Abelhas. Fonte: Acervo do engenheiro agrônomo William Goldoni Costa, gerente operacional do Parque, 2021.

Ainda conforme a classificação da forma apresentada pelo Manual de Conservação de Telhados do IPHAN, os forros desta edificação são planos horizontais, "sustentados por estrutura de barrotes, apoiados nos frechais e nas linhas que correm sobre as paredes internas" (PASTINA FILHO, 1999, p. 19). O forro da edificação é de madeira, constituído por um tabuado liso plano. As telhas são chamadas de telhas francesas e possuem insuficiência da inclinação, com telhas mal encaixadas fazendo com que frequentemente esta cobertura precise de manutenção. Este tipo de telha difundiu-se no Brasil a partir da segunda metade do século XIX. Quando se iniciou a importação de telhas industrializadas da França, se popularizaram no país, especialmente nas regiões litorâneas.

3. AEROFOTOGRAMETRIA COM DRONE

Para a realização de um levantamento planialtimétrico de uma área como a do PECA, caracterizada por áreas de difícil acesso, com a presença de vegetação densa e cursos d'água ao longo dos quase 18 hectares de extensão, a utilização de métodos e equipamentos tradicionais, como Estação Total e GPS (Global Positioning System) RTK, exigem uma grande demanda de tempo e equipe. A partir de uma parceria do LabProj com a empresa VM Drones, foi possível realizar a aerofotogrametria de toda a área do Parque por meio de drone.



Figura 4: DJI Mavic Air. Equipamento utilizado no levantamento. Fonte: elaborado pelos autores, 2020.

O drone (Figura 4) utilizado no levantamento é um produto Mavic Air, da empresa DJI, e sua operação é relativamente simples, realizada por meio de um aplicativo de celular. No aplicativo, a área é localizada através de um arquivo KML (*Keyhole Markup Language*), que localiza as coordenadas geográficas das arestas do terreno, definindo seu perímetro. Este tipo de arquivo é gerado facilmente através de aplicativos de navegação global, sendo utilizado o software Google Earth Pro pela equipe da empresa VM Drones.

Dentro do perímetro, o drone realiza um percurso em forma de ziguezague, numa altura que pode variar desde algumas dezenas a até centenas de metros do solo. A altura utilizada no levantamento em questão foi de 120 metros, sendo realizadas 149 fotos. Devido à forma do percurso, são geradas zonas de sobreposição entre as fotos executadas, com as quais, através do uso de softwares apropriados, é feita a reconstrução tridimensional do terreno. Neste caso, utilizou-se 70% de sobreposição lateral e 75% de sobreposição frontal de imagem. O processamento das imagens foi feito pela empresa VM Drones através de software adequado. Os arquivos foram entregues em três diferentes tipos: nuvem de pontos em arquivo XYZ, ortomosaico (conjunto de ortofotos georreferenciadas) em arquivo TIF, e curvas de nível em arquivos Shapefile - SHP, PRJ, SHX E DBF. Esses dados serviram, portanto, como suporte para a modelagem de todo o terreno da área do PECA (Figuras 5 e 6).

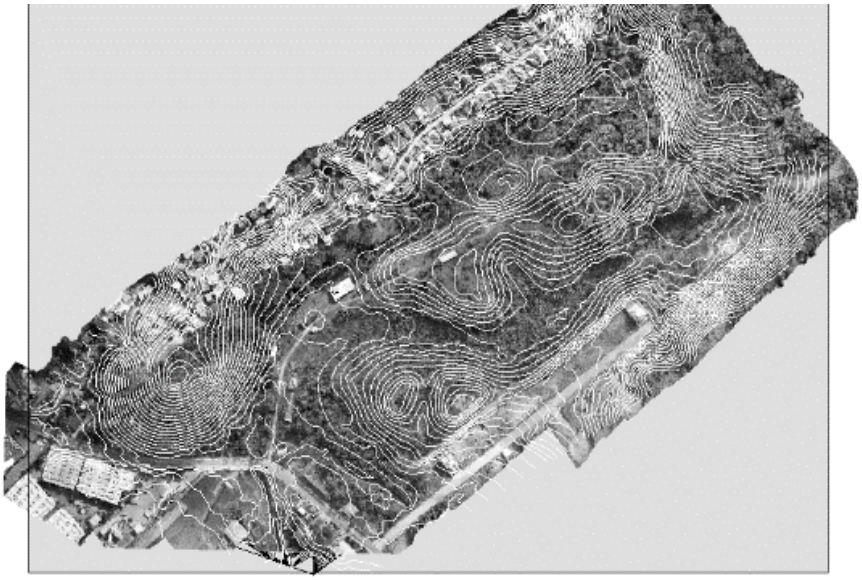


Figura 5: Curvas de nível e foto aérea (ortomosaico) geradas pelo levantamento topográfico.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

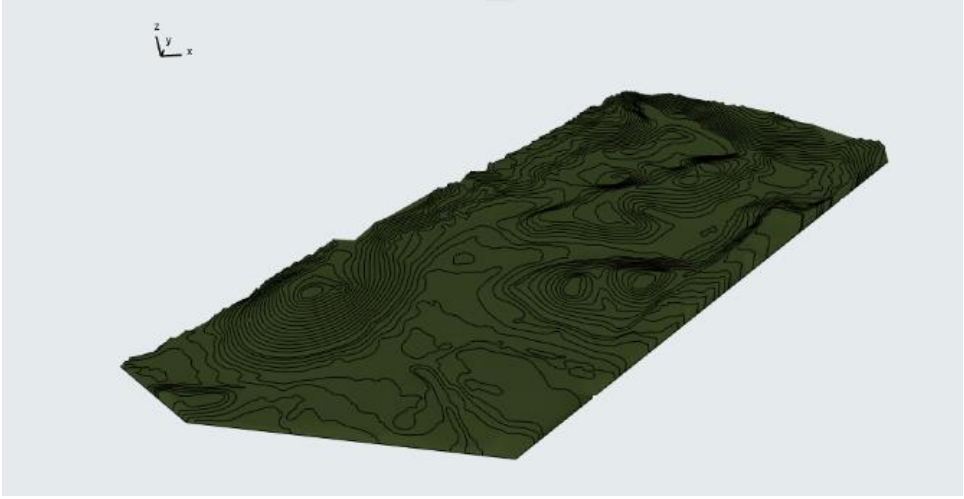


Figura 6: Modelo tridimensional realizado sobre a base de dados exibida na Figura 5.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

4. O SISTEMA DE VARREDURA A LASER TERRESTRE

O SVLT é um processo que captura informações de posição espacial e de cor de uma grande quantidade de pontos do objeto escaneado, feito por um equipamento de leitura à laser, também chamado de Laser Scanner. É uma tecnologia particularmente relevante no estudo de uma edificação de valor histórico, pois possibilita num curto período de tempo o registro de seu estado de conservação e deterioração em determinada data, o que é convencionalmente chamado de "*as found*". Considerando também que são, comumente, edificações com muitas complexidades arquitetônicas que tomariam muito tempo para serem

medidas e modeladas através de métodos tradicionais, como assinala Siqueira (2017). O funcionamento do laser é explicado de maneira sucinta no trecho a seguir:

> Seu funcionamento baseia-se na emissão e reflexão do feixe de laser na direção do objeto a ser registrado. Ao atingi-la, parte do sinal do laser é refletido na direção do sensor, onde é possível [realizar] a medição da distância. Esse procedimento é repetido até a varredura completa da superfície, o que acontece de modo muito rápido (...) (GROETELAARS, 2017, p. 83)

Após a coleta dos dados, estes são submetidos a um processamento computacional cujo produto é a nuvem de pontos. Os arquivos de nuvem de pontos são a base para a modelagem tridimensional em software adequado.



Figura 6: Laser Scanner FARO Focus S350, equipamento usado no levantamento.
Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

Neste estudo, o Laser Scanner FARO Focus S350 (Figura 6) foi utilizado para levantamento externo e interno da edificação sede do PECA. A intenção de utilizar essa tecnologia surgiu como uma possibilidade de complementar a aplicação da aerofotogrametria, exercitando ainda mais o uso de métodos inovadores de documentação de edificações. Levantamentos deste tipo são uma experiência recente nas escolas de Arquitetura e Urbanismo, sendo uma oportunidade para difundir a tecnologia no meio acadêmico.



Figura 7: Imagens da nuvem de pontos gerada pelo levantamento com SVLT na sede do Parque, visualizada a partir do programa Faro Scene LT. Fonte: elaborado pelos autores, 2020.

Desse modo, assim como foi firmada a parceria com a VM Drones, estabeleceu-se a colaboração com a empresa FARO, fabricante multinacional deste tipo de equipamento. O escaneamento do local durou aproximadamente 6 horas e foi feito a partir de um total de 63 pontos diferentes. O Scanner 3D utilizado tem precisão de 6mm a cada 10 m de distância e as imagens geradas foram de 165 megapixels, com 360º. O processamento se dá através de registros de scans por sobreposição de pontos em comum (registro nuvem a nuvem). Com esses dados, foi gerada pela empresa uma nuvem de pontos, em arquivo E57, compatível com o software Graphisoft ArchiCAD, que representa com precisão milimétrica a geometria e coloração das superfícies da edificação (Figura 7).

5. A COBERTURA DA SEDE DO PARQUE CIDADE DAS ABELHAS

Em 2020, a passagem de um ciclone pelo litoral de Santa Catarina danificou a cobertura da edificação sede do parque, acentuando a urgência por sua reforma. Com o destelhamento da cobertura e o risco de danificação do edifício como um todo, a equipe do LabProj responsável pelo projeto de revitalização do PECA concentrou seus esforços no projeto de restauração da cobertura do edifício.

A primeira etapa desse projeto consistiu na elaboração de uma análise de danos da cobertura. Destaca-se que, já durante a primeira visita *in loco,* foi reconhecida a necessidade de substituição do ripamento da cobertura por completo. Dessa forma, o grupo passou a focar na avaliação das outras peças estruturais da cobertura e das peças do telhado.

A partir dos arquivos disponibilizados pelo levantamento feito com o SVLT, foram discriminados os estados de conservação de cada peça, mapeando-se os danos de cada uma, a fim de indicar quais deveriam ser substituídas. Desse modo, o projeto focou na redução do orçamento relativo à compra de novas peças, ao mesmo tempo em que manteve parte da estrutura original da cobertura.

A nuvem de pontos disponibilizada pela empresa Faro possibilitou a análise de danos da estrutura a partir de modelos tridimensionais, facilitando a identificação de danos mais aparentes através de imagem - envergamentos, torções, desgastes e rupturas. As visitas *in loco* ainda assim foram primordiais para uma análise adequada de outros tipos de danos, como apodrecimento da madeira, presença de umidade e ataques de térmitas.

É preciso ressaltar que houve falhas na nuvem de pontos em algumas áreas da cobertura devido à ausência de lâmpadas no momento da medição ou de áreas que não foram sobrepostas. Além disso, o alto nível de detalhamento dos arquivos disponibilizados (aproximadamente 6mm entre cada coordenada espacial), impossibilitou a utilização da nuvem de pontos em seu maior grau de qualidade pela equipe. Assim, foi preciso reduzir o tamanho dos arquivos, e consequentemente sua qualidade, para que os computadores da equipe (Dell Inspiron, processador i7, com placa de vídeo dedicada Geforce) trabalhassem com a nuvem de pontos no software ArchiCAD. Isso foi feito através da redução da densidade

de pontos do arquivo, e também seccionando-se as partes relevantes do modelo, processos realizados através do programa Faro Scene LT. O arquivo, mesmo reduzido, cumpriu sua função prevista nos objetivos do grupo, uma vez que não seria necessário o grau de qualidade do arquivo original para somente o mapeamento de danos.

Entende-se a nuvem de pontos como um levantamento do tipo "*as is*" ou "*as found*", de acordo com Groetelaars (2015), que descreve esses conceitos sinônimos como a representação do estado atual da edificação, realizado com grande precisão pelos levantamentos com sistema de varredura. Com a inserção da nuvem de pontos no software ArchiCAD, o grupo produziu desenhos para o mapeamento de danos, assim como modelos tridimensionais para compreender a composição estrutural da cobertura. As imagens abaixo (figuras 8, 9, 10 e 11) mostram a sobreposição dos desenhos realizados em relação a nuvem de pontos, ilustrando o processo.



Figura 8: Corte da nuvem de pontos no Archicad, com desenho, feito pela equipe, sobreposto à nuvem. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

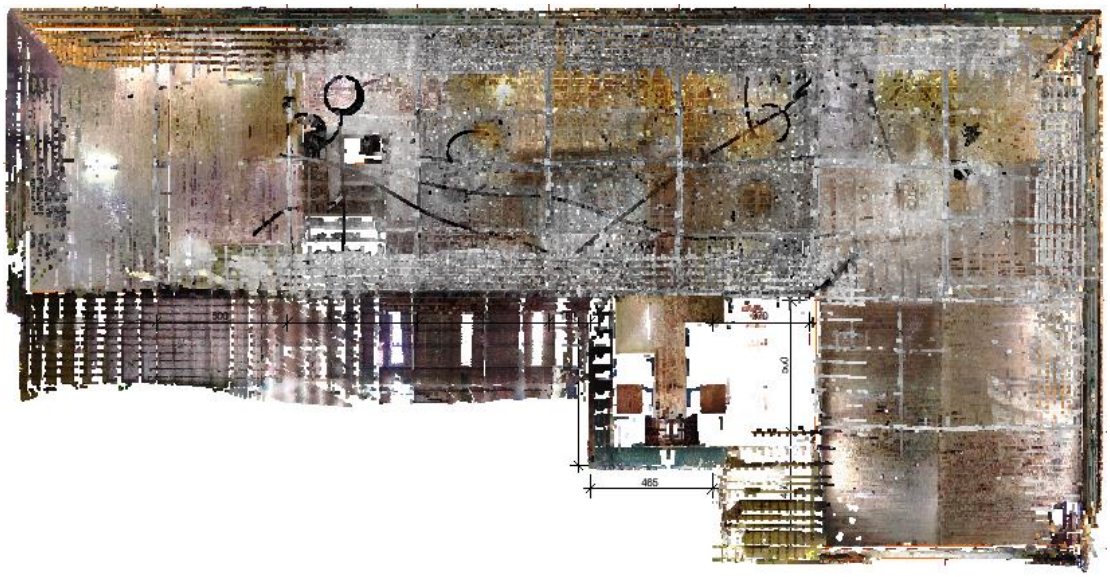


Figura 9: Corte e planta baixa da nuvem de pontos no Archicad, com desenho, feito pela equipe, sobreposto à nuvem. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

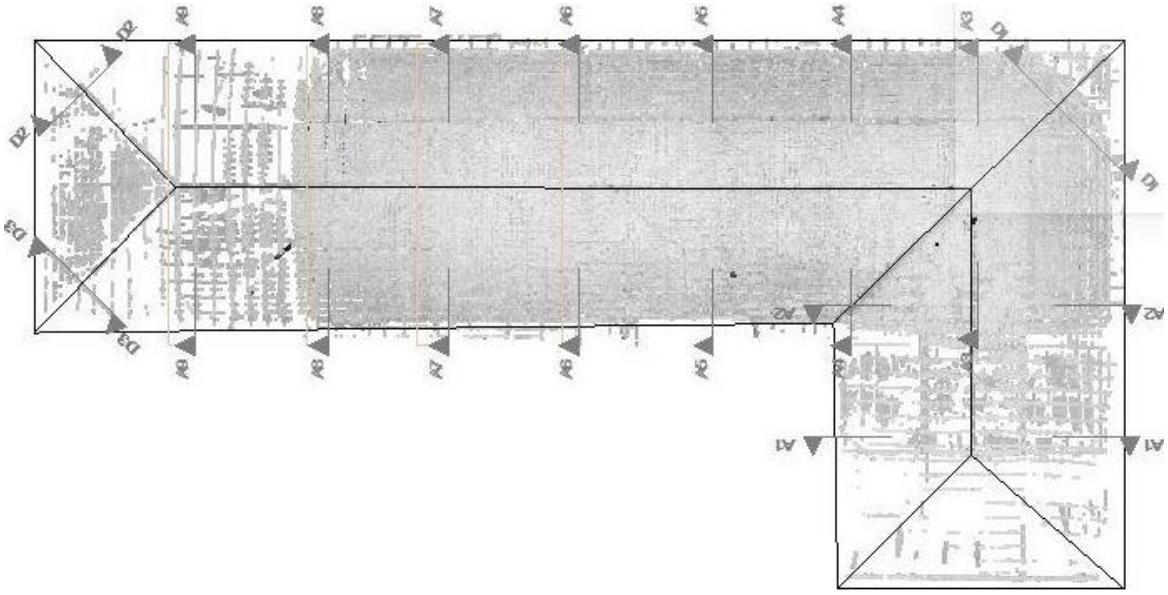


Figura 10: Planta baixa da cobertura da edificação - desenho sobreposto à nuvem de pontos. Percebe-se as áreas de maior falha da nuvem. Fonte: elaborado pelos autores, 2020.

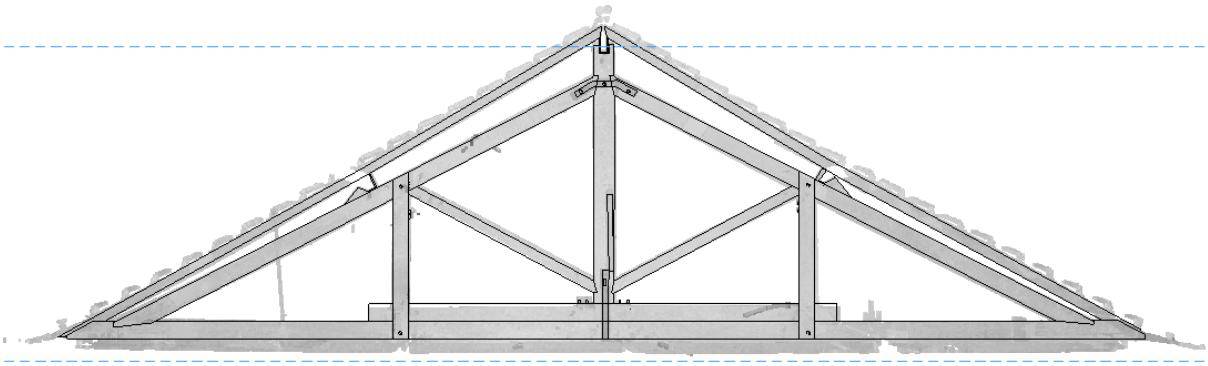


Figura 11: Vista de uma tesoura da cobertura - desenho sobreposto a nuvem de pontos. Consegue-se perceber as áreas de maior falha da nuvem. Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

É possível notar, como já foi mencionado anteriormente, algumas regiões falhas no modelo da nuvem de pontos (figuras 8, 9 e 10). Essas falhas estão concentradas nas extremidades da cobertura, o que prejudica a visualização das treliças.

É importante ressaltar que o nível de detalhamento dos desenhos determinado pelo grupo estava diretamente relacionado às necessidades imediatas do projeto. Portanto, a precisão do desenho das elevações e cortes das treliças, feito sobre a nuvem de pontos, é suficiente para, por exemplo, mostrar a flecha das peças em que esses danos são mais claros através da visualização da geometria - no caso das treliças, principalmente dos banzos superiores.

Para uma percepção geral do estado de conservação das peças: as tesouras estavam em boas condições de conservação, exceto pela presença de algumas torções nas terças. Com a troca

de algumas terças e de todo o ripamento da cobertura, seguidos pela substituição de telhas danificadas, a cobertura pôde ser devidamente recuperada.

O resultado do processo exposto, portanto, foi o projeto de análise e mapeamento de danos, e a quantificação de ripas, terças e telhas a serem substituídas na execução da primeira etapa do restauro da cobertura. O material em grande nível de detalhamento gerado pelo SVLT, contudo, ainda pode ser utilizado em outros momentos do projeto de restauração do edifício.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os produtos obtidos por meio deste estudo esclareceram algumas vantagens da utilização do SVLT e aerofotogrametria no levantamento de grandes áreas e edificações de valor histórico: o SVLT permitiu a criação de uma base digital fiel ao objeto, de grande precisão e qualidade de informações; a compatibilidade com o Archicad possibilitou uma documentação BIM precisa, que pode contribuir para a manutenção do edifício sede no futuro; o trabalho em campo foi realizado por uma equipe pequena e o tempo destinado a esse foi drasticamente reduzido, facilitando a adaptação do trabalho durante a pandemia de Covid-19. Apesar das múltiplas vantagens em relação aos novos métodos de levantamento, a falta de equipamentos adequados e de conhecimento prévio em relação à operação dos arquivos nos softwares BIM foram aspectos desvantajosos para a equipe. É interessante destacar que, apesar da equipe reduzida, a atuação do profissional em campo com conhecimento na área de patrimônio segue sendo imprescindível, porém, com um enfoque maior na coleta de informações específicas sobre o bem, nas investigações do sistema construtivo, patologias, materialidade e outros.

Por fim, entende-se que a utilização de novos tipos de tecnologia de levantamento e geração de dados tem grande potencial de contribuição para o campo do Patrimônio Histórico e Restauro. A capacidade de reduzir tarefas manuais torna o trabalho mais eficiente de forma geral, a complementação de análise via nuvem de pontos e visita *in loco* diminui a margem de erros durante mapeamentos de danos, e a precisão da nuvem de pontos torna muito mais viável a reconstrução tridimensional do objeto arquitetônico.

REFERÊNCIAS

CAVALHEIRO, O. P. Alvenaria Estrutural: Tão antiga e tão atual. Santa Maria. SILVA, A.S. A Evolução dos Edifícios em Alvenaria Auto-Portante. 14f. Seminário, Departamento de Estruturas e Fundação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2009).

DIAS, M. S., CUPERSCHMID, A. R. M., SANTIAGO, C. C., GODOY, M. A., SKUBS, D., RIGHETTO, A. V. D., SILVA, M. L., & OLIVEIRA, H. C. Capela da Fazenda Veneza: análise comparativa da precisão de nuvens de pontos obtidas por diferentes ferramentas e técnicas de fotogrametria. 2021. Gestão & Tecnologia De Projetos, 16(3). https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174756

GROETELAARS, Natalie Johanna. Criação de modelos BIM a partir de “Nuvem de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. Tese de doutorado apresentada ao programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo da Universidade Federal da Bahia, orientador Arivaldo Leão de Amorim, Salvador, Bahia, 2015.

KÜHL, B. M., CAMPIOTTO, R. C., BALZANI, M., MAIETTI, F., ROSSATO, L., & RACO, F. Escaneamento a laser em três dimensões e métodos de levantamento integrados: reflexão crítica a partir da cooperação FAU USP - DIAPReM. 2021. Gestão & Tecnologia De Projetos, 16(3). 2021. https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174457

PAIVA, R. A. Moderno digital: (re)construção da arquitetura moderna em Fortaleza. 2021. Gestão & Tecnologia De Projetos, 2021, 17(1), 239-253. https://doi.org/10.11606/gtp.v17i1.183563

PASTINA FILHO, Jose la. Manual de conservação de telhados. Brasília, Iphan, 1999. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Man_ConservacaoDeTelhados_1edicao_m.pdf. Acesso em: 02 jun. 2020.

SIQUEIRA, Simone Viana. METODOLOGIA DE CADASTRO REALIZADO ATRAVÉS DE ESCANEAMENTO À LASER: Casa Marquesa de Santos. 1º Simpósio Científico ICOMOS Brasil Belo Horizonte, de 10 a 13 de maio de 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/34050680/METODOLOGIA_DE_CADASTRO_REALIZADO_ATRAV%C3%89S_DE_ESCANEAMENTO_%C3%80_LASER_Casa_Marquesa_de_Santos. Acesso em: 01 jun. 2021

TIRELLO, R. A., & FERREIRA, T. DE A. Aplicações de 3D laser scanning para um (re) inventário digital do patrimônio cultural edificado de Monte Santo, Bahia. 2021. Gestão & Tecnologia De Projetos, 16(3). https://doi.org/10.11606/gtp.v16i3.174786

WIESE, Helmuth. Nova Apicultura. Atual. e ampl. por James Arruda Salomé. 10ed. Guaíba: Agrolivros, 2020. 544p.

LEVANTAMENTO COM LASER SCANNER PARA DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO MODERNO: O CASO DO BLOCO CM. UFCG

Laser scanner survey for documentation of modern heritage: the case of the CM BLOCK. UFCG

Alcília Afonso de Albuquerque e Melo

Doutora, UPC, kakiafonso@hotmail.com

Ivanilson Santos Pereira

Graduando, UFCG, ivanilsonrocha1@hotmail.com

Matheus Batista Simões

Graduando, UFCG, matheusista@gmail.com

Resumo

Este artigo possui como objetivo a aplicação e difusão da tecnologia de levantamento de dados com o uso da ferramenta digital *laser scanner,* tendo como objeto de estudo o Bloco Administrativo CM (1977), localizado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Considera-se relevante difundir o uso dessa tecnologia aplicada ao levantamento de bens patrimoniais, como influente aplicação para os demais objetos que se encontram em processo de salvaguarda, especialmente em obras em constante descaracterização. Justifica-se trazer à tona o estudo de caso dessa obra pois, a partir de estudos acadêmicos realizados pelos autores, detectou-se problemas de conservação que estão ameaçando a autenticidade de sua arquitetura original, uma vez que a obra não é protegida por leis de preservação. Como metodologia de investigação, é proposto a explanação das etapas de operação e processamento do aparelho laser scanner, resultadas de um *workshop* organizado pelo Grupo de Pesquisa Arquitetura e Lugar (GRUPAL), em parceria com um especialista em cadastramento territorial 3D e sistemas de geoinformação, a alunos e profissionais vinculados ao curso de Arquitetura e Urbanismo da UFCG.

Palavras-chave: Ferramentas digitais; Laser Scanner; Patrimônio Moderno; Documentação; Conservação

Abstract

The paper aims to apply and disseminate data collection technology using the digital laser scanner tool, having as its object of study the Administrative Block CM (1977), located at the Federal University of Campina Grande (UFCG). It is considered relevant to disseminate the use of this technology applied to the survey of heritage assets, as an influential application for other objects that are in the process of safeguarding, especially in works in constant de-characterization. It is justified to bring up the case

study of this work because, from academic studies carried out by the authors, conservation problems were detected that are threatening the authenticity of its original architecture, since the work is not protected by copyright laws. preservation. As a research methodology, an explanation of the operation and processing steps of the laser scanner is proposed, resulting from a workshop organized by the Architecture and Place Research Group (GRUPAL), in partnership with a specialist in 3D territorial registration and geoinformation systems, to students and professionals linked to the UFCG Architecture and Urbanism course.

Keywords: *Digital tools; Laser Scanner; Modern Heritage; Documentation; Conservation*

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo apresentará os resultados do processo de documentação digital de um dos exemplares da arquitetura moderna de Campina Grande-PB, por meio da utilização de uma tecnologia de varrimento a laser, denominada laser scanning. Essa tecnologia de medição e digitalização remota 3D de alta precisão, permite executar levantamentos tridimensionais e bidimensionais, contribuindo na documentação de projetos de especial complexidade técnica. O levantamento é feito por meio do laser scanner, aparelho responsável por emitir feixes de lasers (Sigla inglesa para *light amplification by stimulated emission of radiation*, ou seja, amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), estes ao atingir uma superfície, retornam ao scanner uma nuvem de pontos georreferenciadas que reproduzem a forma externa da edificação ou de um espaço interno a ser documentado.

O objeto de estudo trata-se do pavilhão administrativo CM, uma obra moderna construída no campus sede da Universidade Federal de Campina Grande (PB), durante os anos 70, que comporta atividades administrativas de graduação e pós-graduação, bem como laboratórios e salas de estudos, integradas ao Centro de Ciências e Tecnologias do campus/(CCT). O pavilhão foi projetado pelo arquiteto recifense Tertuliano Dionísio da Silva (1931, 1983), que possuiu um importante papel na difusão da arquitetura moderna no Nordeste e na cidade de Campina Grande – (PB).

A abordagem desta pesquisa traz como objetivo a difusão das vastas possibilidades e benefícios oferecidos pela utilização da tecnologia de laser scanning na documentação de objetos arquitetônicos, bem como ressaltar a influência da sua aplicação para os demais acervos arquitetônicos que se encontram em processo de descaracterização e/ou demolição, como forma de salvaguardar obras de estimada relevância arquitetônica.

Justifica-se trazer à tona o estudo de caso dessa obra pois, a partir de estudos acadêmicos realizados, detectou-se sérios problemas de descaracterizações e manifestações de elementos parasitários, que estão ameaçando a integridade de elementos importantes de sua composição arquitetônica, uma vez que a obra não é protegida por leis de preservação. Soma-se ao mal estado de conservação a falta de sensibilidade dos responsáveis pela conservação física da obra, assim como, a falta de conhecimento desse acervo pela comunidade.

Como metodologia de investigação, é proposto a explanação das etapas de operação e processamento do aparelho laser scanner, resultadas de um workshop e curso prático organizados pelo Grupo de Pesquisa Arquitetura e Lugar (GRUPAL), em parceria com um especialista em cadastramento territorial 3D e sistemas de geoinformação, a alunos e profissionais vinculados ao curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Para subsidiar o processo metodológico é adotada a revisão bibliográfica da tese doutoral de Araújo (2015), como instrumento de fundamentação ao uso da tecnologia laser scanning, assim como a investigação de pesquisadores regionais que contribuem para a compreensão do cenário local em que a obra selecionada está inserida. Estudos de Afonso (2008), Afonso e Menezes (2015), Queiroz e Rocha (2006), são fundamentais na compreensão da implantação e difusão da arquitetura moderna na região Nordeste.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ferramentas digitais à serviço da modernidade arquitetônica

A modernidade arquitetônica no Nordeste é um dos movimentos que ajudam a contextualizar o objeto de estudo em sua concepção arquitetônica e execução, a compreensão desses aspectos ampliam e esclarecem os valores simbólicos e arquitetônicos que serão levantados nas discussões, que envolvem a preservação e conservação do objeto em estudo. Partindo dessa perspectiva, tem-se a relevância da compreensão de como a arquitetura moderna manifestou-se na região

Autores que discutem sobre o processo de modernização na cidade de Campina Grande afirmam que, em um primeiro plano, a produção arquitetônica local foi resultado da atuação de profissionais oriundos de outros lugares, no entanto, simultaneamente a essa produção, começou-se a “enraizar-se em solo campinense, encontrando seus seguidores locais, que, com maior ou menor intensidade, absorveram, reinventaram e puseram em prática as concepções projetuais modernas” (QUEIROZ; ROCHA, 2006, p.05).

Esse processo envolveu a participação de profissionais vindos da Escola do Recife (AFONSO, 2008), arquitetos recém formados pela Escola de Belas Artes de Pernambuco – EBAP, encontraram em Campina Grande um solo fértil para desenvolverem suas propostas modernas e explorarem suas práticas individuais, alguns nomes ganham destaque, tais como: Tertuliano Dionísio, Heitor Maia Neto, Mauricio de Castro, Reginaldo Esteves, Waldeci Pinto, Paulo Vaz, Marcos Domingues, Carlos Correia Lima, Edison Lima, Augusto Reynaldo, Dílson Mota, Hélio Moreira e Ana Regina Moreira.

A conjuntura da produção resultante desse período contribuiu na formação de um vasto acervo de obras modernas na cidade, onde as construções não apenas compõem o cenário urbano de Campina Grande, mas também representam a dedicação de arquitetos inovadores que se negaram a ‘importar’ modelos vindos da Europa, mas buscaram adaptar seus projetos

com soluções voltadas ao clima, as necessidades e a cultura local (AFONSO; MENEZES, 2015, p.07).

As transformações urbanas e arquitetônicas subsidiadas pelo mercado imobiliário e por políticas públicas possuem impactos significativos no uso e ocupação do solo, essas mudanças ganham maior amplitude e rapidez em cidades médias e de grande porte. Diante disso, a tendência é que aos edifícios mais antigos sejam propostas novas tipologias arquitetônicas, novos programas, novas necessidades que, infelizmente, não consideram a importância de se preservar suas estruturas existentes, produções muitas vezes de alto valor arquitetônico e cultural, e que acabam por ser substituídas e adentram em um processo de esquecimento. A cidade de Campina Grande passa por um processo de descaracterização de seu patrimônio arquitetônico e urbanístico, cresce assim uma necessidade emergencial da academia em contribuir na disseminação de novas tecnologias para a salvaguarda do patrimônio edificado.

Mediante essa problemática pertinente e atual, tem-se a relevância em relacionar os usos de novas tecnologias no processo de documentação e conservação de patrimônios históricos, como ferramentas de controle aos processos que ameaçam a autenticidade e integridade dessas obras. A tecnologia de laser scanning, como será explanado, traz consigo diversas vantagens práticas na rapidez da digitalização do acervo, qualidade na representação em documentos digitais e possibilidade de medição dinâmica de distâncias em detalhes construtivos. Contribui-se assim com o fomento na produção de inventário de obras e pesquisas que utilizem mais essa tecnologia, até então pouco utilizada em território nacional.

Ao sistematizar as principais ferramentas digitais (Figura 1) que podem ser utilizadas à serviço da documentação do patrimônio arquitetônico (moderno ou não), Lima (2014) inclui o escaneamento 3D como uma estratégia de captação de modelos físicos para o processamento digital.

representação técnica	- uso de CAD no desenho técnico, elaboração de projeções planas, melhorando a características gráficas, a execução precisa e rápida, o automatismo de diversas exigências técnicas, a produção de múltiplas cópias, etc.
modelagem tridimensional	- softwares para representação tridimensional, visualização sob inúmeros pontos de vista, simulação visual de características, recursos técnicos de desempenho e também a inclusão de novas características entre aplicativos diferentes.
modelagem paramétrica / BIM	- programas gráficos baseados em parâmetros e hierarquias, desenvolvimento de segmentos específicos constituídos por variações válidas, componentes, conexões e agrupamentos. Além disso, a representação digital do processo de construção para facilitar o intercâmbio e a interoperabilidade da informação no formato digital.
recursos generativos e de performance	- softwares com recursos de algoritmos randômicos, evolutivos, etc. Também processos capazes de modelar as geometrias segundo simulação de melhor desempenho de conforto térmico, acústico, lumínico, etc.
fabricação digital	- ferramentas de fabricação computadorizada, recursos de corte laser, fresadoras para desbaste tridimensional, impressoras laser, equipamentos de técnicas formativas tais como dobragem, prensa, moldagem a vácuo, térmica, etc.
escaneamento 3D	- varredura de dados 3D, captura de modelos realizados fisicamente e que podem sofrer processos digitais, aplicação de novas camadas de ajustes ou mesmo impressão em novos materiais.
ambiente virtual imersivo	- ambientes virtuais acessados por capacetes, luvas, na interação com cenários que permitem um espaço interativo, lidando com o corpo e as percepções das relações espaciais de modo sinestésico.

Figura 1: Ferramentas digitais que podem ser utilizados na documentação de objetos arquitetônicos e suas principais características. Fonte: Adaptado de LIMA, 2014, p. 116.

Araújo (2015) publicou uma obra essencial para a compreensão do uso e aplicação dessa tecnologia, ao desenvolver sua tese doutoral submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, intitulada “Cadastro 3D no Brasil a partir da varredura a laser (laser scanning)”. Nesta tese o autor procurou propor alternativas para um Cadastro 3D no Brasil utilizando dados provenientes de varredura a laser aéreo e terrestre, a partir de técnicas até então pouco difundidas no cenário nacional, comparando-as com as inovações já disponíveis no âmbito internacional.

No entanto, a captação de pontos tridimensionais não é uma exclusividade da tecnologia de varredura a laser, ainda segundo o autor, existe um vasto campo de técnicas de levantamentos e procedimentos que se adequam as particularidades de cada objeto analisado, e variam por diferentes níveis de complexidade, extensão, viabilidade, entre outros.

> Levantamentos manuais podem fornecer dimensões e posicionamento num raio de poucos metros, é impraticável para áreas maiores; e, na coleta de muitas medidas (por exemplo, 1.000 ou mais) seria muito trabalhoso e, consequentemente, um processo pouco atraente. Fotogrametria e varredura a laser (Laser scanning) poderiam ser utilizadas para fornecer um número maior de medições para áreas de tamanhos similares e, também, são apropriados para objetos mais complexos. Ambas as técnicas podem também ser implantadas do espaço aéreo, de modo a fornecer dados de pesquisa abrangendo áreas muito maiores. Enquanto o GNSS (Global Navigation Satellite Systems – Sistema Global de Navegação por Satélite)

> pode ser utilizado para levantamentos em áreas de mesmo tamanho, o número de pontos coletados é limitado em comparação às técnicas aéreas, ou mesmo orbitais. A varredura a laser, seja aérea ou terrestre, é uma das técnicas que permite a coleta de uma grande quantidade de informações tridimensionais em um curto período de tempo (ARAÚJO, 2015, p.30).

Por sua ampla escala de aplicação, a tecnologia de varrimento a laser pode ser utilizada para atender a diferentes campos de estudos, tais como: geologia, agrimensura , topografia, construção civil, mineração, arqueologia, urbanismo, entre outros. A aplicação dessa tecnologia na arquitetura possibilita criar documentação 2D e 3D precisa, para facilitar reformas, revitalizações e mudanças, monitorar estruturas ao longo do tempo, e executar uma pré-fabricação de componentes para construção fora da obra,

Especificamente para a área patrimonial facilita o acesso à informação e a documentação do patrimônio, ao permitir capturar detalhes de superfícies e possibilitar o desenvolvimento de modelos 3D para o uso em projetos de restauração; documenta as condições em que se encontra a preservação de construções históricas; determina os danos e patologias existentes; e também pode ser utilizada de forma preventiva através da monitoração contínua.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

3.1 Arquitetura e lugar

A cidade de Campina Grande está localizada na região Agreste, na Serra da Borborema da Paraíba (Figura 2). A cidade é considerada polo de oito microrregiões que compõem o Compartimento da Borborema – área que abrange 79 municípios, cerca de 40% do território paraibano e uma população que soma mais de um milhão de habitantes – a cidade exerce assim, uma influência econômica em limites que transpõem fronteiras estaduais, tornando-se, uma das mais importantes de todo o Nordeste.

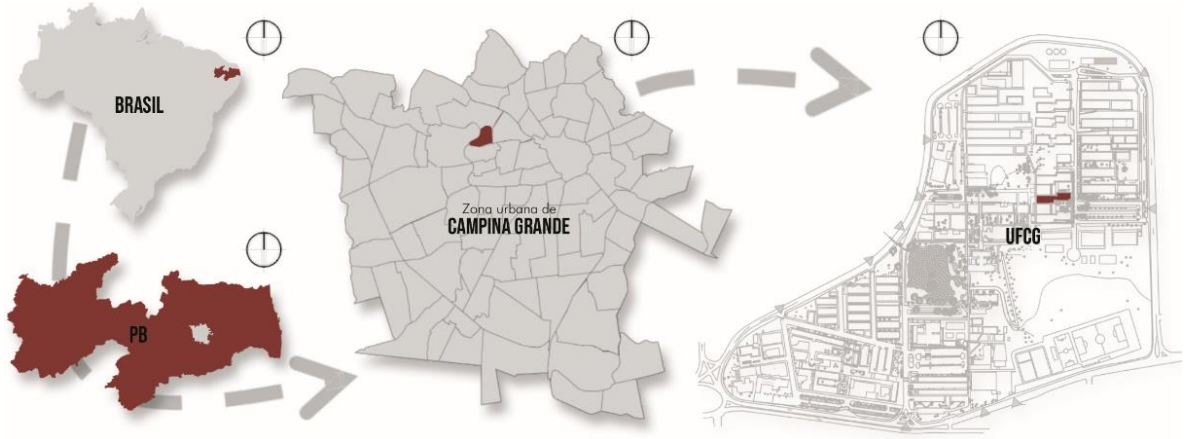


Figura 2: Escalas de localização do objeto de estudo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A origem do pavilhão administrativo analisado envolveu uma série de fatores históricos e geográficos, que tiveram como princípio a necessidade de criação de um espaço que pudesse contemplar a futura expansão de ensino da universidade com a criação de diversos cursos da área de ciências e tecnologia. Com isso, a implantação do edifício é proposta na área pertencente ao Centro de Ciências Exatas e Tecnologias – CCT, da Universidade Federal de Campina Grande, situado na delimitação norte do campus, onde encontram-se os centros de coordenações das Engenharias.

A necessidade era de blocos que pudessem comportar áreas administrativas de graduação e pós-graduação e que, ao mesmo tempo, pudessem oferecer suporte para os alunos com laboratórios e salas de estudo. O projeto arquitetônico foi replicado duas vezes, possuindo assim, três edificações que adotaram o modelo projetado: os Blocos CM, CN e CL. Entretanto, essas replicações se diferenciam do projeto original, ao repensar algumas soluções climáticas previstas anteriormente, como a não utilização de peitoris ventilados por elementos vazados.

3.2 O arquiteto Tertuliano Dionísio e a o obra do bloco administrativo CM. UFCG. 1977

Tertuliano Dionísio foi um arquiteto recifense que nasceu no ano de 1931. Foi aluno da chamada Escola de Recife (AFONSO, 2008), podendo ser assim considerado “discípulo”, pois seguiu e deu segmento às aprendizagens recebidas através de seus mestres e professores, levando dessa forma, tal experiência para as suas práticas individuais. Sua formação acadêmica teve o nome de arquitetos e professores tais como Mario Russo, Acácio Gil Borsói, Delfim Amorim e Heitor Maia Neto, entre outros.

Tertuliano possuiu um legado na cidade de Campina Grande - PB através da construção de obras tais como, a Escola Normal Padre Emídio Viana Correia (1970), Agenciamento paisagístico do monumento "Os Pioneiros" (1965), o fórum Afonso Campos (1977), o Clube do Trabalhador (1962) e inúmeras residências que ajudaram a engrandecer a arquitetura moderna na cidade.

Quanto as características geográficas e de implantação, o terreno onde o edifício está inserido possui uma declividade de aproximadamente 4m, que condicionou a distribuição do programa de necessidades em pavimentos diferentes. Além disso, o edifício está setorizado conforme a sua adequação no terreno, com um bloco de dois pavimentos de seção 27.50m x 12.60m na cota topográfica inferior e outro de mesmo dimensionamento na cota topográfica superior. A conexão entre os pavimentos é estabelecida através de um volume central de transição que abriga a caixa de escada central em “U” de 4.60m x 5.30m e que também concentra as instalações hidros sanitárias de banheiros e serviços.

O edifício apresenta critérios projetuais da modernidade arquitetônica, tais como o uso da modulação estrutural, no caso em questão de 3m x 5m, que influencia na composição da fachada ao criar uma relação rítmica. A estrutura utilizada é de concreto e ela enfatiza a atenção aos detalhes, o arquiteto usa de elementos como cobogós, utilizados para entrada de

ventilação no edifício pela circulação, também com a intenção de proporcionar uma melhor relação interior/exterior. As esquadrias são em madeira, solução atualmente obsoleta em edificações públicas, mas amplamente utilizadas na década de 70, elas são sombreadas por brises horizontais inclinados em placas de concreto pré-moldado fixados através de apoios metálicos, ao observá-los considerando toda a fachada, formam uma malha horizontal de significativa riqueza plástica.

O uso de peitoris ventilados serviu como estratégia para garantir um melhor desempenho no conforto térmico da edificação, com um uso majoritário em turno diurno, a solução buscou maximizar a circulação de ventos nos ambientes internos como forma de dissipar o calor. O volume central, onde está alocado a caixa de escada, usa placas de concreto pré-moldadas e cobogós. O resultado (Figura 3) é uma arquitetura moderna de solução racional, que leva em consideração os aspectos topográficos e climáticos do lugar.



Figura 3: Fotomontagem do bloco administrativo CM. Tertuliano Dionísio. 1977. Fonte: Autor, 2019.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida para o levantamento em laser scanner pode ser resumida em três etapas que serão apresentadas a seguir:

4.1 Configuração e operação do instrumento

Dos mais avançados instrumentos de levantamento para documentação no mercado aos mais clássicos e tradicionais, a calibragem é um procedimento que abrange diversos níveis de complexidade. No caso do Laser Scanner, essa etapa é fundamental e configura-se como o primeiro passo para ajustar o instrumento, visando sua posterior operação.

Esse processo envolve a configuração da velocidade da varredura e a quantidade de pontos a serem levantados, que possui impacto diretos na qualidade dos resultados finais. Em casos de

registros de plantas-baixas 2D, é indicado configurações com menor quantidade de pontos, visto que o principal objetivo é extrair informações acerca de dimensionamentos internos gerais, no entanto, para casos de documentação de objetos mais complexos, tais como a captura de detalhes em fachadas ou composições similares, é recomendada uma configuração que demande maior tempo de varredura e maior quantidade de pontos capturados.

No caso em estudo, optou-se por uma configuração padrão com um nível intermediário de qualidade, pois a fachada externa, devido a quantidade de detalhamento, necessitava de uma varredura detalhada, ao mesmo tempo, não se buscou explorar a capacidade máxima de escaneamento a fim de simplificar a etapa de processamento. Para um melhor desempenho em seu funcionamento, o aparelho contém uma série de sensores de inclinação, altímetro, bússola e câmera fotográfica que se configuram automaticamente a depender do lugar onde o aparelho é posicionado, sem necessidade de regulagem manual, a fim de evitar imprecisões na leituras manuais de dados.

O processo de configuração do aparelho foi instruído pelo Dr. Adolfo Lino de Araújo durante um workshop lecionado (Figura 4), para a execução do escaneamento no edifício de estudo. Esse Workshop constituiu de uma atividade prática promovida pelo Grupo de Pesquisa Arquitetura e Lugar/ Grupal intitulada: Documentação de patrimônio histórico com Laser Scanner, realizada no dia 10 de novembro de 2018, no campus sede da UFCG, com uma carga horária de 6h de atividades (teórica e prática).



Figura 4: Fotomontagem dos processos de configuração e instrução para operação do aparelho.
Fonte: Acervo GRUPAL, 2018.

4.2 Levantamento em campo

A partir do momento em que o aparelho se encontra configurado, cabe ao operador a definição dos pontos de localização previstos para a implantação do instrumento (Figura 5). A definição desses pontos devem privilegiar uma boa visibilidade da fachada ou do ambiente interno, assim como, a depender do nível de complexidade do objeto a ser registrado, pode

ser necessário um maior número de visadas, com o intuito de captar todas as informações necessárias.



Figura 5: Fotomontagem de definição das visadas em planta baixa (esquerda) e leitura nos pontos determinados (direita). Fonte: Acervo GRUPAL, 2018.

Outro problema bastante recorrente é a obstrução total ou parcial do objeto analisado, que dificulta a leitura dos pontos enviados para essas superfícies. Em ambientes internos, a disposição dos mobiliários pode afetar o destino do feixe de laser e ocultar determinadas medidas, ou criar pontos "cegos" ao campo de visão do aparelho. Enquanto para leituras externas, a presença de barreiras naturais tais como: árvores, encostas ou rochas, podem implicar em um maior número de pontos de leitura, como estratégia recomenda-se sempre que possível estabelecer visadas que desviem desses elementos.

A dificuldade para locação do aparelho pode representar um entrave na leitura de elementos arquitetônicos como cobertas e subsolos, sendo necessário na maioria dos casos, a adaptação do aparelho a drones ou suportes manuais. Superfícies reflexivas também dificultam as varreduras, pois ofuscam ou redirecionam o feixe de laser para outro direcionamento, prejudicando o processo de georreferenciamento da nuvem de pontos, e inviabiliza a sua posterior etapa de processamento.. Devido a essas questões, é recomendado um bom preparo do ambiente de levantamento, cobrindo as superfícies reflexivas, quando possível, e posicionando o aparelho em locais estratégicos.

As leituras realizadas no bloco CM limitaram-se a medições externas, visto o curto período de tempo em que o aparelho estaria disponível para a execução das atividades práticas do workshop. A partir disso, foram definidos 15 pontos de visadas na fachada norte, pela sua vasta extensão e maior grau de complexidade, ela apresenta uma grande quantidade de esquadrias, detalhes de arremates de brises, peitoris ventilados e o desnível topográfico com muro de arrimo e escadarias.

Todo o processo de varredura foi realizado em um dia de inatividade do campus universitário e durou cerca de 2 horas, onde todos os dados foram armazenados em um cartão de memória interno próprio do aparelho. Durante a varredura, deve-se evitar que os operadores estejam

posicionados no campo de visão entre o aparelho e a fachada, a fim de não prejudicar o direcionamento dos feixes de laser, também merece atenção evitar movimentações de pessoas próximas ao objeto, com isso é indicado a realização da leitura em horários de pouca movimentação no edifício.

Cada ponto de visada, representado por uma cor em um raio de abrangência (Figura 6), é um ponto de fixação do instrumento no qual foi lançado uma grande quantidade de feixes de laser para a construção da nuvem de pontos. Quanto mais pontos de leitura, maior a quantidade de nuvens de pontos geradas, e o equipamento consegue fornecer maiores informações daquele campo de visão do instrumento. A sobreposição de visadas ou a coincidência de ângulos entre elas não compromete os resultados, pois o sistema de georreferenciamento do aparelho permite identificar e agrupar pontos semelhantes na leitura dos dados, como será abordado adiante.

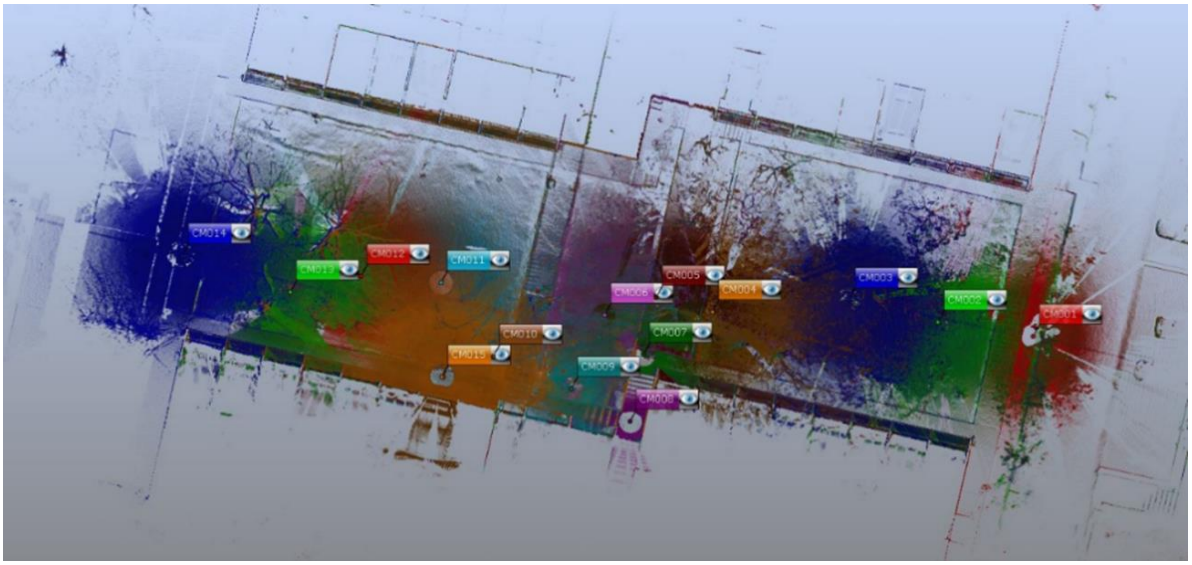


Figura 6: Localização dos pontos de implantação do aparelho e seus respectivos campos de leitura.
Fonte: Imagens capturadas do software FARO Scene. 2018.

Contudo, o distanciamento do equipamento para com a fachada influencia no grau de detalhamento das imagens geradas, no caso em questão, o ponto CM015 foi posicionado com mais proximidade a fim de capturar com maior precisão os detalhes construtivos da esquadria do edifício; nos pontos CM007 e CM008, objetivou-se um maior detalhamento das patologias construtivas identificadas na fachada; enquanto que nos pontos CM001 e CM014, buscou-se uma visão mais generalizada do conjunto da fachada norte com as fachadas leste e oeste, respectivamente.

4.3 Processamento

Em um terceiro momento, iniciou-se a etapa de processamento, na qual foi utilizado o software Scene (Faro) da empresa fabricante do instrumento utilizado. Nesse programa, cada nuvem de pontos é importada separadamente e, no caso de estudo, foram importadas 15 nuvens de pontos. Uma das ferramentas do software é unir as nuvens de pontos, visto que de uma visada a outra, existem pontos capturados em comum e que precisam estar unidos a tal ponto de evitar efeitos de duplicação e afetar no dimensionamento do objeto levantado. Após a sobreposição das nuvens de pontos (Figura 7), o programa começa a processar todos os dados.

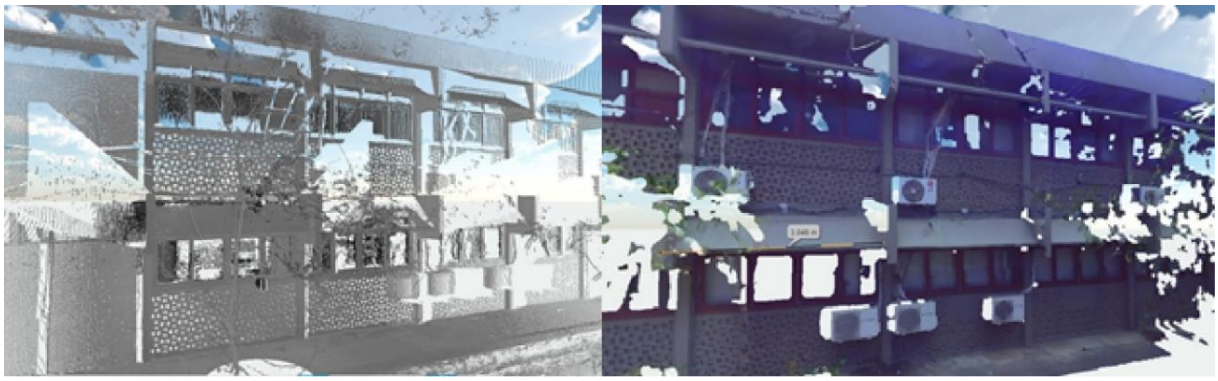


Figura 7: Fotomontagem da sobreposição da nuvem de pontos em modelo de visualização preto e branco (esquerda); e colorida (direita). Fonte: Imagens capturadas do software FARO Scene. 2018.

Este processo demanda tempo e máquinas com configurações gráficas razoáveis, sendo majoritariamente preferível o uso de aparelhos com placas de vídeo dedicadas. Finalizado o processamento, o software gera algumas visualizações padrões, como também oferece a possibilidade de arquivos editáveis, cabíveis de manuseio e edição em extensões do próprio software, bem como a flexibilidade de exportações em diversos formatos para operação em outros programas computacionais – a exemplo do Photoshop, Illustrator ou CorelDraw. A seguir serão apresentados os resultados obtidos com esse levantamento.

5. RESULTADOS

Como mencionado, o software Scene possui uma extensão de armazenamento e visualização, intitulada “Scene2Go”, que possibilita gerar visões panorâmicas e imersivas do edifício em 360º a cada ponto de visada onde o equipamento foi fixado e a possibilidade de medição virtual de distâncias. Essas funcionalidades representam um grande avanço do ponto de vista da documentação, pois apresentam valores com uma margem de erro de menos de 1% (ARAÚJO, 2015), haja vista, que em levantamentos convencionais a imprecisão dos instrumentos de medições geraria uma margem de erro bastante superior, e demandariam um maior período de tempo para a realização total da medição.

A utilização dessa extensão possibilita a revisão de informações quantitativas (altura, largura, espessura, comprimento) e qualitativas (patologias, intervenções, detalhes) sem a necessidade de retorno ao local do levantamento. A importância desse resultado é confirmada por Vázquez Ramos (2016):

> Posto que não são estáticas, mas dinâmicas, as representações digitais introduzem na pesquisa sobre arquitetura (histórica, crítica, analítica etc.) possibilidades de aproximação ao objeto arquitetônico que os meios analógicos tradicionais não contemplavam, como tampouco os desenhos originais. A mobilidade da imagem e a possibilidade de perambular pela obra, ainda que virtualmente, abrem um campo interpretativo desconhecido. Mesmo os trabalhos feitos com programas paramétricos podem trazer novos tipos de dados, como os quantitativos, que nunca antes foram usados em pesquisas históricas. Esses programas paramétricos são de grande valia para a reinterpretação de projetos complexos como os conjuntos habitacionais, que requerem sistematização das informações sobre os elementos arquitetônicos dos projetos (VÁZQUEZ RAMOS, 2016, p.05).

A precisão encontrada nos resultados foi condizente ao propósito da realização do workshop – de produzir uma documentação arquitetônica digital do bloco administrativo CM através do laser scanner, o software é capaz até mesmo de medir distâncias considerando suas angulações e profundidades (Figura 8).

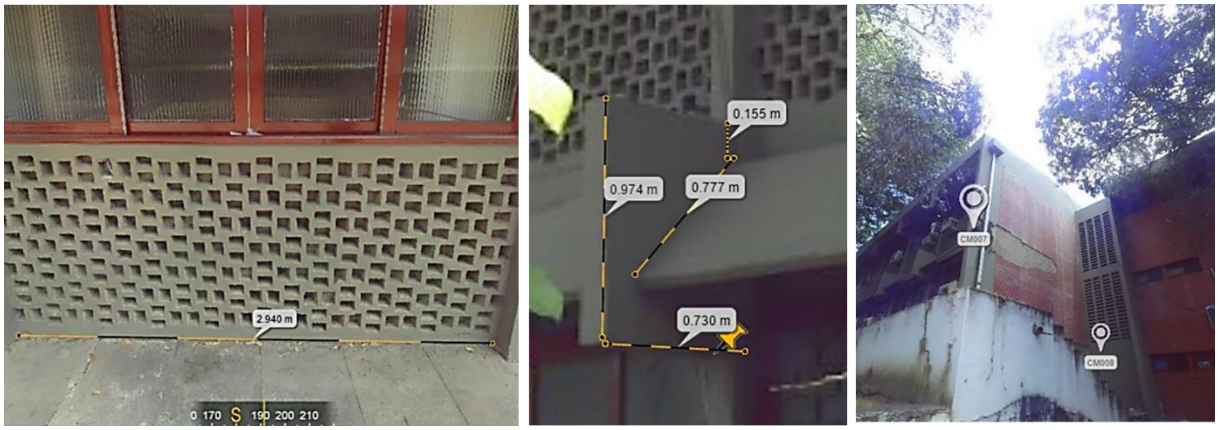


Figura 8: Sistema de medições quantitativas. Fonte: Imagens capturadas do software FARO Scene. 2018.

Dentre os materiais produzidos, o equipamento consegue gerar resultados de nuvens de pontos em escala de cinza (identificação e mapeamento dos pontos), coloridas (pigmentação dos pontos) e a própria imagem da edificação capturada pela câmera acoplada ao aparelho (suporte para a reconstrução de áreas de pontos obstruídos ou com presença de falhas).



Figura 9: Fotomontagem de ortoimagem gerada na extensão Scene (superior) e inserida no software da Autodesk "AutoCad" (inferior). Fonte: Imagens capturadas do software FARO Scene e Autocad. 2018.

Essas ortoimagens (Figura 9), denominação para arquivos digitais elaborados a partir de uma base de dados decodificadas, possuem flexibilidade de exportação para formatos (CAD, REVIT, PDMS, JPEG, PNG e etc.) e podem ainda ser utilizadas para redesenhos técnicos e reconstruções virtuais do objeto registrado (Figura 10), apresentando-se como uma importante ferramenta de documentação e catalogação de arquivos digitais.

Quanto as limitações e dificuldades encontradas no processo de registro do pavilhão administrativo CM, o produto da nuvem de pontos apresentou falhas devido à presença de uma grande massa vegetativa onde o edifício está implantado e que, nas visadas estabelecidas para o equipamento, alguns feixes de laser foram impedidos de alcançar determinados pontos da fachada. Com isso, ressalta-se necessidade de consultar os registros fotográficos gerados pelo aparelho a fim de corrigir os locais com ausência de pontos georreferenciados. Associado a essa problemática, tem-se a dificuldade de acesso a cobertura do edifício, tornando inviável a posição do aparelho de forma a realizar a sua leitura.

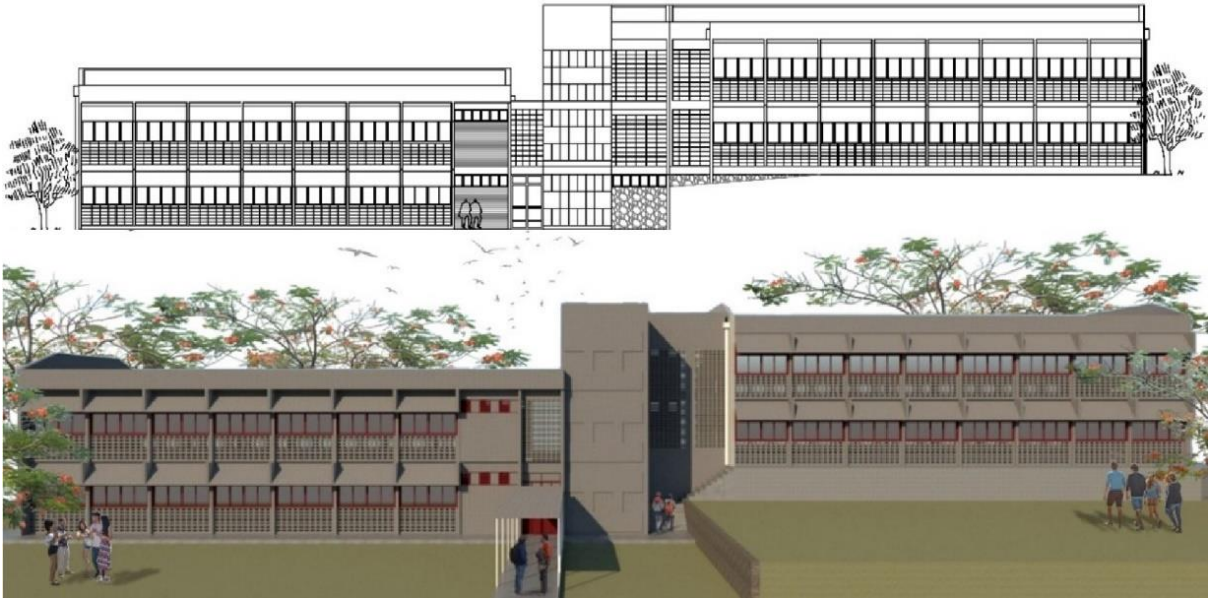


Figura 10: Redesenho de fachada e reconstrução virtual 3D do bloco CM. Fonte: Ivanilson Pereira e Matheus Simões, 2018.

Por conseguinte, a produção apresentada nesse artigo é resultado de um workshop desenvolvido no referido campus, dessa forma, a limitação na carga horária para a realização desse evento implicou na restrição da documentação de apenas uma fachada do bloco, o que não desvalida o produto desenvolvido, tendo em vista o caráter de apresentação e fundamentação dessa tecnologia como uma nova proposta de ferramenta de documentação de patrimônios históricos.

6. DISCUSSÃO

O desenvolvimento deste trabalho utilizando a tecnologia laser scanning certamente representa um grande avanço do ponto de vista da velocidade de documentação. Os métodos tradicionais de documentação arquitetônica envolvem o uso de uma série de equipamentos manuais tais como: fita métrica, níveis a laser, teodolitos, pêndulos de chumbo, telêmetros a laser, entre outros; que após o levantamento, são redesenhados manualmente em softwares computacionais como o AutoCAD. Apesar dos métodos apresentarem a possibilidade de serem utilizados em conjunto, o aumento gradativo do nível de complexidade do objeto arquitetônico a ser analisado pode favorecer resultados imprecisos durante a medição.

Somado a isso, tem-se a necessidade em atualizar os acervos históricos das entidades e órgãos públicos que ainda dispõem dos materiais projetuais originais para plataformas digitais, como estratégia de salvaguardar essa produção e facilitar a manipulação deles. Assim como conseguir um modelo as-built preciso da edificação, tendo em vista que com o passar do tempo, as plantas 2D em CAD, além de terem sido executadas possivelmente com alterações

devido a imprecisões, ficam obsoletas por transformações que corriqueiramente ocorrem nos edifícios públicos com o passar do tempo.

Entretanto, em muitas ocasiões é recorrente o levantamento in loco que, na maioria das vezes, não entregara grande precisão em superfícies mais complexas e de difícil acesso. O laser scanner, pelo contrário, oferece grande precisão e velocidade na coleta de dados, alcança superfícies de difícil acesso e gera ambientes de medidas desde plantas 2D e ambientes em 3D.

O laser scanner apresenta maior precisão comparado aos instrumentos tradicionais, capaz de detectar, até mesmo, problemas estruturais na edificação, como a flexão de vigas e pilares, que dificilmente são detectadas através da medição manual devido ao dimensionamento dos elementos. O papel que o levantamento possui, em geral, é imprescindível frente a atual conjuntura de constantes descaracterizações.

Diante do desdobramento da documentação tradicional associada as possibilidades de possíveis imprecisões de medição e representação gráfica, torna-se imprescindível uma rediscussão acerca da instrumentação do processo de documentação abordado. De fato, o ritmo das transformações nas cidades é gradativo e o patrimônio arquitetônico encontra-se em alerta, com isso, atualizar os antigos métodos torna-se uma prioridade para com a academia e instituições responsáveis pela documentação e preservação patrimonial.

A conjuntura atual de falhas na recuperação do patrimônio e de constantes acidentes que vem provocando danos de difícil reparo, traz à tona a necessidade de discutir a viabilidade da adoção dessa tecnologia e modos para torná-la um instrumento mais acessível para instituições de ensino, como universidades, e órgãos de salvaguarda de patrimônio. Cabendo ao poder público e a sociedade uma análise das vantagens e desvantagens que essa tecnologia oferece.

Por se tratar de uma tecnologia ainda não difundida em grande escala no cenário nacional, os altos custos para a aquisição dos equipamentos necessários para a documentação acabam tornando-se uma desvantagem em comparação aos meios de documentações tradicionais, que por sua vez apresentam maior acessibilidade. Consequentemente, para o processamento dos dados coletados pelo equipamento, é necessário a utilização de máquinas com configurações avançadas para a leitura, além da obtenção de softwares computacionais disponíveis no mercado de forma não gratuita. A carência de mão de obra qualificada para operação e processamento dessa tecnologia também se apresenta como um forte fator limitante para a utilização da tecnologia laser scanning.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo é um desdobramento de ações de ensino, pesquisa e extensão a nível de graduação e fomenta pesquisas na área de documentação desenvolvidas pelo grupo de pesquisa Arquitetura e Lugar, reconhecido pelo CNPq. Relacionada em específico a pesquisa PIVIC

"Tertuliano Dionísio: A presença do arquiteto em obras modernas de Campina Grande.1960-1980.", que estuda as obras modernas projetadas pelo arquiteto Tertuliano Dionísio. A documentação do edifício apresentado representa um ganho que prolonga sua memória como patrimônio moderno e do arquiteto Tertuliano Dionísio, contribuindo para o inventariado moderno da cidade e para o campo geral da Arquitetura e Urbanismo.

O levantamento realizado colabora para a formação de arquitetos sensíveis a necessidade e importância da documentação do patrimônio. Inclusive, este processo é fundamental para a construção de uma mentalidade voltada a conservação. Em meio a constantes negligências quanto ao estado da arte do patrimônio histórico, que se encontram em situações emergentes, com grande quantidade de patologias construtivas que podem levar a um colapso. A sensibilização por parte das instituições preservacionistas nos níveis federal, estadual e municipal é fundamental.

Destaca-se a importância de organizações como o DOCOMOMO Brasil a fim de atualizar o debate sobre patrimônio, trazendo à tona métodos de documentação que contribuam com as pesquisas, em seus respectivos avanços relacionados a precisão e agilidade. O método apresentado precisa ser mais difundido e alvo de estudos, alcançando o meio acadêmico através de workshops e oficinas práticas, a fim de construir novos campos de pesquisa que estudem a viabilidade dessas técnicas. Para que o uso dessas ferramentas seja refletido em documentações por parte de órgãos públicos e fomentem a conservação, e aperfeiçoe os processos de revitalização e restauro do acervo moderno.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. La consolidación de la arquitectura moderna en Recife en los años 50. Barcelona: tese doutoral apresentada para o departamento de projetos arquitetônicos da ETSAB/ UPC, 2006.

AFONSO, A. A Influência da escola do recife na arquitetura de Campina Grande 1950-1970. Belo Horizonte: 4º Seminário Ibero americano Arquitetura e Documentação, 2015.

ARAÚJO, A. Cadastro 3D no Brasil a partir de varredura a laser (laser scannig). Florianópolis: tese doutoral apresentada para o centro tecnológico do PPGEC/ UFSC, 2015. 178 p.

LIMA, F. Ferramentas Digitais na Conservação do Art Déco. In: ARQdoc. III Seminário internacional sobre documentação do patrimônio arquitetônica com o uso de tecnologias digitais, 2014, João Pessoa. ARQdoc - Anais do Evento. João Pessoa: Editora UFPB, 2014.

QUEIROZ, M. e ROCHA, F. Caminhos da arquitetura moderna em Campina Grande: emergência, difusão e a produção dos anos 1950. Recife: 1° Seminário DOCOMOMO Norte Nordeste, 2006.

VÁZQUEZ RAMOS, F. Redesenho. Conceitos gerais para compreender uma prática de pesquisa histórica em arquitetura. Arquitextos, São Paulo, ano 17, n. 195.09, Vitruvius, ago. 2016.

COMPLEXO DO ITAMARATY, RIO DE JANEIRO: UMA CAMPANHA DE LEVANTAMENTO ARQUITETÔNICO

Itamaraty complex, Rio de Janeiro: an architectural survey campaign

Benjamim Motta Saviane

Mestre, Instituto Pedra, benjamim@institutopedra.org.br

Renata Cima Campiotto

Graduada, FAU USP, renata.campiotto@usp.br

Resumo

O artigo tem como objetivo descrever a recente campanha de levantamento arquitetônico do complexo do Itamaraty, no Rio de Janeiro. O conjunto é objeto de um convênio entre o Ministério das Relações Exteriores, a empresa Itaipu Binacional e o Instituto Pedra, para o desenvolvimento de projetos de restauração arquitetônica e gestão de seus acervos. Pré-requisito fundamental para o estudo, projetação ou ação interventiva em pré-existências, a documentação arquitetônica se mostrou um especial desafio no âmbito desse projeto, devido às características dos edifícios estudados e às circunstâncias de realização, em meio à pandemia de coronavírus. As reflexões e estratégias elaboradas neste contexto podem oferecer contributos para a viabilização de ações de documentação em bens culturais de grande complexidade. Para o cumprimento desse percurso, destaca-se a relevância da observação de preceitos teórico-metodológicos do levantamento, orientados por discussões recentes nesse campo disciplinar.

Palavras-chave: Levantamento arquitetônico; Escaneamento laser 3D, Palácio Itamaraty (RJ)

Abstract

The article describes the recent architectural survey campaign of the Itamaraty complex, in Rio de Janeiro. The set of buildings is object of an agreement between the Ministry of Foreign Affairs, the company Itaipu Binacional and Instituto Pedra, for the development of architectural restoration projects and management of its collections. Being a fundamental requirement for the study, design or intervention in pre-existing assets, the architectural documentation proved to be a special challenge within the scope of this project, due to the characteristics of the buildings and to the circumstances of its realization, in the midst of the coronavirus pandemic. The reflections and strategies elaborated in this context can offer contributions to the feasibility of documentation actions in complex cultural heritage. To fulfill this path, the paper highlights the relevance of observing the survey's theoretical-methodological precepts, guided by recent discussions in this disciplinary field.

Keywords: *Architectural survey; 3D laser scanning; Palácio Itamaraty (RJ)*

1. INTRODUÇÃO: O LEVANTAMENTO COMO ATO CRÍTICO E INSTRUMENTO COGNITIVO

Palco de importantes eventos da história imperial e republicana, e sede histórica da diplomacia brasileira, o complexo do Itamaraty no Rio de Janeiro é construído (1855) como palacete do Conde de Itamaraty, sendo comprado pelo Estado Brasileiro com a Proclamação da República. Trata-se da primeira sede do governo republicano (1889-1898) e, após a transferência deste para o Palácio do Catete, torna-se sede do Ministério das Relações Exteriores (1898-1970). Ali tiveram gabinete os primeiros presidentes da república e, após, o diplomata Barão do Rio Branco, que faleceu no próprio palácio. O complexo teve um período de apogeu no início do séc. XX, quando foram feitas uma série de adaptações em suas instalações, compreendendo também a construção de um edifício de escritórios e uma nova Biblioteca.

A área de interesse compreende os seguintes edifícios:

- Palácio Itamaraty (1855), representante do estilo neoclássico no Rio de Janeiro, cujo risco é atribuído a José Maria Jacinto Rebelo, discípulo de Grandjean de Montigny.
- Ed. das Cavalariças, de aspecto chão e alongado, originado como área de apoio para funções vinculadas ao funcionamento do palacete ainda no séc. XIX.
- Ed. Biblioteca, Mapoteca e Arquivo, projetado por R. Prentice e A. Floderer (1930), considerada um modelo exemplar de biblioteca pública no período.
- Ed. Niterói, construído como um conjunto de apartamentos com traços *art-déco* "marajoara", tendo sido incorporado ao escopo após o início do convênio.

Para melhor compreensão das ações de documentação levadas a cabo, é necessário, primeiramente, promover um alinhamento de premissas através de algumas considerações iniciais. Estas reflexões merecem ser compartilhadas como introdução ao estudo de caso, pois efetivamente precederam o planejamento operacional do projeto a ser desenvolvido. Mais do que descrever a realização de um trabalho de documentação arquitetônica, o intuito deste artigo é pôr em evidência a relação entre as decisões operacionais tomadas e os pressupostos metodológicos que as orientaram.

Por se tratar de um projeto envolvendo pré-existências, ademais, de extrema complexidade, o levantamento arquitetônico passa a adquirir importância central para subsidiar a projetação. Essa centralidade reside no fato de que a documentação arquitetônica supera o estatuto de "*as built*", eventualmente assimilado pelo senso comum no âmbito da construção civil, e adquire a importância de instrumento de pesquisa. Esse particular instrumental opera metodologicamente como um espécie de "engenharia reversa" em relação ao edifício estudado, como o tem reafirmado a bibliografia recente. Nas palavras de Riccardo Migliari,

> levantamento arquitetônico é a reconstrução do projeto. Por certo essa definição pode parecer simplista, mas tem a vantagem de ser imediata. O levantamento, de fato, é evidentemente um processo inverso, no qual, a partir de um manufato existente são reconstruídos os elaborados necessários para realizá-lo, assim como o

> é hoje, e se interpreta a sua ideia projetual, que quase sempre não coincide exatamente com a sua realização (MIGLIARI, 2004, p. 63. Tradução nossa).

Essa questão também é reafirmada em um importante documento doutrinário recente, a *Carta do levantamento arquitetônico* (2000), que procura ratificar os parâmetros metodológicos e deontológicos da disciplina em questão:

> Em resumo, assume-se que fazer o levantamento de um episódio arquitetônico contribui eficazmente para a verificação de um percurso crítico do processo construtivo (portanto, projetual) seguido por sua realização, de modo a compreender as razões das escolhas e as próprias escolhas afinal realizadas, testemunhadas materialmente pelo edifício. (ALMAGRO et al, 2000. Tradução nossa).

Portanto, em uma perspectiva fundamentalmente *metodológica*, o levantamento arquitetônico passa a ser percebido como uma disciplina, mais do que simples prática. Essa disciplina tem como objetivo a documentação do edifício em seus aspectos formais, dimensionais, técnicos e tecnológicos. O edifício estudado, por sua vez, passa a ser visto como um *organismo arquitetônico*, composto por diferentes partes organizadas e articuladas entre si (Cf. DOCCI; MAESTRI, 2010, p. V e SAVIANE, 2021, p. 188) o que também enseja uma leitura tectônica da arquitetura, isto é, enquanto uma conjunção de elementos tecnológicos (Cf. FRAMPTON, 2006 e BRUSCOLI, 1991, pp. 11-16). Em se tratando de um projeto que envolve a conservação de acervos, muitos deles integrados ao arcabouço arquitetônico, a compreensão de um conjunto de edifícios enquanto organismos, com sua específica condição ambiental, torna-se um tema ainda mais sensível.

Essa abordagem tem como ponto fundamental a compreensão do levantamento como atividade técnica sob *orientação crítica*, já que todo trabalho de documentação implica na filtragem de informações. Tendo em vista que um edifício consiste em um organismo de grande complexidade, é necessário que o operador do levantamento tenha um *preparo cultural* adequado para compreender o contexto de produção do objeto estudado, e assim cumprir os objetivos de documentação dos aspectos formais mas também culturais (artísticos, tecnológicos etc.) mencionados anteriormente (DOCCI; MAESTRI, 2010, pp. 25-26).

2. QUESTÕES METODOLÓGICAS

A equipe responsável pela elaboração do projeto já contava com experiências prévias com documentação arquitetônica, em circunstâncias de reconhecida complexidade. Algumas dessas experiências geraram reflexões no âmbito científico, oferecendo arcabouço crítico para a definição das soluções que viriam a ser empregadas no caso do Itamaraty (a respeito dessas reflexões, cabe mencionar a restauração da Vila Itororó, em São Paulo. Cf.: CARVALHO et al, 2019 e SAVIANE, 2021). As principais questões evidenciadas estavam vinculadas à escolha do método de levantamento; ao invés de ter em conta um método de trabalho determinado *a priori*, considerou-se a definição do método a partir das características morfológicas do objeto.

Para tanto, partiu-se da análise dos principais métodos de levantamento disponíveis, que podem ser classificados de acordo com as formas de aquisição de dados (DALLAS, 2007, DOCCI; MAESTRI, 2010). São eles:

(a) Levantamento direto: método no qual as medidas são obtidas diretamente a partir do objeto através de instrumentos longimétricos (isto é, que medem apenas distâncias lineares), o que requer acesso físico do operador aos locais a serem medidos; prescinde de equipamentos com alto grau de desenvolvimento tecnológico e precisão, mas demanda o emprego de amplos recursos humanos, uma vez que esse tipo de trabalho precisa ser desenvolvido em equipe. Ademais, como o processamento de dados é feito a partir de reconstituições geométricas baseadas nas medidas efetivamente anotadas a campo, o tempo de trabalho costuma variar em virtude da complexidade do objeto estudado. Esse foi o método majoritariamente empregado em trabalhos que haviam sido desenvolvidos anteriormente, conferindo grande expertise para a equipe.

(b) Levantamento indireto ativo (ou instrumentado): método no qual as medidas são obtidas de forma indireta em relação ao objeto, através de equipamentos capazes de tomar não apenas medidas longimétricas, mas também angulares, como teodolitos e estações totais. Este método compreende o uso de técnicas que prescindem do contato direto com o objeto, como o escaneamento laser 3D.

(c) Levantamento indireto passivo: método no qual as medidas são obtidas através de imagens, de forma indireta em relação ao objeto. Neste caso, os dados são obtidos através da retificação de fotografias ou de fotogrametria. Ainda que seja considerado um método de relativa facilidade e rapidez de execução, a precisão dos resultados dependerá sobretudo da resolução da imagem gerada e do rigor executivo da operação. A depender da complexidade do objeto ou local, torna-se necessário aliar outros métodos, de modo que se obtenha uma escala modelo de referência e verificação para as imagens tomadas - o que pode tornar o processo extenso.

Além dessa avaliação dos principais métodos, foi considerada uma divisão geral das atividades de levantamento, orientada pelas fases de **aquisição** e **pós-elaboração (processamento)** de dados. Com isso, constatou-se que tanto a abrangência da área construída quanto a morfologia e a presença ostensiva de ornamentação e acabamentos finos condicionavam o levantamento ao emprego de métodos indiretos, para os quais o escaneamento laser 3D parecia consentir a forma mais eficiente de aquisição de dados.

Para compreender essa afirmação de forma precisa é importante aclarar que, por “eficiência”, não pretendemos dizer “maior capacidade” de aquisição de dados como valor absoluto, e sim, maior capacidade de aquisição de dados qualitativos em relação às demandas de documentação do objeto, tendo em conta o emprego de recursos para isto; afinal, para o caso de um hipotético ambiente poligonal simples e isolado, por exemplo, não é certo que o método com maior capacidade de aquisição de dados seja o *mais eficiente* para a documentação, pois métodos muito menos custosos se mostram igualmente atendíveis para

as *demandas de conhecimento* daquele objeto. Com essa reflexão, queremos indicar que a validade dos métodos de levantamento não implica predicados absolutos, mas sim, aqueles que melhor se coadunam às *demandas de conhecimento do objeto estudado*, algo que sempre deve ser tomado em conta. Outro fator decisivo para a escolha desse método era a viabilização do cronograma de projeto, que era subordinado à contratação dos serviços com limitações de prazo.

Em contrapartida, os métodos indiretos consistiam em formas de levantamento menos exploradas pela equipe, se comparados com métodos diretos, por exemplo; com efeito, experiências anteriores haviam proporcionado contato com o escaneamento laser 3D, mas ainda de forma preliminar, e não incorporado à aquisição sistemática de dados em um trabalho completo de levantamento. Tal foi, justamente, o caso da Vila Itororó, no qual a experiência de levantamento direto dialogou com um escaneamento piloto para o edifício de maior complexidade do conjunto, realizado em um convênio de formação elaborado conjuntamente com o DIAPReM (Centro Departamental *Development of Integrated Automatic Procedures for Restoration of Monuments* do Departamento de Arquitetura da Universidade de Ferrara), pioneiro grupo de pesquisa italiano. Esse tipo de experiência proporcionou as primeiras indagações com relação ao método, mas ainda não havia consentido um contato sistemático na elaboração de um trabalho de documentação completo. Ao mesmo tempo, foi justamente através dessas mesmas experiências que teve início uma ponderação acerca dos potenciais e limitações de uma eventual apropriação de um pacote tecnológico tão específico como esse que envolve o escaneamento laser 3D, por parte de uma equipe dedicada a projetos culturais em sentido amplo.

Para o caso do Itamaraty foi feita uma verificação inicial de custos considerando a documentação que empregasse o levantamento direto a encargo da equipe de projetos, contraposta ao emprego do levantamento indireto com a terceirização da aquisição de dados legada a fornecedores especializados, por exemplo. Curiosamente, essa verificação indicou que o emprego do levantamento direto, com investimentos em recursos humanos para o tempo necessário, acabaria sendo superior ao investimento tecnológico considerando a terceirização dos serviços especializados. No caso observado, é importante ressaltar que fatores isolados (como área construída, por exemplo), não devem ser tomados como critérios absolutos para a escolha do método.

Tendo todas essas variáveis como ponto de partida, se chegou à conclusão de que era necessário viabilizar o levantamento arquitetônico por meio do escaneamento laser 3D. Em um primeiro momento, buscou-se a parceria com a equipe do DIAPReM para a realização de um trabalho completo compreendendo também a capacitação da equipe de projetos para a manipulação dos dados que seriam entregues já processados. Lamentavelmente, o momento em que as tratativas avançavam coincidiu com a deflagração da pandemia de coronavírus no primeiro semestre de 2020. Dada a impossibilidade de parceira nesta ocasião, foram consideradas alternativas secundárias, restritas à contratação de empresas especializadas que atuassem em território nacional – algo que, naquele momento, mostrava-se um desafio a ser

enfrentado, uma vez que o mercado brasileiro nesse setor é ainda incipiente no campo do patrimônio cultural. As principais discussões sobre o tema restringem-se, em grande medida, a experiências realizadas em âmbito acadêmico (KÜHL et. al., 2021, no prelo), em que os serviços executados partem de acordos de cooperação científica e ciclos de formação de pesquisadores, voltados à exploração e ao estudo das potencialidades do método empregado.

A questão da oferta de serviços foi objeto de reflexões específicas. Com efeito, o Brasil dispõe de notável quantidade de técnicos e equipamentos voltados para a operação do escaneamento laser 3D, porém, geralmente vinculados ao ramo industrial - mais especificamente ao levantamento de instalações do setor petroquímico, por exemplo (CAMPIOTTO, 2019). Essa condição interfere em um dos aspectos do levantamento arquitetônico já comentado neste artigo, ou seja, da necessidade do preparo cultural adequado do operador para *compreender* as características constitutivas do objeto estudado. Devido a uma oferta mais restrita relacionada ao campo do patrimônio cultural, a decisão de buscar alternativas locais implicou na definição de *condições de controle* para a elaboração do trabalho, considerando-se o âmbito do projeto como um todo, no qual haveria a previsão de atividades bastante variadas, abrangendo a documentação dos edifícios, a restauração dos mesmos, e a gestão dos múltiplos acervos sob tutela da instituição-sede.

3. ESTRATÉGIAS EMPREGADAS

A primeira condição de controle estabelecida foi a de que o trabalho de aquisição de dados deveria ser realizado por empresa especializada, mas de forma a consentir a formatação da documentação a encargo direto da equipe de projetos. Essa decisão foi tomada a partir da percepção de que o produto do escaneamento é a nuvem de pontos, que consiste num conjunto de dados brutos, embora com notável quantidade e precisão de informações - quando realizado com planejamento e rigor executivo. Contudo, a nuvem de pontos não se trata da documentação em si; para a passagem dos dados à formatação da documentação arquitetônica, é necessário um trabalho de **discretização**, ou seja, a conversão dos pontos levantados em um conjunto de linhas que represente graficamente suas características morfológicas e seja compatível, posteriormente, com a representação gráfica exigida para a projetação (DOCCI; MAESTRI, 2010, p. 26). Ao se dar conta disso, a equipe pôde vincular, por analogia, a restituição gráfica do levantamento direto (de seu domínio) com a do levantamento indireto, uma vez que a discretização é uma operação comum a ambos os métodos. No caso, o que os difere é a forma de aquisição de dados e as especificidades de pós-elaboração dos mesmos, mas a hierarquia processual continua sendo, grosso modo, a mesma: aquisição e pós-elaboração de dados para a formatação da documentação arquitetônica. Com essa constatação foi possível desenhar estratégias de apropriação ativa, nas quais a equipe de projetos passou a ter controle sobre a produção da documentação a partir de suas etapas metodológicas, e não sobre os procedimentos do escaneamento, estes sim, de competência técnica específica (Figuras 1-2).

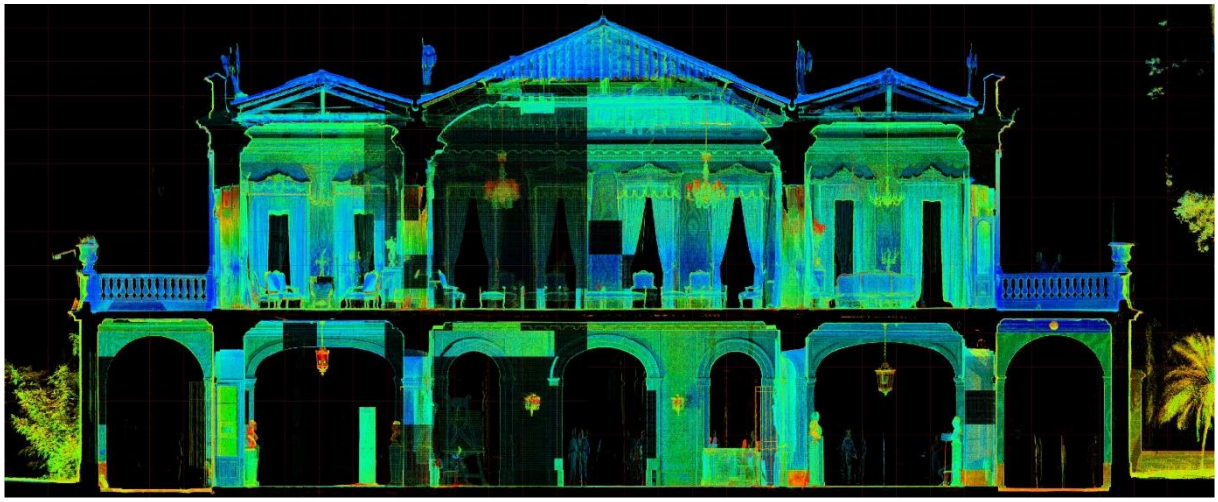


Figura 1: Ortofoto do Palácio, extraída a partir de nuvem de pontos (altimetria).
Fonte: Geraldo Lopes (CieloX), 2020.

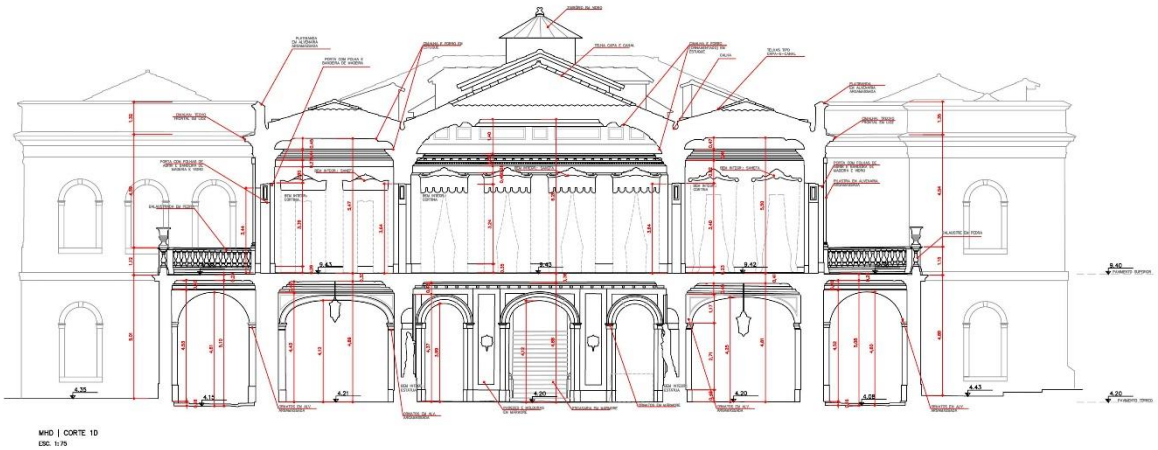


Figura 2: Secção arquitetônica do Palácio, elaborada a partir de ortofoto.
Fonte: Benjamim Saviane, Amanda Ribeiro (Instituto Pedra), 2020.

Frente a isto, e com a prerrogativa de que os resultados de um levantamento a escaneamento laser 3D devem ser condizentes com o rigor de sua execução, a equipe decidiu contratar, junto ao serviço do levantamento em si, uma consultora especializada na área. Dessa maneira, poderiam ser controladas as etapas preliminares, desde a definição do escopo de trabalho e dos critérios de acuidade necessários para obtenção dos produtos requeridos, até os últimos estágios, isto é, verificação da qualidade das nuvens de pontos e treinamento da equipe para manuseá-las.

O trabalho de consultoria teve como objetivo a elaboração de um Termo de Referência para a contratação dos serviços especializados. O documento derivou de uma série de discussões cujo objetivo era estabelecer os critérios do serviço a ser contratado, tomando por base os resultados esperados e seu efetivo suporte ao projeto de restauração em desenvolvimento. Diversas variáveis foram levadas em consideração: a qualidade dos produtos e o custo da

contratação dos diferentes tipos de levantamento disponíveis, o tempo para a execução do serviço pela empresa terceirizada a ser contratada e para a pós-elaboração das peças gráficas pela equipe interna do Instituto Pedra; o aporte tecnológico que se faria necessário para armazenar e manusear os arquivos, além da possibilidade de utilização múltipla dos dados obtidos pela equipe do Instituto.

O objetivo final desse documento era propiciar a apresentação de propostas comerciais que levassem em conta **serviços com orientação metodológica verificável pela contratante**, e não apenas um conjunto de produtos. Na forma de carta-convite, foi apresentado o escopo dos serviços a serem orçados, incluindo o levantamento planialtimétrico de todo o lote do complexo do Itamaraty, o escaneamento laser 3D integral dos quatro principais edifícios que o compõem - e que são alvo do projeto em desenvolvimento, e o levantamento arbóreo das espécies existentes no terreno. Um fator importante, levado em consideração quando da elaboração do Termo de Referência, diz respeito à requisição da obtenção de coordenadas georreferenciadas de pontos estratégicos no entorno dos edifícios durante o levantamento planialtimétrico. Essa metodologia torna-se especialmente vantajosa durante o processo de interligação entre as nuvens de pontos geradas pelas diversas varreduras do escaneamento laser 3D, contribuindo para a aferição da qualidade dos resultados. Compreende-se, nesse sentido, que a integração entre variados métodos de levantamento contribui para o refinamento da documentação final.

Sobre o escaneamento laser 3D, foram explicitadas diretrizes mais assertivas, dada a complexidade da operação e a necessidade de que o cronograma estipulado para o projeto fosse mantido o tanto quanto possível. Dentre as especificações de escaneamento de todos os ambientes internos e superfícies externas (abrangendo fachadas e coberturas), era exigida a acurácia geométrica da ordem de 3-4mm por coordenada capturada pelo aparelho de scanner laser. Com isso, o levantamento deveria possibilitar que a equipe de projetos elaborasse produtos gráficos bidimensionais em escala 1:50 - 1:75, por meio da discretização da nuvem de pontos resultante das diversas varreduras, conforme comentado anteriormente.

Junto a isso, foi frisada a importância do acompanhamento da equipe de projetos do Instituto Pedra em todas as etapas: planejamento das ações, execução dos serviços e avaliação dos produtos. Dessa maneira, seria possível examinar a execução dos trabalhos com maior controle dos resultados que seriam entregues pela empresa terceirizada, evitando a necessidade de revisões ou retrabalhos que viriam a atrasar o prazo estipulado. Nesse momento, era também imprescindível que a empresa a ser contratada se ativesse àquilo que era requerido pelo Termo de Referência, sem oferecer em sua proposta comercial soluções outras que não aquelas previamente definidas.

Ao todo, cinco empresas foram convidadas para a apresentação de propostas comerciais preliminares. Frisa-se que todas exibiam em seu portfólio experiências prévias correspondentes aos serviços em cotação e, portanto, se mostravam aptas a realizá-los. No entanto, durante análise das propostas encaminhadas ao Instituto Pedra, constatou-se que nem todas correspondiam ao que havia sido solicitado, tampouco apresentavam a

metodologia específica a ser adotada (Quadro 1). Assim, mesmo que a carta-convite tenha sido desenvolvida de modo a orientar a apresentação dos serviços por parte das empresas, com especificações claras a respeito do que era esperado, verificou-se dificuldades iniciais do mercado em se ofertar o tipo de trabalho com o *rigor metodológico* solicitado (mais do que um produto em si).

Critérios de análise das propostas	**Empresas convidadas**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Atendimento ao escopo (levantamento planialtimétrico, arbóreo e escaneamento)	Sim	Parcialmente	Parcialmente	Sim	Parcialmente
Entrega dos produtos requeridos	Não	Não	Parcialmente	Sim	Parcialmente
Definição do equipamento a ser utilizado	Não	Sim	Sim	Sim	Não

Quadro 1: Comparação das propostas comerciais iniciais enviadas pelas cinco empresas especializadas nos serviços de levantamento topográfico e métrico-arquitetônico, incluindo escaneamento laser 3D. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Identificada essa lacuna, a equipe de projetos julgou conveniente produzir um novo documento, esclarecendo pontos essenciais para serem levados em consideração pelas empresas em uma revisão de suas propostas comerciais. Foi incluído um tópico a respeito do escaneamento das coberturas dos edifícios, ao invés do uso de drones, resultando em uma nuvem de pontos unificada e gerada por apenas um método - desse modo, seria minimizado o índice de erro somado pelos aparelhos utilizados (INMETRO/CICMA/SEPIN, 2014). Também mostrou-se conveniente incluir ilustrações mais detalhadas dos edifícios e exemplos de peças gráficas extraídas de nuvens de pontos (ou ortofotos), o que compunha item fundamental dentre os produtos a serem entregues pela empresa terceirizada. Após envio das propostas revisadas pelas empresas convidadas, foi feita uma nova análise (Quadro 2). É curioso observar, neste caso, que frente às questões colocadas, a empresa "5" retirou-se da concorrência, alegando não haver interesse em realizar o trabalho sob tais condições.

Critérios de análise das propostas revisadas	**Empresas convidadas**			
	1	**2**	**3**	**4**
Atendimento ao escopo (levantamento planialtimétrico, arbóreo e escaneamento)	Sim	Sim	Não	Sim
Entrega dos produtos requeridos	Sim	Parcialmente	Parcialmente	Sim
Definição do equipamento a ser utilizado	Sim	Sim	Sim	Sim

Quadro 2: Comparação das propostas comerciais revisadas pelas quatro empresas especializadas nos serviços de levantamento topográfico e métrico-arquitetônico, incluindo escaneamento laser 3D. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A seleção da empresa se deu após a realização de reuniões com cada uma das proponentes, de modo a esclarecer pontos que ainda haviam ficado em aberto após o envio das propostas comerciais revisadas. O valor cobrado pelo serviço e o cronograma de trabalho, bem como a

disposição da equipe em realizá-lo de forma cooperativa, foram fatores decisivos para a escolha - sendo essa a da empresa “2”.

Em paralelo às estratégias descritas acima, outra parte fundamental do processo dizia respeito à gestão dos dados obtidos, seu manuseio e armazenamento. Junto ao treinamento da equipe do Instituto Pedra para avaliar e operar as nuvens de pontos, fez-se necessária a aquisição de um computador com especificações técnicas competentes para trabalhar nestas condições, bem como equipamentos para cópia de segurança e distribuição. Esses fatores são muitas vezes negligenciados quando da escolha do escaneamento como método para levantamento métrico de um edifício ou lugar (vê-se a ausência da forma de entrega dos produtos nas propostas comerciais das empresas terceirizadas).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente caso procura demonstrar como a observação dos preceitos metodológicos do levantamento arquitetônico, compreendido sob parâmetros científicos, repercute decisivamente no resultado de um trabalho concreto de documentação. No caso em questão, a não viabilidade de domínio de uma tecnologia muito específica para um trabalho tão singular foi contornada pelo estabelecimento de condições de controle dos processos que, invariavelmente, deveriam envolver técnicos especializados.

A decisão de pós-elaboração dos dados por encargo direto da equipe de projetistas foi crucial para a compreensão do objeto e a garantia da acurácia de representação necessária para a documentação arquitetônica. Este percurso pode lançar luz sobre outros casos em que a contratação de um escaneamento laser 3D para o patrimônio tenha resultado em produtos, eventualmente, aquém do esperado.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Escritório de Representação do Itamaraty no Rio de Janeiro - ERERIO pela viabilização dos esforços de restauração do Complexo e à empresa Itaipu Binacional pelo financiamento da etapa de projetos. Os trabalhos de levantamento aqui descritos foram coordenados pela equipe de Arquitetura do Instituto Pedra, com escaneamento laser 3D feito pela empresa CieloX e consultoria da arquiteta Renata Cima Campiotto (com apoio e anuência da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo n. 2019/10406-0).

REFERÊNCIAS

ALMAGRO, A. et al. Verso la “Carta del Rilievo Architettonico”. Testo di base per la definizione dei temi [online]. 2000. Disponível em:

http://www.rilievourbano.org/immagini/didattica/corso_rilievo/Carta_del_rilievo.pdf. Acesso em: 27 jul. 2021.

BRUSCOLI, A. Rilevare per recuperare. Bolonha: Pitagora, 1991.

CAMPIOTTO, R. Escaneamento laser 3D na preservação do patrimônio edificado: experiências no Museu Paulista da USP. In: 1º ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL (HBIM), 2019, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: IAU-USP, 2019. Disponível em: https://sites.google.com/usp.br/hbim/e-anais. Acesso em: 27 jul. 2021.

CARVALHO, N.; ULLOA, B.; SAVIANI, B. Materiais construtivos como instrumento de pesquisa histórica: o contexto de edificação da Vila Itororó. In.: 3º Simpósio Científico do ICOMOS Brasil, 2019, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: Centro de Atividades Didáticas 2-CAD2, Universidade Federal de Minas Gerais, 2019.

DALLAS, R. Tools Overview. In.: EPPICH, R.; CHABBI, A. (org.). Recording, documentation and information management for the conservation of heritage places: illustrated examples [online]. Los Angeles, CA: Getty Conservation Institute, 2007, pp. 5-9.

DOCCI, M.; MAESTRI, D. Manuale di rilevamento architettonico e urbano. Nuova edizione ampliata (Grandi Opere). Roma: Editori Laterza, 2010.

FRAMPTON, K. Rappel a l'ordre: Argumentos em favor da tectônica. In: NESBITT, K. (org.). Uma nova agenda para a arquitetura. São Paulo: CosacNaify, 2006.

INMETRO/CICMA/SEPIN. Avaliação de dados de medição: uma introdução ao "Guia para a expressão de incerteza de medição" e a documentos correlatos – INTROGUM 2009. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2014.

KŰHL, B. et. al. Escaneamento a laser em 3 dimensões e métodos de levantamento integrados: reflexão crítica a partir da cooperação FAU USP – DIAPReM. Gestão & Tecnologia de Projetos. São Carlos, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU USP). No prelo 2021.

MIGLIARI, R. Per una teoria del rilievo architettonico. In: Disegno come modello, pp. 63-65, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/2826011/Per_una_teoria_del_rilievo_architettonico. Acesso em: 27 jul. 2021.

SAVIANE, B. Levantamento arquitetônico: prática antiga, disciplina contemporânea. Dissertação (Mestrado) em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SMART HERITAGE CITY: PRESERVAÇÃO DO PÁTIO FERROVIÁRIO DA ESTAÇÃO NOVA DE CAMPINA GRANDE NO CONTEXTO DAS CIDADES INTELIGENTES

Smart heritage city: conservation the railway patio at new station of Campina Grande in the context of smart cities

Alcilia Afonso de Albuquerque e Melo

Dra., Arquitetura e Urbanismo, UFCG, kakiafonso@hotmail.com

Resumo

O artigo possui como objeto de estudo, a investigação que vem sendo realizada sobre o pátio ferroviário da Estação Nova de Campina Grande no contexto das cidades inteligentes. Objetiva socializar a pesquisa na linha de preservação ambiental (natural e construído) da modernidade relacionada ao discurso prático contemporâneo- voltado para cidades criativas, trazendo à tona, o conceito de Smart Heritage City (SHCITY). Justifica-se por constatar que a arquitetura é uma maneira de ver, pensar e questionar o nosso mundo e nosso lugar e um meio de melhorar a qualidade de vida das pessoas. Entretanto, observa-se que quase inexiste uma abordagem voltada às questões relacionadas ao patrimônio cultural e smart city. Como pode-se fortalecer a discussão da preservação ambiental na política urbana municipal, contribuindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas, da comunidade, das cidades, da paisagem, e consequentemente do planeta relacionando patrimônio e cidades inteligentes?

Palavras-chave: patrimônio industrial; patrimônio ferroviário; cidades inteligentes; preservação

Abstract

The article has as its object of study, the investigation that has been carried out on the railway yard at Estação Nova de Campina Grande in the context of smart cities. It aims to socialize research in the line of environmental preservation (natural and built) of modernity related to the contemporary practical discourse – focused on creative cities, bringing to light the concept of Smart Heritage City (SHCITY). It is justified by noting that architecture is a way of seeing, thinking and questioning our world and our place and a way to improve people's quality of life. However, it is observed that there is almost no approach focused on issues related to cultural heritage and smart city. How can the discussion of environmental preservation in municipal urban policy be strengthened, contributing to improve the quality of life of people, the community, cities, the landscape, and consequently the planet, relating heritage and smart cities?

Keywords: *industrial heritage; railway heritage; smart cities; conservation*

1. INTRODUÇÃO

O artigo possui como objeto de estudo, a investigação que vem sendo realizada sobre o pátio ferroviário da Estação Nova de Campina Grande no contexto das cidades inteligentes. O objetivo é expor resultados da pesquisa que vem sendo desenvolvida no sentido de mapear e monitorar digitalmente as cinco edificações que compõe o conjunto e sua área externa - utilizando ferramentas digitais da TI/ Tecnologia da informação.

E para tanto, a participação nas discussões do eixo temático 2 desse evento será fundamental, considerando o direcionamento a discussão sobre levantamento de dados in loco - abordagens metodológicas inovadoras para detecção e aquisição de dados, mapeamento de manifestações patológicas e modelagem *as-built*; métodos e estratégias de levantamento utilizando drones (*Remotely Piloted Aircraft* - RPA), laser scanner, fotogrametria digital e termografia.

O grupo de pesquisa GRUPAL UFCG, está vinculado ao curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal de Campina Grande, e esse projeto faz parte da linha voltada para "Cidades Inteligentes, Humanas e Sustentáveis/ Cidades criativas e preservação patrimonial" desenvolvida pela equipe, que além de trabalhar com a documentação e a conservação do patrimônio moderno e do patrimônio industrial, vem procurando manter um diálogo com as novas tecnologias, utilizando ferramentas digitais que são necessárias para estudos que antecedem e apoiam os projetos de proteção e de restauro do patrimônio arquitetônico.

Dessa forma, o artigo justifica-se pela necessidade em se estreitar um diálogo entre patrimônio e tecnologia, observando-se, entretanto, que são poucas as abordagens voltadas às questões relacionadas ao patrimônio cultural dialogando com o conceito de *smart city*, e patrimônio inteligente- conforme será visto no desenvolvimento do artigo.

Como pode-se fortalecer a discussão da preservação ambiental na política urbana municipal, contribuindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas, da comunidade, das cidades, da paisagem, e consequentemente do planeta relacionando patrimônio e cidades inteligentes?

Como objetivos específicos a pesquisa que vem sendo desenvolvida pretende: a) levantar sistemas tecnológicos existentes na cidade de Campina Grande e outras da Paraíba, para trabalhar como parceiros em ações tecnológicas para preservação patrimonial; b) Enfocar a área urbana do Pátio da Estação ferroviária Nova para realizar os experimentos de monitoramento digital; c) Realizar parcerias tecnológicas com instituições públicas para levantamentos de dados da área pesquisada; d) Analisar dados gerados pelos levantamentos sobre a conservação patrimonial do conjunto ferroviário campinense; e) Obter diagnósticos da conservação das edificações e da área como um todo; f) Propor soluções para a conservação /prognóstico baseados nos estudos realizado; g) Concluir a respeito dos estudos realizados, apresentando os resultados; h) Interagir com a Prefeitura Municipal de Campina Grande, especificamente, a Fundação de Patrimônio Histórico Municipal, e Secretaria

Municipal de Planejamento, para repassar os estudos e ver a viabilização de intervenções no conjunto; i) Divulgar os resultados obtidos na pesquisa, em artigos e na participação em congressos e seminários temáticos.

Como procedimentos metodológicos empregará ferramentas digitais através de novos sistemas tecnológicos - estudando e divulgando este acervo, propondo soluções para a sua conservação, e para tanto, dialogando com demais instituições como o IPHAN, Prefeitura Municipal de Campina Grande, Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia, UEPB, Tribunal de Contas do Estado da Paraíba, entre outros futuros parceiros, que já possuem uma estrutura tecnológica potente, e que estão contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa.

O grupo de pesquisa pretende contribuir neste processo de resgate patrimonial, analisando essa área de grande importância urbana, tanto do ponto de vista histórico e cultural da memória do trem na cidade, quanto no resgate da história econômica local e regional, durante o ciclo do algodão.

2. APORTE TÉORICO

As palavras-chaves do artigo são patrimônio industrial urbano; patrimônio ferroviário; cidades inteligentes; preservação de bens patrimoniais. Para compreendê-las retoma-se de forma sucinta, o aporte teórico que referencia os princípios essenciais da pesquisa que resultou nesse texto.

2.1. Patrimônio industrial

O conceito de patrimônio industrial é relativamente recente, e através da Carta de Nizhny Tagil (ICOMOS.2003), é entendido da seguinte forma:

> O património industrial compreende os vestígios da cultura industrial que possuem valor histórico, tecnológico, social, arquitetônico ou científico. Estes vestígios englobam edifícios e maquinaria, oficinas, fábricas, minas e locais de processamento e de refinação, entrepostos e armazéns, centros de produção, transmissão e utilização de energia, meios de transporte e todas as suas estruturas e infraestruturas, assim como os locais onde se desenvolveram atividades sociais relacionadas com a indústria, tais como habitações, locais de culto ou de educação.(ICOMOS, 2003)

O patrimônio industrial é composto por "*sítios, estruturas, complexos, territórios e paisagens, assim como os equipamentos, os objetos ou os documentos relacionados, que testemunhem os antigos ou atuais processos de produção industrial*" , conforme completa o documento conclusivo presente nos princípios de Dublin (2011), que ainda faz referência "*à extração e a transformação de matérias-primas, e as infraestruturas energéticas ou de transporte que lhes estão associadas*".(ICOMOS, 2011).

Os princípios de Dublin(ICOMOS, 2011) que trata sobre diretrizes para conjuntos do ICOMOS--TICCIH para a Conservação de Sítios, Estruturas, Áreas e Paisagens de Patrimônio Industrial alerta para os riscos que os acervos que compõem o patrimônio industrial passam nos dias atuais:

> O património industrial é extremadamente vulnerável e frequentemente encontra-se em risco; muitas vezes perde-se por falta de consciência, de conhecimento, de reconhecimento ou de proteção, mas também pelo efeito de uma economia em mutação, de percepções negativas, de questões ambientais ou devido às suas grandes dimensões e complexidade.(ICOMOS, 2011)

E para estudar e compreender o valor do patrimônio industrial é imprescindível " Investigar e documentar estruturas, sítios, paisagens industriais, assim como maquinaria, equipamentos, arquivos ou as suas dimensões imateriais, é essencial para a sua identificação, conservação e avaliação do seu significado e valor patrimonial". (ICOMOS, 2011, s/p).

Nesse arcabouço estão inseridos os bens ferroviários materiais e imateriais que constituem o entendimento do patrimônio industrial, estando o objeto de estudo do artigo inserido nesse contexto.

2.2. Smart cities ou cidades inteligentes

Por outro lado, tem-se o conceito de smart cities, ou cidades inteligentes, que constituem uma proposta relativamente recente, cujos primeiros estudos datam da década de 1990, e que começou a se difundir a partir da década de 2010. Essas propostas visam transformar o espaço urbano e seus serviços de modo "inteligente", com o uso das novas tecnologias da informação e comunicação (TICs), em vários campos de atuação, tais como saúde, mobilidade, segurança, dentre outros.

Entretanto, observa-se que dentro da discussão de smart cities, a abordagem sobre patrimônio cultural é quase inexistente, fazendo com que houvesse uma motivação para começar também, na UFCG, através do tripé ensino, pesquisa e extensão- um olhar sobre essa relação, apresentando caminhos e diretrizes para a constituição de uma nova forma de preservação patrimonial – o "patrimônio inteligente", discutindo suas implicações, limitações e possibilidades, utilizando para isso, tecnologias digitais que colaborem nesse processo: trata-se, portanto, de uma proposta de investigação e inovação.

Na medida na qual os projetos ligados às cidades inteligentes vêm sendo desenvolvidos e aplicados em diversos locais, inclusive no Brasil, e a ênfase na utilização de novas tecnologias se mostra preponderante, surge uma dúvida para aqueles que se dedicam à preservação do patrimônio cultural das cidades: haveria uma preocupação, nesse modo de pensar o espaço urbano, com os bens que fazem parte da memória e da história da população? Existiria alguma diretriz "inteligente" para o patrimônio cultural?

Contudo, a cultura, enquanto "[...] um sistema de significados, atitudes e valores partilhados e as formas simbólicas [...] em que eles são expressos ou encarnados" (BURKE, 2010, p. 10), não somente é uma parte fundamental da vida coletiva, como viabiliza a própria existência das sociedades. E por isso, não pode ficar de fora, quando se propõe trabalhar com smart Cities.

Os modos como as pessoas de determinado lugar vivem, interagem, transitam, consomem e trabalham são parte dessa cultura, que têm muitos pontos em comum com diversos outros lugares ao redor do mundo, mas também apresentam especificidades que, por si só, já indicam a necessidade de se considerar o patrimônio cultural nas cidades inteligentes.

Sobre o cenário atual, CASTRO E BARACHO (2002) observaram que dois pontos podem ser considerados consensuais:

> 1) Que as cidades inteligentes são propostas para se lidar com os problemas atuais, pensando em um modelo de cidade que se almeja para o futuro; 2) e que a operacionalização das cidades inteligentes se dá por meio das tecnologias de informação e comunicação (TIC) existentes e daquelas que ainda podem surgir.(CASTROE BARACHO . 2002, p.304)

2.3. Patrimônio inteligente

O conceito de "patrimônio inteligente", trata-se de um termo que vem sendo utilizado na literatura internacional para caracterizar os estudos sobre a preservação patrimonial em projetos de cidades inteligentes. O termo refere-se a uma abordagem da preservação patrimonial em sintonia com os projetos de cidades inteligentes, "e *começou a aparecer na literatura a partir da década de 2010, sendo que as primeiras tentativas de definição do termo datam de 2013*". (CASTRO E BARACHO,2002. p. 307).

O conceito de Smart Heritage City (SHCITY,2018), segundo a organização europeia, trata-se de: "*um projeto do programa Interreg Sudoe que abordará o desafio inovador de criar uma ferramenta única de código aberto para gestão de centros urbanos históricos e facilitar o trabalho das autoridades competentes na tomada de decisões*".

É baseado num conjunto de ferramentas desenvolvidas pela utilização das TIC e no conhecimento especializado de diferentes áreas relacionadas com a gestão do patrimônio à escala urbana, com o objetivo de alargar o conceito Smart City a Smart Heritage City, adaptando a escala de monitorização, passando de um edifício para um conjunto de edifícios urbanos.

Porém, ao analisar-se as ações "inteligentes" das cidades, encontram-se poucas iniciativas voltadas à área cultural e ao seu patrimônio- sendo nesta lacuna, que a pesquisa do ****** tentará preencher, inserindo Campina Grande, no início de ações voltadas para o tema.

A pesquisa pretendeu dar início a esse tipo de olhar, trazendo para a nossa cidade, essa forma contemporânea de se preservar o patrimônio histórico arquitetônico e urbanístico,

dialogando com a teoria das smarts cities que já está sendo posta em prática em agendas políticas institucionais locais, como por exemplo, na própria UFCG, na Secretaria de Ciências e Tecnologia, e na Secretaria Municipal de Planejamento.

O projeto está realizando ações que monitoraram o acervo patrimonial campinense, digitalizando toda a documentação resultante gerada na pesquisa, inserindo-os em banco de dados de acesso público, permitindo o acesso às informações pelos cidadãos voltados à preservação da memória urbana e arquitetônica, e consequentemente, histórica local e regional.

4. OBJETO DE ESTUDO

A cidade de Campina Grande está localizada na região agreste do estado da Paraíba, e dista 120 km da capital do estado, João Pessoa (figura 1).

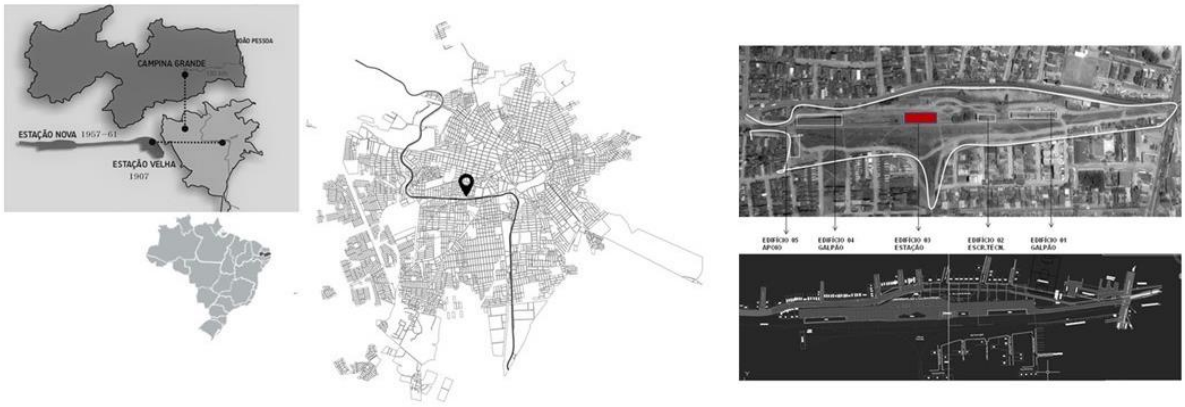


Figura 1: Mapa de localização da área. Fonte: Autora, 2017.

Sua história econômica se reporta à feira de tropeiros que deu origem à cidade no século XIX, e foi pontuada com ciclos econômicos importantes, como por exemplo, o Ciclo do algodão ocorrido no início do século XX; e o processo de industrialização incentivada pela SUDENE/ Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste nas décadas de 50 a 70 do século XX.

A cidade possui dois pátios ferroviários: o da Estação Velha (1907), e o da Estação Nova (1957/1961), decorrentes desses momentos econômicos (figura 2).

O pátio da Estação Velha é composto por um conjunto eclético de edificações, que é preservado e protegido legalmente através de tombamento, em 2001, pelo IPHAEP/ Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba. Localizada em uma área próxima ao centro, o conjunto vem sendo utilizado como "Museu do Algodão", espaços livres para feiras e eventos (Afonso, 2019).



Figura 2: Os dois pátios ferroviários da cidade e suas estações. Fonte: Autora, 2017.

3.1. Pátio ferroviário da Estação Nova

Como estudo de caso específico, o pátio ferroviário da Estação Nova de Campina Grande, é um conjunto da protomodernidade, composto por cinco edificações e uma grande área urbana, situado em um complexo localizado por meio da poligonal formada pela Av. Prof. Almeida Barreto, Av. Almirante Barroso e Av. Almirante Barroso; no bairro Centenário.

Segundo Afonso (2017), nos anos 50, a Rede Ferroviária Nacional/ RFN- na época, a responsável pelas atividades ferroviárias nacionais- a fim de ampliar a estrutura ferroviária e para atender às novas demandas, iniciou a construção do novo pátio ferroviário da cidade - um conjunto arquitetônico composto por cinco edificações, que teve sua construção iniciada em 1957, ao construir o prédio principal, o da estação, que foi inaugurado no dia 14 de fevereiro de 1961.

A distância entre estes pátios é de 1,5 km, relativamente próximos. Observa-se que o pátio da Estação Velha se encontra em um bom estado de conservação, sendo utilizado com fins turísticos, enquanto o pátio da Estação Nova encontra-se em total estado de abandono, com três de seus edifícios em estado de ruínas, e o prédio principal da Estação- um belo exemplar em Art Déco (figura 3), a cada dia que passa, sofrendo mais depredações por vândalos que saqueiam os seus elementos decorativos e construtivos.



Figura 3: Imagens da edificação que abrigava a Estação nova.
Fonte: Fotomontagem da autora, 2021.

Além dessas edificações, o conjunto é formado por uma extensa área externa, composta por duas praças (pracinha da 8ª residência e a praça da rede), que serviam de locais de encontros e desencontros da sociedade campinense naqueles anos.

A propriedade do pátio da Estação Nova estava em mãos do DNIT e apenas no ano de 2021 - após longas negociações junto ao Ministério Público Federal, com a participação da Prefeitura Municipal de Campina Grande, do IPHAN, Sindicato dos Trabalhadores em Empresas Ferroviárias do Estado da Paraíba/ SINTEFEP- o pátio está sendo negociado para ser repassado para a Prefeitura municipal de Campina Grande.

5. METODOLOGIA

A pesquisa trabalha com três linhas metodológicas que dialogam entre si, e procura de forma inovadora, e através das vivências experimentais do processo investigativo, construir futuramente uma linha metodológica única.

1) Em um primeiro momento, está sendo trabalhada a pesquisa arquitetônica e urbanística proposta por Serra (2006), que propõe a análise do objeto de estudo entendido como um processo, que dialoga com o sistema circundante que o condicionou.

2) No segundo momento, a pesquisa de conservação patrimonial arquitetônica, empregando o uso da tecnologia de varrimento a laser denominada laser scanner. Para os estudos das patologias, a pesquisa de conservação patrimonial arquitetônica emprega também, o uso da tecnologia de varrimento a laser, denominada laser scanner e uso de VANT (veículo aéreo não tripulado) para alcançar todo o conjunto e obter imagens mais próximas e melhorar a resolução das fotografias que serão processadas no programa de fotogrametria digital para geração de ortoimagens, em laboratório de imagens.

Para os estudos patológicos das edificações apoia-se nos métodos propostos por Tinoco (2009) que apontam os caminhos para a elaboração de vistorias, análises, gerando mapas de danos, e fichas de identificação de danos (FID's) que diagnosticam as patologias apontando soluções para prognóstico e a intervenção devida. Autores como Souza e Ripper (1998), Sena

et al.(2020) também serão bem consultados para a elaboração das FID's e análises patológicas da conservação do conjunto, que se encontra precária (figura 4).



Figura 4: Estado de conservação das edificações.
Fonte: Fotomontagem da autora baseada em fotos do grupo de pesquisa, 2021.

3) Em paralelo ao uso das metodologias passadas, a partir do segundo momento da pesquisa será introduzido o uso de ferramentas digitais através de sensores, câmeras, sugeridas pela teoria da SHCITY (2018) que aborda o desafio inovador de criar uma ferramenta única, em código aberto, para gerir centros urbanos históricos e facilitar o trabalho das autoridades competentes na tomada de decisões.

Essa etapa, sem dúvida, será o grande desafio do grupo, pois até então, ainda não foi realizada nenhuma ação nesse sentido em projetos anteriormente pesquisados.

6. RESULTADOS

Qual a relevância desse projeto de pesquisa para o meio científico e para a sociedade, de forma em geral? Inicialmente, procura-se atualizar o acervo histórico das entidades e órgãos públicos municipais e estaduais, gerando uma nova documentação através das ferramentas digitais- como estratégia de salvaguardar essa produção e facilitar a manipulação deles, cabendo aos pesquisadores e profissionais desempenhar tal função.

Outro resultado que se almeja é gerar uma infraestrutura flexível de recolha e armazenamento de dados, que integrará sistemas de monitoramento e atuação de diferentes plataformas tecnológicas e a aplicação informática destinada ao planejamento urbano voltado aos acervos patrimoniais campinenses com foco na divulgação e conservação preventiva dos elementos históricos locais. Um processo longo, difícil, mas que necessitava ser iniciado.

7. CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A parceria entre a universidade e a prefeitura possui muitos entraves burocráticos, e mesmo o grupo de pesquisa se empenhando em produzir um material de excelência documental para o projeto e suas distintas etapas, o apoio para as várias ações necessárias não tem fluido de uma maneira adequada.

Todas as iniciativas partem do grupo e são demandadas à Prefeitura, através da coordenação de patrimônio cultural, que com o apoio da Secretaria municipal de Planejamento articula com demais órgãos para ir, pouco a pouco, realizando os trabalhos necessários de conservação da área, como capina, limpeza interna das edificações, vigilância policial do complexo, e retirada de invasores que marginalizam a área e os edifícios abandonadas, trazendo insegurança à população do bairro (figura 5).



Figura 5: Abandono e descaso.
Fonte: Fotomontagem da autora baseada em fotos de alunos do CAU UFCG.2021.

Procura-se manter o diálogo com as instituições públicas de preservação em nível Federal, (IPHAN), Estadual (Diretoria de patrimônio histórico) e Municipal (Fundação de Patrimônio Cultural), Secretaria de Planejamento da UFCG, UEPB, Secretaria de Ciências e Tecnologia e Secretaria Municipal de Planejamento - com a finalidade de viabilizar instrumentos ágeis para concretizar a preservação da área.

O caminho é longo, difícil, pelas questões burocráticas que são muitas, e os nós necessitam ser desatados com resiliência para não se desistir da luta que é preservar e conservar a área. Constata-se cada vez mais, como é árduo o trabalho de preservação cultural no Brasil, pela falta de infraestrutura nos órgãos, falta de consciência política cultural da população que pouco se envolve, morosidade da justiça em resolver os entraves legais entre a União e o município, enfim, mas não se pode desistir.

Não se deseja ver o pátio cada vez mais degradado. O que se almeja é consumir sim, seus espaços, o lugar, suas memórias, possibilitando mais qualidade de vida aos cidadãos da cidade e dos bairros circunvizinhos. Proteger o conjunto, mas dar novos usos, com intervenções contemporâneas, sustentáveis e que gerem emprego e renda à população, interagindo tudo isso com o conceito de Smart Heritage City.

Somente em 17 de janeiro de 2022, foi assinado o termo de Cessão do Pátio Ferroviário do DNIT para a Prefeitura Municipal de Campina Grande e a partir desse fato, novos processos

virão referentes à revitalização da área e que dialogarão com nossa pesquisa, apresentando novos resultados.

REFERÊNCIAS

AFONSO, A. Intervenção no patrimônio edificado industrial em proposta de turismo integrado regional: o pátio ferroviário da estação nova de Campina Grande. Paraíba. Brasil. Gijón: XXI Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial. INCUNA. 2019.

AFONSO, A. Pelas linhas do trem. Pelas linhas do tempo. O pátio ferroviário da Estação nova de Campina Grande. Belo Horizonte: IV Seminário Internacional da Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo de Língua Portuguesa. 2017.

AFONSO, A. A relação da paisagem urbana com os antigos pátios ferroviários. O caso de Campina Grande. Paraíba. Gijón: XIX Jornadas Internacionales de Patrimonio Industrial – INCUNA. 2017.

CASTRO, J; BARACHO, R. O patrimônio cultural nas cidades inteligentes. Em Questão, Porto Alegre, v. 26, n. 3, p. 298-326, set./dez. 2020. DOI: https://doi.org/10.19132/1808-5245263.298-326.

SHCity. Guía de Replicabilidad del Sistema SHCity. European Union. European Regional Development Fund diciembre de 2018/ SHCITY - SOE1/P1/E0332- Versión 0.1 - Em Rede: (http://shcity.eu/adjuntos_publicaciones/SHCity-A2-Pt.pdf). Acesso em 25 de maio de 2021.

ICOMOS. Carta de Nizhny Tagil sobre o património industrial (2003). Em rede: https://ticcihbrasil.com.br/cartas/carta-de-nizhny-tagil-sobre-o-patrimonio-industrial/. Acesso em 17/07/2021.

ICOMOS. Princípios conjuntos do ICOMOS--TICCIH para a Conservação de Sítios, Estruturas, Áreas e Paisagens de Património Industrial/ ‘‘Os Princípios de Dublin’’ (2011) Em rede: https://ticcihbrasil.com.br/cartas/os-principios-de-dublin/ Acesso em 17/07/2021.

SENA, G et al. Patologia das construções. Salvador: 2B.2020.

SERRA, G. Pesquisa em arquitetura e urbanismo. São Paulo: EDUSP.2006.

SOUZA, Vicente. C.; RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1998.

TINOCO, Jorge Eduardo. Mapa de danos. Recomendações básicas. Recife: CECI/Mdu UFPE.

EIXO 3



Tecnologia 4.0 na divulgação patrimonial

Contempla todo e qualquer instrumento e modalidade de divulgação do patrimônio por meios digitais; educação patrimonial pelo uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC); gamificação do patrimônio.

PATRIMÔNIO E TECNOLOGIA: CONSIDERAÇÕES SOBRE PARTICIPAÇÃO CIDADÃ

Heritage and technology: considerations on citizen participation

Sandra Schmitt Soster

Mestre, IAU-USP, soster.heritage@gmail.com

Anja Pratschke

Doutora, IAU-USP, pratschke@sc.usp.br

Resumo

Este artigo apresenta parte das discussões de Tese de Doutorado em desenvolvimento no IAU-USP. O artigo analisa duas plataformas digitais para o patrimônio cultural das quais participou-se das fases de concepção, desenvolvimento e implantação. A ideia inicial de analisar questões específicas e aprofundadas (tais como alimentação, usabilidade e moderação) foi substituída ao se perceber que os entraves para ampla adoção de tais tecnologias pelos órgãos governamentais se encontram em fases anteriores (como implementação e desenvolvimento). A importância da adoção de tecnologias participativas no âmbito governamental está na pergunta “Mapear ou ser mapeado?”. E vem sendo discutida juntamente com a alteração do campo da Educação Patrimonial da perspectiva “conhecer para preservar” para um processo de “construir juntos”. Ao final do artigo, apresentam-se aspectos positivos e negativos e o grau de participação possibilitado pelas plataformas.

Palavras-chave: Plataformas digitais; Participação cidadã; Patrimônio cultural; Educação patrimonial

Abstract

This paper presents part of the discussions of the Doctoral Thesis under development at IAU-USP, funded by CAPES. The paper analyzes four digital platforms for cultural heritage. The doctoral student took part in their conception, development and implementation phases. The initial idea of analyzing specific and in-depth issues (such as feeding, usability and moderation) was replaced when it was realized that the barriers to wide adoption of such technologies by government agencies are in earlier stages (such as implementation and development). The importance of adopting participatory technologies at the governmental level lies in the question "To map or to be mapped?". And it has been discussed together with the change in the field of Heritage Education from the perspective of “knowing to preserve” to a process of “building together”. At the end of this paper, positive and negative aspects and the degree of participation made possible by the platforms are presented.

Keywords: *Digital platforms; Citizen participation; Cultural heritage; Education about heritage*

1. INTRODUÇÃO

Este artigo busca analisar a participação cidadã na área do patrimônio cultural, tendo como foco o potencial de uso das tecnologias digitais para a indicação de referências culturais pela população. A partir da alimentação da plataforma iPatrimônio, primeiro caso de estudo deste artigo, percebeu-se nas listas de bens salvaguardados no Brasil o que a arqueóloga australiana Laurajane Smith (2006) denomina "Discurso Autorizado do Patrimônio":

> Por um lado, patrimônio diz respeito à promoção, por instituições culturais e elites sancionadas pelo Estado, de uma versão consensual da história, com vistas a regular tensões culturais e sociais no presente. Por outro lado, patrimônio pode ser também um recurso usado para desafiar e redefinir valores e identidades recebidos por uma gama de grupos subalternizados. (SMITH, 2006, p. 4, grifos nossos)

Tal constatação foi base para a tentativa de desenvolvimento de uma plataforma de georreferenciamento e participação cidadã, voltada a inventários participativos estruturados conforme a concepção mais atual de Educação Patrimonial. Estudos de metodologias e plataformas digitais ao redor do mundo levaram à escolha do código Consul como base para o segundo caso de estudo aqui apresentado: OpinaSanca.

O artigo inicia com a questão mais importante dessa discussão: a quem cabe a função de mapear? Em seguida, são apresentados os dois estudos de caso e uma comparação entre eles. Ao longo do texto, se especificam as duas linhas brasileiras de Educação Patrimonial e os níveis de participação utilizados na pesquisa. Finaliza-se com considerações finais.

2. MAPEAR OU SER MAPEADO?

"Mapear ou ser mapeado?" Para explicar palavras que parecem simples, eis o que diz o jornalista brasileiro André Mesquita:

> [...] [os mapas] são uma ferramenta visual para compartilhar informações com outros. Porque eles podem ser **produzidos por muitas outras pessoas e combinados para contar histórias sobre relações complexas**. Porque mapas **nunca estão finalizados e contam apenas parte de uma história** que pode ser constantemente expandida. Porque **o poder existe no espaço, lutas existem no espaço e nós existimos no espaço**. (AREA Chicago, 2011 *apud* MESQUITA, 2019, p. 6, grifos nossos).

Mapas são leituras parciais e inacabadas, produtos da percepção de quem os desenhou. São constituídos de camadas históricas das relações sociais do período em que foram desenhados e representam o espaço socialmente construído e vivenciado desse tempo. Mapas representam e omitem segundo a escolha de quem mapeia. Textos, linhas, cores e iconografia, a Europa e os EUA no topo visual do mundo, e a divisão do globo pelo Oceano Pacífico (tendo a Europa ao centro do mapa) são exemplos de escolhas políticas (MESQUITA, 2019). Ou seja, mapas são instrumentos de poder.

Portanto, mapas também são campos de lutas para existir nas representações do território e resistir nos espaços representados. Como no filme Bacurau (2019), uma comunidade que não existe no mapa oficial, não existe para quem não mora nela. Não é à toa que cabiam aos militares os levantamentos cartográficos e sua guarda. Para reduzir a parcialidade dos mapas, devem ser realizados por muitas pessoas para que percepções individuais e de diferentes grupos sejam combinadas e construam um mapa de maior complexidade. E, de acordo com as referências apontadas ao longo do tempo (diferentes atores e épocas), os mapas demonstram as mudanças de apropriações sociais do território.

Aqui tratamos de dois tipos de mapas. O primeiro estudo de caso (iPatrimônio) representa bens salvaguardados pelos órgãos públicos (chamado de patrimônio *stricto sensu* por Scifoni, 2019) e conversa diretamente com a linha "conhecer para preservar" da Educação Patrimonial brasileira. Esse lema de Rodrigo Melo Franco de Andrade (presidente do IPHAN em seus primeiros 30 anos de atuação), buscava disseminar informação sobre instrumentos de salvaguarda e bens oficializados. Ação importante em um período em que o patrimônio edificado no Brasil era destruído pelo mercado imobiliário. Como no Brasil a transparência ativa do Poder Público ainda enfrenta problemas, tal abordagem ainda é necessária. Mas, como aponta Fonseca (2009), o valor cultural era visto como propriedade intrínseca dos bens e identificável apenas pelo olhar qualificado dos técnicos. Portanto, tal mapa deve servir de base para discussões como a concentração do patrimônio cultural oficializado em determinadas regiões, cidades e bairros. Não há nada significativo para as comunidades locais nos espaços vazios dos mapas?

Nesse sentido, o segundo estudo de caso (OpinaSanca) buscava levantar as referências dos grupos formadores da nação brasileira (patrimônio *lato sensu* segundo Scifoni, 2019), ajudando a entender o território moldado pela vivência social, a relação afetiva com esses lugares. Conversa com a Educação Patrimonial que aqui chamamos de "construir juntos" e que se pauta na necessidade de diálogo entre saberes técnico e popular. A participação cidadã busca a escuta ativa dos órgãos de preservação, mas não depende dela, pois os mapas produzidos são, em si, ferramentas de luta pelo registro e disseminação das memórias e dos afetos daqueles que são invisibilizados pelos mapas oficiais. Aqui se entende que o valor do bem não é intrínseco, mas dado pelos olhos e usos da comunidade que o abriga.

3. IPATRIMÔNIO

iPatrimônio (www.ipatrimonio.org) é um projeto voluntário, autofinanciado e sem vínculos institucionais, criado para enfrentar a pouca informação online disponibilizada pelos órgãos de preservação. Reúne informação sobre mais de 15.000 bens (UNESCO, MERCOSUL, IPHAN, Distrito Federal, todos os estados e mais de 1.000 municípios) e mais de 8.500 coordenadas. Busca apresentar a informação mais completa possível sobre cada bem (Figura 1).



Figura 1: Exemplo de post ideal do iPatrimônio. Fonte: Elaborado pela autora (2020) sobre captura de tela de www.ipatrimonio.org/paraty-conjunto-arquitetonico-e-paisagistico.

Os dados são levantados junto aos órgãos de preservação (sites, e-mails, redes sociais ou pessoalmente), são organizados, padronizados e inseridos na plataforma. O conteúdo é complementado com dados e fotos de órgãos oficiais e coordenadas. Todo o processo é realizado manualmente para cada um dos bens.

Todas as etapas são influenciadas pela quantidade e qualidade da informação disponibilizada online pelos órgãos de preservação. Foram necessários 3 anos e meio para a coleta das listas estaduais e alguns estados do Norte brasileiro tiveram os bens coletados junto às resoluções disponíveis nas Assembleias Legislativas, pois os órgãos estaduais responsáveis pelo patrimônio cultural não possuíam informação online sobre os bens tombados e registrados. O cenário piora conforme se "desce" na pirâmide de hierarquia das instâncias, sendo que as Prefeituras Municipais disponibilizam ainda menos informação. Muitas vezes, não há fotografias oficiais, quando optou-se por utilizar capturas do *Google Street View* para auxiliar os cidadãos no reconhecimento dos bens edificados. Esse paliativo é realizado quando as edificações são encontradas, já que há casos de endereços errados indicados pelas resoluções e ruas não documentadas pelo *Google Street View* (principalmente em cidades menores). O *Google Street View* é a fonte utilizada para coleta das coordenadas que, embora não sejam as mais precisas, são de grande ajuda para o cidadão frente à rara informação oficial georreferenciada disponível.

O projeto também conta com seis canais de comunicação para elucidar dúvidas de forma rápida e com linguagem acessível: comentários na plataforma, e-mail, comentários e mensagens no Facebook (www.facebook.com/ipatrimoniobrasileiro), e comentários e direct no Instagram (www.instagram.com/ipatrimonio_brasileiro).

4. OPINASANCA

A partir da parceria entre o grupo de pesquisa Nomads.usp e a Fundação Pró-Memória de São Carlos (FPMSC), órgão responsável pelo patrimônio cultural municipal, surgiu a oportunidade de tentar desenvolver uma plataforma que permitisse comunicação e colaboração entre a FPMSC e a sociedade. O projeto intitulado OpinaSanca foi realizado em projeto de iniciação científica, realizado entre 2018 e 2019. Utilizou-se como base o código *open source* Consul - *Open Government and E-Participation Web Software* (https://github.com/consul/consul), escolhido após análise de diversas plataformas internacionais, pelas ferramentas e possibilidades oferecidas.

Consul foi desenvolvido em 2015, em Madrid-Espanha, como desdobramento do Movimento 15-M (de maio de 2011), que reivindicava maior participação e mudanças profundas no modelo político-econômico então vigente na cidade. Uma candidata independente (sem vinculação a partido político) foi eleita prefeita de Madri e designou o desenvolvimento de plataforma digital para orçamento municipal participativo à equipe de programadores da Prefeitura; e em seguida o código foi adotado pela Prefeitura de Barcelona (TONINI, 2018). Em https://decide.madrid.es (Figura 2) e www.decidim.barcelona, os moradores sugerem e

votam projetos a serem financiados via orçamento participativo e também são realizadas reuniões presenciais nos bairros para coleta de sugestões. Os projetos são georreferenciados no mapa da cidade, bem como os votos; o que permite analisar o alcance do impacto da proposta. O georreferenciamento dos votos seria interessante na área do patrimônio cultural para entender a abrangência geográfica d e uma referência cultural: por exemplo, se cidadãos de diferentes bairros assinalam a importância de um mesmo bem.



Figura 2: Plataforma https://decide.madrid.es. Fonte: Acesso em agosto de 2021.

A plataforma OpinaSanca foi idealizada segundo necessidades levantadas junto à FPMSC, que compuseram o seguinte menu (Figura 3, da esquerda para a direita):

- Tombamento
  - FPMSC – descrição do órgão público
  - Tipos de salvaguarda – descrição dos instrumentos municipais
- Debates – espaço da comunidade para debates sobre o patrimônio cultural municipal
- Em pauta
  - O Conselho – descrição do Conselho Municipal de Patrimônio
  - Pauta do Conselho – itens da próxima reunião do Conselho
  - Sugira uma pauta – espaço para os cidadãos indicarem pontos de pautas
- Bens oficiais - divulgação dos bens já protegidos a nível municipal
- Sugira um bem – espaço de inventário participativo de referências culturais, com discussão, georreferenciamento, votação etc.



Figura 3: Estudo esquemático para o menu inicial da plataforma OpinaSanca. Fonte: Elaborado pela autora (2018) sobre captura de tela do menu inicial do site pactoporcolombia.gov.br.

Contudo, a linguagem com que a plataforma foi escrita (Ruby) não é muito conhecida entre os desenvolvedores e o aluno de computação envolvido na pesquisa de iniciação científica teve dificuldades em seu aprendizado dentro do curto período de vigência da bolsa (um ano). Assim, a plataforma OpinaSanca não foi finalizada. Além disso, percebeu-se que a FPMSC teria dificuldades para hospedagem, manutenção e atualização da plataforma por falta de recursos humanos e de infraestrutura tecnológica.

5. COMPARATIVO ENTRE PROJETOS

A análise comparativa dos projetos foi dividida em duas categorias: Tecnologias (Quadro 1) e Atores (Quadro 2).

Critério/ Projeto	iPatrimônio	OpinaSanca
Georreferenciamento	Sim	Sim
Tecnologias e funcionalidades	WordPress, georreferenciamento, comentários, busca, filtros, realidade virtual, representações em 3D (WareHouse), timeline infinita. Chatbot em desenvolvimento.	Código Consul, debates, sugestão de pauta e de bens, georreferenciamento de bens e votos.

Quadro 1: Análise dos projetos - Tecnologias. Fonte: Sandra Schmitt Soster (2021).

Em relação a tecnologias (Quadro 1), o georreferenciamento foi um dos requisitos adotados para a escolha dos estudos de caso anteriores aos desenvolvimentos de que a doutoranda participou, porque, desde o início da pesquisa, percebeu-se que a visualização da distribuição

geográfica proporcionada pelos mapas seriam de grande importância para auxiliar a formulação de políticas públicas na área do patrimônio cultural.

OpinaSanca foi desenvolvido "direto no código" por aluno da computação e, caso fosse finalizado e implementado, teria problema de descontinuidade do desenvolvimento e da manutenção. Enquanto isso, iPatrimônio foi desenvolvido em *WordPress* e seu criador é desenvolvedor web, o que garante a manutenção da plataforma. Além disso, por ser um projeto independente (sem vínculos institucionais), seu prosseguimento não está atrelado à mudança de gestão institucionais ou governamental. Segundo a arquiteta Ana Cecília Rocha Veiga (2018), algumas das vantagens do *WordPress* são: é gratuito, de fácil instalação e customização, suporta diferentes mídias (áudios, vídeos, fotos, maquetes virtuais etc.), e a interface de administrador é bastante intuitiva e simples. Características muito adequadas a casos em que o administrador final seriam Prefeituras Municipais, por exemplo.

Critério/ Projeto	iPatrimônio	OpinaSanca
Atores	Pessoas físicas auto-financiadas.	Universidade e Poder Público.
Visualização	Público em geral, sem cadastro.	Público em geral, sem cadastro.
Criação de conteúdo	Apenas pessoas com cadastro.	População em geral.
Participação	Comentários e redes sociais. Incorporação à plataforma é moderada por curador.	Comentários moderados pelos usuários, debates, votação, sugestão de pautas, adição de bens.

Quadro 2: Análise dos projetos - Atores. Fonte: Sandra Schmitt Soster (2021).

Ambos projetos disponibilizam visualização pelo público em geral, sem necessidade de cadastro, e participação através de comentários. No iPatrimônio, os comentários na plataforma são moderados por curador do projeto para evitar spams (atualmente, por volta de 6 ao dia) e realizar pré-análise do conteúdo dos mesmos (por exemplo, reduzir a propagação de informações falsas e avaliar relatos pessoais). Infelizmente, não foi possível testar a participação da população via OpinaSanca para entender como se daria a criação e moderação de conteúdo via auto-cadastro no caso específico do patrimônio brasileiro (já que nas plataformas espanholas vem funcionando bem).

A análise dos projetos é resumida dentro de quatro critérios: aspectos positivos e negativos, tipo de Educação Patrimonial, e nível de participação. O último item tem base na escada proposta pela mestre em Comunicação estadunidense Sherry Arnstein (1969), que afirma que a participação dos governados é a pedra-fundamental da democracia. Ela também aponta as fortes oposições ideológicas que ocorrem quando as minorias participam em busca de redistribuição do poder de decisão e inclusão nas políticas futuras. Nesse contexto, Arnstein (1969) compara os níveis de participação permitidos pelos detentores do poder com os degraus de uma escada (Figura 3).



Figura 3: Diferentes graus de participação. Fonte: Elaborado pela autora com dados de Arnstein (1969, p. 217).

Nos níveis mais baixos, ela indica que manipulação e terapia são formas de educação e cura dos cidadãos (não de participação). Informação e Consulta apenas dão a sensação de diálogo, mas, na verdade, não há garantia de que as opiniões sejam consideradas. No aplacamento, embora os cidadãos aconselhem, a decisão é dos detentores do poder. A Parceria envolve a negociação entre cidadãos e detentores do poder. No topo da escada, Poder Delegado e Controle Cidadão admitem a maioria dos votos ou o completo gerenciamento pelos cidadãos em geral (não sendo privilégio dos detentores do poder). Cabe apontar o que salienta a autora: os cidadãos (detentores ou não do poder) são um conjunto de grupos com pontos de vista e interesses divergentes (ARNSTEIN, 1969).

Tendo sido explicado o critério de análise faltante, a seguir, é apresentado o resumo dos estudos de caso (Quadro 3). Durante a análise inicial de plataformas digitais internacionais de participação cidadã (que embasou a escolha do código Consul para a plataforma OpinaSanca), constatou-se que o nível de participação é decidido nas fases iniciais de planejamento de uma plataforma, no momento em que são definidas as tecnologias a serem utilizadas e as instâncias em que a participação será permitida.

Critério/ Projeto	iPatrimônio	OpinaSanca
Aspectos positivos	Projeto realizado por cidadãos e maior chance de continuidade; Centralização de informação dos diferentes níveis; Disponibilização online com coordenadas dos bens	Código no GitHub; Funcionalidades compatíveis com as necessidades da área de inventário participativo; Georreferenciamento dos tópicos/bens; Moderação pelos usuários
Aspectos negativos	Alimentado apenas pela equipe e colaboradores autorizados; Interface ainda com problemas de desenvolvimento; Sem apoio financeiro	Desenvolvido em linguagem pouco utilizada (Ruby on Rails); Demanda profissional especializado em programação em cada órgão que queira implementar; Não foi finalizado
Categoria	Conhecer para preservar	Construir juntos
Participação	Aplacamento	Poder delegado

Quadro 3: Resumo da análise dos estudos de caso. Fonte: Sandra Schmitt Soster (2021).

Como mencionado anteriormente, iPatrimônio tem caráter "conhecer para preservar", pois reúne informação sobre bens oficializados (de notório valor técnico). O projeto iPatrimônio tem intenção de desenvolver uma plataforma-irmã para inventários participativos (se enquadrando, assim, na categoria "construir juntos"). Contudo, os recursos humanos, tecnológicos e financeiros ainda não dão conta dessa expansão.

O iPatrimônio configura aplacamento na escada de Arnstein (1969), ou seja, a decisão de incorporar as contribuições dos cidadãos é de um membro do projeto. A relevância do projeto está em reunir, organizar, agregar valor e disponibilizar informação em uma única plataforma online, gratuita e sem cadastro. As informações estão pulverizadas em sites e plataformas (muitas sequer estavam online); o que dificulta sua utilização por um cidadão sem conhecimentos específicos da área do patrimônio cultural. Contudo, a plataforma peca em atratividade e funcionalidades.

OpinaSanca foi idealizada para ser "construir juntos" e poder delegado, onde a maior parte do conteúdo e das decisões seria de responsabilidade dos cidadãos. Infelizmente, não foi possível desenvolvê-la ao longo do Doutorado, mas buscar-se-ão meios para que seja consolidada nas próximas fases profissionais da Doutoranda.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da adoção de tecnologias participativas no âmbito governamental está na pergunta "Mapear ou ser mapeado?". E vem sendo discutida juntamente com a alteração do campo da Educação Patrimonial da perspectiva "conhecer para preservar" para um processo de "construir juntos". Nesse sentido, optou-se por participar do desenvolvimento de

plataformas online para entender quais questões estão envolvidas na baixa adoção de tecnologias digitais na área do patrimônio cultural. E também por entender-se que, por meio da análise interna dos mesmos, prática e teoria se complementam.

Ao final das análises e sob o contexto atual tão único do isolamento social imposto pela pandemia de COVID-19, é reforçada a potencialidade do digital para a realização de muitas atividades humanas essenciais. Mas também ficou clara a inexistência de plataformas apropriadas para o inventário participativo, bem como as dificuldades e desigualdades de acesso à Internet. O que leva à reflexão: "se houvesse uma plataforma participativa e democrática, ela seria a panaceia da participação cidadã junto aos diferentes setores da sociedade?" Provavelmente não, porque o digital é um ambiente social e, sendo assim, espelha as desigualdades do mundo físico.

7. AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa de Doutorado "Patrimônio Cultural Colaborativo", realizada no Instituto de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo.

8. FICHA TÉCNICA DO PROJETO IPATRIMÔNIO

Criação do projeto e manutenção técnica: engenheiro eletricista Caio Cardoso Lucena.

Redes sociais e atendimento ao usuário: jornalista Cida Barros.

Alimentação e divulgação acadêmica: publicitária e arquiteta Sandra Schmitt Soster.

Diversas pessoas colaboram com envio de informações e sugestão de correções.

REFERÊNCIAS

ARNSTEIN, S.R. A ladder of citizen participation. Journal of the American Planning Association, v. 35, n. 4, p. 216-224, 1969. Disponível em: https://www.participatorymethods.org/sites/participatorymethods.org/files/Arnstein ladder 1969.pdf. Acesso em: ago. 2021.

Bacurau. Direção: Kleber Mendonça Filho e Juliano Dornelles. Produção: Emilie Lesclaux; Saïd Ben Saïd e Michel Merkt. Roteiro: Kleber Mendonça Filho. SBS Productions; CinemaScópio; Globo Filmes, 2019. (131 min), widescreen, color.

FONSECA, M.C.L. O patrimônio em processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2009.

MESQUISTA, A. Mapas dissidentes: Proposições sobre um mundo em crise (1960-2010). 2013. Tese (Doutorado - Programa de Pós- Graduação em História Social da Faculdade de Filosofia,

Letras e Ciências Humanas) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-15042014-100630/publico/2013_AndreLuizMesquita_VCorr.pdf. Acesso em: 23 Abr. 2021.

SCIFONI, S. Interpretar qual patrimônio? A experiência do inventário participativo do Minhocão, São Paulo. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO 2019 DO ICOMOS/BRASIL. Autenticidade em risco, 3., Belo Horizonte, 2019. Anais…

SMITH, L. Uses of Heritage. Nova York: Routledge, 2006.

TONINI, V.M. Reunião de trabalho do projeto de iniciação científica "Desenvolvimento de Plataforma digital baseada no código Consul junto ao patrimônio cultural da cidade de São Carlos-SP". São Carlos-SP: IAU-USP, 2018.

VEIGA, A.C.R. Museus Virtuais em WordPress. In: WordCamp 2018 SP. São Paulo: WordPress Brasil, 2018. [Palestra]

HISTÓRIA E PATRIMÔNIO NO BREJO PARAIBANO: FERRAMENTAS DIGITAIS E SEUS USOS NA EDUCAÇÃO PATRIMONIAL

History and heritage in the Brejo paraibano: digital tools and their uses in heritage education

Vivian Galdino de Andrade

Professora Doutora, Universidade Federal da Paraíba, vivian.galdino@academico.ufpb.br

Thaís de Cássia Cavalcanti Ramos

Graduação, Universidade Federal da Paraíba, thayscassia1999@gmail.com

Aline Ferreira da Silva

Graduação, Universidade Federal da Paraíba, af2242581@gmail.com

Resumo

Este artigo é fruto dos projetos desenvolvidos pelo 'Grupo de Pesquisa História da Educação do Brejo Paraibano – HEBP', que investiga as relações entre 'Patrimônio' e 'Tecnologia'. Em seus trabalhos o grupo visa encampar a educação patrimonial como via de debate da história local nas cidades paraibanas de Bananeiras e Solânea. As pesquisas se dão em meio a um mapeamento de fontes e produção de materiais didáticos, passíveis de serem baixados e utilizados pela comunidade. Tais ferramentas são disponibilizadas no "Repositório digital História da Educação de Bananeiras – HEB", coordenado pelo Grupo. Por meio dos estudos de Pierre Nora e, tomando as orientações das metodologias da educação patrimonial e da História Oral, temos alcançando contribuições significativas que resultam no despertar de um sentimento de pertencimento e (re)conhecimento do que é histórico nessas cidades, debates que sensibilizam os sujeitos à valorização de sua identidade local.

Palavras-chave: Patrimônio; materiais didáticos; repositório digital

Abstract

This article is the result of projects developed by the 'History of Education Research Group of Brejo Paraibano – HEBP', which investigates the relationship between 'Heritage' and 'Technology'. In its work, the group aims to embrace heritage education as a means of debating local history in the cities of Paraíba and Bananeiras and Solânea. The research takes place through a mapping of sources and production of teaching materials, which can be downloaded and used by the community. These tools are available in the "History of Educational History of Bananas – HEB digital repository", coordinated by the Group. Through the studies of Pierre Nora and, taking the guidelines of the methodology of heritage education and Oral History, we have achieved significant contributions that result in the awakening of a sense of belonging and (re)cognition of what is historical in these cities, debates that raise awareness those subject to the appreciation of their local identity.

***Keywords*:** Heritage; teaching materials; digital repository

1. INTRODUÇÃO

Bananeiras e Solânea são duas cidades vizinhas situadas no interior da Paraíba. A primeira é tombada pelo IPHAEP segundo Decreto 31.842/2010. Cidade centenária, é marcada economicamente pelos ciclos do açúcar e do café, traz sinais desta história em seu casario. A segunda foi emancipada de Bananeiras no ano de 1953, sendo identificada pela economia balizada no comércio local. Ambas as cidades são muito próximas territorialmente, mas bem distintas quanto à cultura e à identidade local.

Para este artigo, escolhemos discutir a produção de materiais didáticos sobre o patrimônio destas cidades, como recursos pedagógicos confeccionados e divulgados com o auxílio das tecnologias digitais. Essa necessidade surgiu a partir da ausência de obras que pudessem ser utilizadas como instrumentos para o debate da história local. Entre esses materiais didáticos, selecionamos o narrar das experiências de produção de dois Inventários Pedagógicos, que tematizam os lugares de memória das cidades de Solânea e Bananeiras.

2. O MAPEAMENTO E REGISTRO DOS LUGARES DE MEMÓRIA DE SOLÂNEA E BANANEIRAS

Os lugares de memória são compreendidos por Pierre Nora (1993, p.12-13), como

> [...]antes de tudo, restos. A forma extrema onde subsiste uma consciência comemorativa numa história que a chama, por que ela a ignora. É a desritualização de nosso mundo que faz aparecer a noção. O que secreta, veste, estabelece, constrói, decreta, mantém pelo artifício e pela vontade uma coletividade fundamentalmente envolvida em sua transformação e renovação. Valorizando, por natureza, mais o novo que o antigo, mais o jovem do que o velho, mais o futuro do que o passado.

Com essa colocação o autor aponta um descontentamento com o mundo dito moderno, que dá relevância ao “novo” em detrimento ao que já se passou. Fruto de um grande debate, essa citação parece ser própria aos dias atuais, tendo em vista a realidade que encontramos estes espaços de memória na Paraíba, como também no Brasil. Eles continuam existindo pela resistência em persistir vivos e de pé, mas se apresentam, em grande maioria, como carentes de cuidados, de atenção e de políticas que os valorizem como ambientes que narram/guardam/monumentalizam vestígios de um passado.

Memórias, saberes e convivências afetivas perpassam a história desses lugares. Para Silva (2013, p.3) "Os espaços de sociabilidades consistem, por excelência, nesse pequeno mundo estreito no qual os intelectuais vinculam-se uns aos outros, por uma série de laços e afinidades, em torno de lugares de sociabilidade". Entender estes recintos dentro de uma determinada época, nos leva a percebê-los como "espaços de memória", isto é, lugares físicos (materiais) que dão suporte para a formação de uma memória coletiva (imaterial).

Nesta direção, precisamos estar atentos ao fato de que a memória necessita ser registrada, exposta e compreendida como parte integrante de um todo maior, de uma história local que é tecida pelas lembranças sobre o que aconteceu. Daí a importância de mapearmos e registrarmos sinais da história destes lugares de memória e sociabilidade em Solânea e Bananeiras, como fragmentos de um passado que precisa ser lembrado nessas cidades.

Uma estratégia para burlar o esquecimento está no registro da memória. Foi nesta acepção que seguimos na consulta das fontes ditas oficiais, mas também lançamos mão de livros de memória, interpretados por nós como egodocumentos, que podem se referir a "[...]diversidade das formas de expressão escrita de sentimentos e experiências pessoais. Do seu ponto de vista, o ego-documento é um texto, de qualquer forma ou tamanho, no qual um ego é deliberado ou acidentalmente escondido ou descoberto" (James Amelang *apud* CUNHA, 2019, p.11). Neste âmbito, mapeamos nessas produções locais os lugares de memória citados pelo autor, costumeiramente enunciados com grande familiaridade.

Outra fonte por nós consultada foram os jornais, disponíveis nos repositórios digitais. O termo "repositório" é definido como aquilo "que é próprio para guardar alguma coisa; depósito" e, tem como sinônimo, os termos "repertório, coleção" (FERREIRA, s/d: 1219). Eles conjugam o armazenamento de objetos digitais, a disseminação (publicação eletrônica) e a revisão pelo próprio autor. Nossa busca se deu em meio a repositórios locais (o Repositório Digital HEB), estaduais (Jornais e Folhetins Literários da Paraíba) e nacionais (Jornais da Biblioteca Nacional Digital). Acreditamos que esses jornais narram as cidades e são dotados de interesse, podendo ser vistos como "[...] uma importante estratégia de construção de consensos, de propaganda política e religiosa, de produção de novas sensibilidades, maneiras e costumes" (FARIA FILHO, 2002, p.134).

Além da consulta destas fontes conseguimos realizar, mesmo de forma virtual, algumas entrevistas, que foram significativas para o debate que trouxemos nos Inventários Pedagógicos produzidos. Abaixo, conta o registro de nossos colaboradores:

ENTREVISTADO	DATA	DURAÇÃO	CIDADE
José Martins de Souza	09 de outubro de 2020	1hr e 10 min	Solânea
Wolhfagon Costa de Araújo	28 de outubro de 2020	49 min e 16 seg	Solânea
Edinaldo Cordeiro Pinto Jr.	27 de outubro de 2020	1hr e 15 min	Solânea
Kerssia Lilliane Melo	23 de outubro de 2020	1hr e 25 min	Bananeiras

Quadro 1: Entrevistas. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021

As narrativas orais, assim como os jornais, são fragmentos de memórias, falas e versões do que aconteceu. Foi seguindo os princípios da história oral que realizamos as entrevistas, tal método é definido "como uma metodologia qualitativa de pesquisa, que traz outras dimensões ao debate historiográfico. Por meio dela o historiador consegue visualizar diversos pontos de vista de um determinado fato histórico" (DAVID, 2013, p.157).

Ao unir as metodologias da 'Educação Patrimonial - EP' e da 'História Oral' conseguimos compilar orientações que nos auxiliaram a produzir recursos didáticos sob um princípio

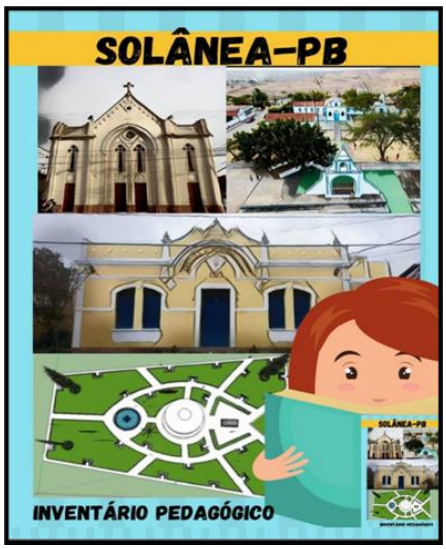
pedagógico. A EP é definida por Horta, Grunberg e Monteiro (1999, p.5) como "um instrumento de "alfabetização cultural" que possibilita ao indivíduo fazer a leitura do mundo que o rodeia, levando-o à compreensão do universo sociocultural e da trajetória histórico-temporal em que está inserido". Neste certame, o manual de aplicação "Educação Patrimonial: Inventários Participativos" (2016, p.7), define o ato de inventariar como "um modo de pesquisar, coletar e organizar informações sobre algo que se quer conhecer melhor". E continua, "Nessa atividade, é necessário um olhar voltado aos espaços da vida, buscando identificar as referências culturais que formam o patrimônio do local" (idem). Desta forma, tão igualmente importante ao ato de levantar dados é o de divulgá-los, daí a nossa proposta de produção de um Inventário Pedagógico, que atue como recurso didático para o debate das histórias locais de Bananeiras e Solânea.

O acesso a esses Inventários pelas escolas municipais, ou pela comunidade em geral destas cidades, pode conduzir "crianças e adultos a um processo ativo de conhecimento, apropriação e valorização de sua herança cultural, capacitando-os para um melhor usufruto destes bens, e propiciando a geração e a produção de novos conhecimentos, num processo contínuo de criação cultural" (HORTA, GRUNBERG e MONTEIRO,1999, p.5).

2.2 Os Inventários Pedagógicos como ferramentas de Educação Patrimonial

A palavra "inventariar" nos remete a ideia de catalogar, de listar. Em síntese, o inventário patrimonial é um levantamento minucioso dos bens culturais, uma ferramenta que objetiva promover o patrimônio com vistas a preservá-lo. Segundo a Unesco (1968 *apud* CAMPOS, 2013, p.121) "O inventário, na seara patrimonial, é um instrumento de conhecimento de bens culturais, seja de natureza material ou imaterial, que subsidia as políticas de preservação do patrimônio cultural".





Figuras 1 e 2: Inventários Pedagógicos. Fonte: Elaborados pelas autoras, 2021. Disponível em http://www.cchsa.ufpb.br/heb/contents/menu/acervos-digitais/recursos-didaticos-1.

Nossa busca por mapear os espaços de sociabilidade e memória dos municípios paraibanos de Bananeiras e Solânea conduziu para a produção de dois Inventários Pedagógicos, por nós intitulados com os mesmos nomes das suas respectivas cidades. Ainda nessa vertente, o inventário pedagógico:

> [...] trabalha na identificação e no registro por meio de pesquisa e levantamento das características e particularidades de determinado bem, adotando-se, para sua execução, critérios técnicos objetivos e fundamentados de natureza histórica, artística, arquitetônica, sociológica, paisagística e antropológica, entre outros. Os resultados dos trabalhos de pesquisa para fins de inventário são registrados normalmente em fichas onde há descrição sucinta do bem cultural, constando informações básicas quanto a sua importância histórica, características físicas, delimitação, estado de conservação, proprietário etc. (MIRANDA, 2008 *apud* CAMPOS, 2013, p. 122)

Dentro dessa perspectiva, produzimos inventários bem artesanais, com recursos que tínhamos ao nosso alcance, mais especificamente presentes em arquivos pessoais e livros de memória. Esse material amplia o entendimento dos aspectos que constituem o patrimônio cultural das cidades pesquisadas, contribuindo para a formação de uma memória coletiva e social, que auxilia no despertar de um sentimento de identificação dos sujeitos com as "coisas" que pertence/pertenceu às cidades.

O "**Inventário Pedagógico: Solânea**" (2021) traz em sua capa imagens da 'Igreja Matriz Santo Antônio', do 'Santuário Padre Ibiapina', do 'Grêmio Morenense' e da 'Praça 26 de novembro' (em forma de planta). Ele está dividido em 15 seções, a maioria delas divididas em uma ou mais subseções, que trazem a memória histórica dos lugares mapeados. O material didático possui 59 páginas e está formado por: capa, ficha técnica, sumário, quadro dos lugares de memória, memórias históricas, o mapa afetivo, a tabela de localização dos lugares e uma homenagem a um de nossos depoentes (José Martins de Souza, popularmente conhecido como "Seu Zuca", falecido no ano de 2020 em decorrência do COVID-19), e - por fim - as referências bibliográficas que foram utilizadas.

De forma semelhante a esse, o "**Inventário Pedagógico: Bananeiras**" (2021) foi também produzido. Ambos confeccionados no Programa Word. O de Bananeiras possui 60 páginas e traz ilustrações da 'Igreja Nossa Senhora do Livramento', 'Praça Epitácio Pessoa', 'Estação Ferroviária' e 'Túnel da Viração' respectivamente. Essas imagens passaram por uma edição no aplicativo de edição de foto "Picsart", ferramenta 'efeitos', item 'Neo Pop'. Ambos os Inventários foram elaborados dentro de uma perspectiva didática e lúdica, visando atrair o público mais juvenil para à leitura. Os dois recursos carecem de correções ortográficas e das regras da ABNT, antes de uma ampla divulgação. Infelizmente, não tivemos recursos financeiros para a realização desta correção.

As "memórias históricas" neles contidas funcionam como uma espécie de ficha de catalogação, carregando de forma resumida uma história de cada lugar mapeado, conteúdo este subordinado às informações coletadas nas fontes. Estas memórias registram desde o nome do local e sua data de fundação à sua localização e história, associado às possíveis

imagens encontradas. Já os “mapas afetivos” neles existentes são instrumentos cartográficos que nos permitem ter noções de geolocalização. Como bússolas de afetividade, os moradores dessas cidades foram por nós escutados por meio dos relatos encontrados nos livros de memória, estratégia que nos auxiliou a selecionar – por meio das sensibilidades – o que tomavam como lugares de memória e sociabilidade.

Segundo o Manual de Aplicação do IPHAN (2016, p.5), a comunidade deve ser “protagonista para inventariar, descrever, classificar e definir o que lhe discerne e lhe afeta como patrimônio, numa construção dialógica do conhecimento acerca de seu patrimônio cultural”. Em épocas pandêmicas, a solução por nós encontrada foi a de coletar estas sensibilidades nos livros memorialísticos produzidos por personagens locais.

Neste caminhar de produção, duas modalidades de mapas afetivos foram confeccionadas, em ambas utilizamos a plataforma do “*Google Maps*”, que nos auxiliou a localizar as cidades e a situar geograficamente seus espaços de memórias. Abaixo, segue a primeira modalidade representada:

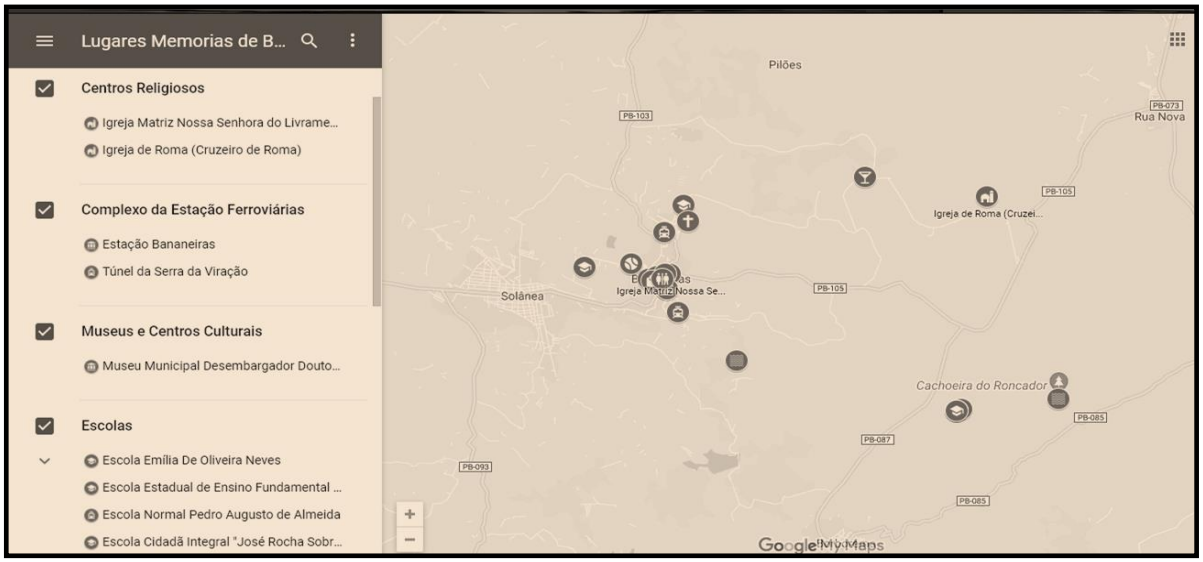
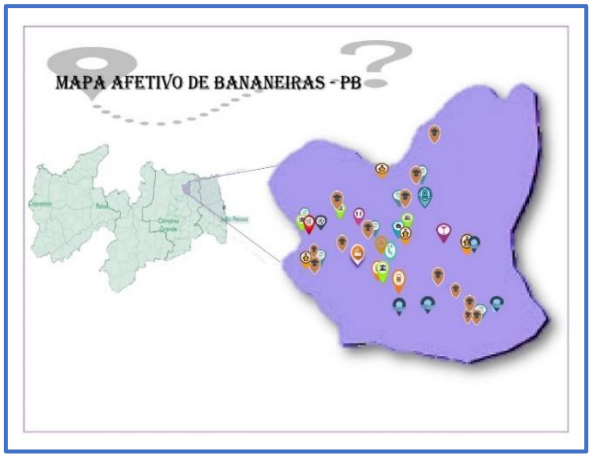


Figura 3: Mapa afetivo de Bananeiras 1. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.
Acesso ao mapa: https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1I4F-QtoBIr5ONDBHoUYK_VZDT23b0_K1&hl=pt-BR&ll=-6.75497480826062%2C-35.5740456374007



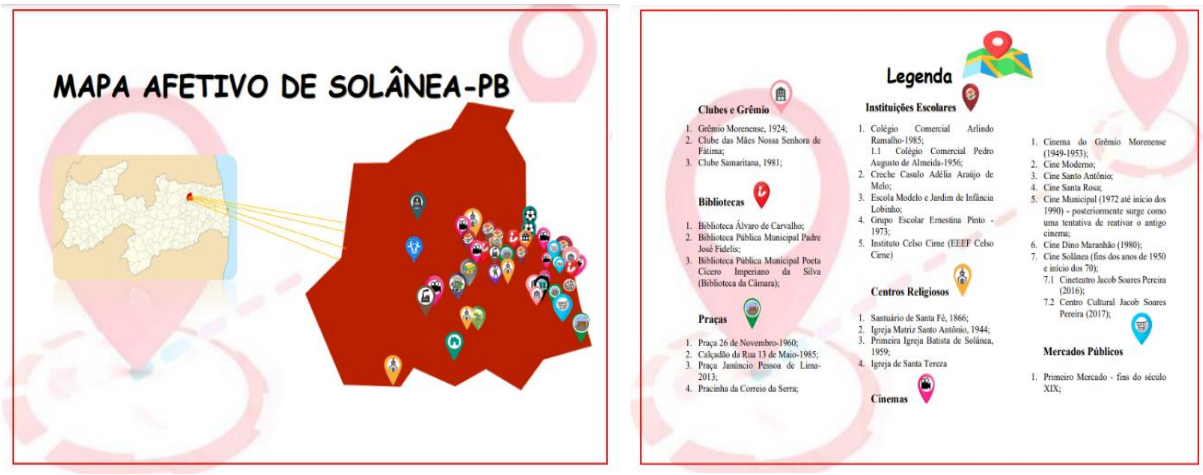
Figura 4: Mapa Afetivo de Solânea 1. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2020. Acesso ao mapa: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1AnNVdUTC9xFBDfMmvWq83MJTkBmWIboh&usp=sharing

O outro modelo de mapa afetivo criado objetivou o trabalho com a imagem cartografada. Produzido no Microsoft Word, nele colocamos os lugares de memória mapeados com suas devidas localizações. O recurso apresenta o mapa do estado da Paraíba, dando ênfase aos mapas das cidades de Bananeiras e Solânea. Os vetores personalizados demarcam a categoria a que aquele lugar pertence, e em outra imagem consta a legenda que orienta o leitor. Este modelo foi inserido nos Inventários Pedagógicos de ambas as cidades, e pode ser utilizado como recurso interdisciplinar, auxiliando também no debate da Geografia das cidades.





Figuras 5 e 6: Mapa afetivo de Bananeiras 2 e Legenda.
Fonte: "Inventário Pedagógico: Bananeiras", 2021, p. 54 e 55



Figuras 7 e 8: Mapa Afetivo de Solânea 2 e Legenda.
Fonte: "Inventário Pedagógico: Solânea", 2021, p. 53 e 54.

Nesse contexto, acreditamos que os mapas afetivos confeccionados "objetivam representar como se revelam determinadas lembranças de algum indivíduo relacionadas a um local, evidenciando seus lugares da memória, como pontos que mais marcam uma pessoa na cidade, em seu cotidiano" (Vettorassi *apud* CIASCA, 2018, p.212). Em ambos os mapas separamos os lugares em categorias, as mesmas existentes no quadro de lugares de memória dos inventários. Com isso, reforçamos a associação entre o vetor/representante do lugar, sua história e sua localização, como informações que precisam ser registradas na memória do leitor.

2.3 Repositório Digital 'História da Educação de Bananeiras' – HEB: um acervo digital do brejo paraibano

O Repositório Digital HEB é vinculado, como já foi dito, ao Grupo de Pesquisa História da Educação do Brejo Paraibano – HEBP. Hospedado no sítio eletrônico da Universidade Federal da Paraíba, o repositório reúne um acervo documental histórico, voltado mais especificamente às cidades de Solânea e Bananeiras. Mas também oferece, em menor escala, documentos da cidade de Campina Grande e municípios circunvizinhos.

Criado no ano de 2015, a partir das ações de um Projeto de Iniciação Científica, o repositório focava, inicialmente, no mapeamento e na coleta de fontes referente a Bananeiras. A ideia era digitalizar os documentos encontradas em acervos pessoais e disponibilizar a comunidade acadêmica, com vistas a estimular a produção de pesquisas na área de 'História' e 'Educação' sobre o município.

Com o passar dos anos fomos atualizando seu acervo, ampliando a digitalização de fontes também sobre os municípios de Solânea e Campina Grande. Nosso desejo é ampliar o arquivo para contemplar mais localidades do brejo paraibano, contando com as cidades de Arara, Dona Inês, Borborema e Serraria. Diante disto, se torna válido destacar que o título do

repositório não corresponde as localidades por eles abordadas, assim como também a geografia de Meso/Microrregiões do Estado. Fatores estes que ainda precisam ser revistos e que já apontam para a necessidade de alterações.



Figura 9: Página principal do repositório HEB. Fonte: http://www.cchsa.ufpb.br/heb .

Na aba principal deste sítio, o navegante encontrará dois tópicos: "**Assuntos"** e "**Acervos Digitais"**, além "**Banco de Pesquisas"** e o item dedicado a apresentação do **Grupo de Pesquisa HEBP**. No tópico "Assunto", o navegante terá acesso a vários subitens, como:

1. **Apresentação:** Breve resumo sobre o repositório e o grupo de pesquisa ao qual se vincula
2. **Quem somos?:** Neste item trazemos os discentes participantes do Grupo de Pesquisa, distribuídos entre orientandos de Mestrado e de Graduação.
3. **Projetos**: Aqui relatamos os projetos já realizados, bem como aqueles que estão em fase de desenvolvimento, ligados aos programas realizados no âmbito da UFPB.
4. **Mapeamento dos arquivos físicos/PB:** É um aplicativo que mapeia os arquivos históricos físicos da Paraíba, seu endereço e número de telefone para contato
5. **Levantamentos**: neste tópico divulgamos dados históricos já existentes em documentos antigos ou mapeamentos por nós realizados, acerca das cidades de Bananeiras e Solânea.

No tópico dos "Acervos Digitais" se encontra o coração do repositório. Nele o pesquisador encontrará documentos digitalizados, separados pelas características que os constitui. Compõe este tópico: **Revistas, Jornais, Acervos** (acervos pessoais e acervos escolares), **Outros Acervos** (acesso a outras hemerotecas Digitais), **Patrimônio Histórico** (exposições fotográficas e produções acadêmicas realizadas sobre o patrimônio de Bananeiras), **Cordéis** e **Recursos Didáticos** (reúne jogos culturais e Cartilhas Didáticas com orientações aos professores, assim como os "Inventários Pedagógicos de Bananeiras e Solânea").

O tópico dos "Recursos Didáticos" tem sido o cerne de nossos atuais projetos. Assim como os Inventários Pedagógicos de Solânea e Bananeiras, esse item traz uma série de jogos culturais que tematizam estas cidades, além de desenhos que podem ser direcionados ao debate da

educação patrimonial com o público da educação infantil. Atualmente estamos produzindo história em quadrinhos (HQ) e pequenos curtas, que visam estar disponíveis para acesso em um só canal, por nós nomeado como “PatrimônioFLIX”.

Destacamos que essas produções são pautadas em trabalhos artesanais, confeccionados com o reduzido domínio dos recursos informacionais e aplicativos a que temos acesso de maneira gratuita. Nosso desejo é tornar possível a todo aquele que tem interesse em estudar a história destas cidades informação e conhecimento, por isso acreditamos na disponibilização gratuita desses materiais, como recursos que podem ser apropriados pela comunidade para o debate e conhecimento de sua própria história.

3. CONCLUSÃO

Os Inventários Pedagógicos por nós produzidos trazem a seleção dos espaços elegidos pelas memórias, permeados pelas lembranças e pelas subjetividades da população de Bananeiras e Solânea, cidades do brejo paraibano. Para a produção destes instrumentos não nos guiamos por critérios técnicos (estabelecidos pelos saberes institucionalizados), mas nos conduzimos pela compreensão das sensibilidades afetivas, que direcionam para uma ‘cartografia participativa’/‘inventário participativo’.

No entanto, acreditamos que tais inventários carecem de uma revisão ortográfica detalhada, que propiciará ao leitor uma prazerosa experiência de aprendizagem. Para tanto, ficamos aguardando o interesse dos governos municipais destas cidades, com vistas a se tornarem parceiros em defesa do patrimônio histórico que emolduram o território destas urbes. Nosso desejo é tão somente ver estes materiais didáticos adquirindo sua real função, qual seja, despertar o desejo de (re)conhecimento e preservação do que é histórico nesses municípios.

Esses recursos se somam a outros disponíveis no Repositório Digital ‘História da Educação de Bananeiras’, um acervo virtual recheado de documentos digitalizados, como jornais e revistas locais e de época. Neste sítio, o navegante pode perceber um gracioso debate sobre a educação patrimonial, que vai desde o conhecimento do patrimônio arquitetônico destas cidades à defesa do seu patrimônio documental, elementos debatidos também de forma lúdica, por meio do acesso a jogos culturais personalizados. Todos esses recursos são apresentados como “meios de acesso da sociedade a sua memória formadora, organizadora e portadora de sentidos” (ARÉVALO, 2005, p.4), bem como representam a oportunidade que os indivíduos possuem de se reconhecerem como sujeitos partícipes desta história.

REFERÊNCIAS

ARÉVALO, Marcia Conceição da Massena. Lugares de memória ou a prática de preservar o invisível através do concreto. Revista História Hoje. Revista eletrônica da história. Volume 3, Nº 7, 2005. Disponível em. Acesso em 04 mar. 2020.

CAMPOS, Yussef. O inventário como instrumento de preservação do patrimônio cultural: adequações e usos (des)caracterizadores de seu fim. Revista CPC, São Paulo, n.16, p.119-135, maio/out. 2013. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/cpc/article/download/68646/71224. Acesso em: 22 jul. 2021.

CIASCA, Kaian Nóbrega Maryssael, Memória, Identidade e Território: Mapas Afetivos como indicadores de hábitos culturais. Revista do Centro de Pesquisa e Formação. Nº 6, junho, 2018.

CUNHA, Maria Teresa. (Des)arquivar. Arquivos pessoais e ego-documentos no tempo presente. São Paulo: Florianópolis: Rafael Copetti Editor, 2019.

DAVID, Priscila. História Oral: Metodologia do Diálogo. Revista Patrimônio e Memória, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 157-170, janeiro-junho, 2013.

FARIA FILHO, L. M. de. O jornal e outras fontes para a história da Educação Mineira do século XIX: uma introdução. In: ARAÚJO, J. C. S.; GATTI JÚNIOR, D. (Orgs.). Novos temas em história da educação brasileira: instituições escolares e educação na imprensa. Campinas: Autores Associados; Uberlândia: EDUFU, 2002. p.133-150.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. Novo Dicionário da Língua Portuguesa. 1ª edição. São Paulo: Editora Nova Fronteira.

HORTA, Maria de Lourdes Parreiras; GRUNBERG, Evelina; MONTEIRO, Adriane Queiroz. Guia básico de Educação Patrimonial. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Museu Imperial, 1999.

IPHAN. Educação Patrimonial: Inventários Participativos. Manual de Aplicação do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional Brasília-DF, 2016. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/inventariodopatrimonio_15x21web.pdf

NORA, Pierre. Entre memória e História: a problemática dos lugares. Projeto História. São Paulo: PUC-SP, 1993

SILVA, Maria Juliana Gonçalves da. Homens de letras e cidade: espaços de sociabilidade intelectual na cidade do Natal. IN Anais do Simpósio Nacional de História, XXVII, Natal, 2013. Disponível em: http://www.snh2013.anpuh.org/resources/anais/27/1364502353_ARQUIVO_ANPUH2013ARTIGO.pdf . Acesso em: 23 ago. 2021

CONTEXTUAL OU ITINERANTE? APROXIMAÇÕES PROJETUAIS AO DESIGN DE EXPOSIÇÕES IMERSIVAS NA CONTEMPORANEIDADE

Contextual or itinerant? Design approaches to immersive exhibitions in contemporaneity

Bianca Manzon Lupo

Doutoranda, FAU USP, bianca.lupo@usp.br

Meriellen Nuvolari Pereira Mizutani

Mestre, UNINOVE, merinuvolari@gmail.com

Resumo

A interatividade tem se tornado uma questão central para a estruturação de exposições e arquitetura museal na atualidade. As narrativas imersivas frequentemente utilizam ambientes interativos de aprendizagem, propiciando experiências significativas, especiais e únicas. O espaço expositivo tem um papel fundamental, possibilitando a criação de atmosferas sensoriais e imersivas por meio da mediação tecnológica. Deste modo, o artigo se propõe a investigar experiências expositivas brasileiras recentes, analisando duas perspectivas projetuais distintas: uma focada na adaptação da museografia tecnológica à especificidade contextual da arquitetura, tomando como base o Museu da Língua Portuguesa; e outra buscando a criação de espaços expositivos flexíveis e itinerantes, proposta no MIS-Experience. Pretendemos analisar de que forma as estratégias de aproximação projetual estão vinculadas às exposições imersivas e refletir sobre as reverberações dessa abordagem no que tange à conservação do patrimônio edificado

Palavras-chave: Ambiente Imersivos, Design de Exposições, Arquitetura de museus

Abstract

Interactivity has become a central issue for contemporary exhibition design and museum architecture. Immersive narratives often adopt interactive learning environments, providing meaningful, special, and unique experiences. The exhibition space has a fundamental role, enabling the creation of immersive sensory atmospheres through technological mediation. In this way, the article proposes to investigate recent Brazilian exhibitions, analyzing two distinct design perspectives: one focused on the adaptation of technological museography to the contextual specificity of architecture, based on the Museum of the Portuguese Language; and another seeking the creation of flexible and itinerant exhibition spaces, proposed in MIS-Experience. We intend to analyze how design strategies are linked as immersive exhibitions and how this discussion reflects on the conservation of built heritage.

Keywords: *Immersive Environment, Exhibition Design, Museum Architecture*

1. INTRODUÇÃO

O *design* de exposições ocupa papel central na cultura visual contemporânea, tornando-se uma importante ferramenta de comunicação entre museu e público, permitindo a criação de ambientes interativos de aprendizagem. A crescente profissionalização do campo insere-se num contexto de sobreposição das camadas informacionais na vida cotidiana, considerando a progressiva conversão da sociedade do consumo na chamada "sociedade do cansaço". Segundo Byung-Chul Han (2017), o excesso de estímulos, informações e impulsos suscitam o desenvolvimento de uma atenção rasa, periférica e distribuída entre diversas atividades. Como os signos visuais de comunicação tem se tornado menos eficazes, é recorrente a busca pela configuração de experiências multissensoriais que estimulam também a audição, olfato, tato e paladar. Essa exploração dos cinco sentidos pode ser considerada uma estratégia importante para ampliar a acessibilidade física e intelectual dos espaços expositivos adequando-se a perfis de aprendizagem visual, auditivo e sinestésico (HUGHES, 2015). Os objetivos atribuídos ao *design* de exposições deslocam-se progressivamente para a construção de experiências significativas para o visitante, potencializando seu processo de descoberta e exploração espacial.

Diante desse contexto, o uso das tecnologias da comunicação se torna um recurso frequente aplicado ao *design* de exposições, criando narrativas museais ocasionalmente desvinculadas de coleções museais que buscam configurar atmosferas sensorialmente estimulantes que potencializem a fruição do visitante no espaço expositivo, reproduzindo histórias e incentivando o compartilhamento de experiências em grupo. Em produções em larga escala, torna-se recorrente a incorporação de diversos recursos tecnológicos, como o uso do vídeo *mapping* ou projeção mapeada, telas *touch screen,* criação de espetáculos de luz e som, efeitos especiais ou até mesmo a combinação entre variados formatos de mídias interativas. Conforme pontua Philip Hughes (2015), as estratégias de interatividade podem assumir objetivos variados, permitindo a consulta de informações (*find out more)*, criando jogos entre os visitantes (*gaming interactives)* ou relacionando-se diretamente com o ambiente (*environmental interactive).*

As estratégias empreendidas para o *design* de exposições dependem de uma série de fatores partindo do estabelecimento de objetivos claros que norteiem os processos de tomada de decisão, da disponibilidade orçamentária e das características do espaço arquitetônico que sediará a mostra. O próprio desenvolvimento de tecnologias interativas e imersivas adaptadas ao espaço museológico parte de experimentações realizadas por grandes empresas da comunicação, informática e eletrônica, que demonstram interesse pela criação de ambientes multissensoriais, tais como Philips, IBM e Sony. O espaço expositivo passa a incorporar simultaneamente experimentações tecnológicas e soluções desenvolvidas no campo das artes plásticas, cinema e teatro; ampliando-se consideravelmente o léxico de possibilidades aventadas para a construção da narrativa museal.

Desde os anos 1970, verifica-se a criação e proliferação global de escritórios dedicados à realização de projetos cenográficos espetaculares, com alto padrão de acabamento, cujo campo de atuação profissional alterna a realização de exposições museológicas, *layouts* comerciais e equipamentos voltados ao entretenimento cultural. Como exemplo, podemos citar a atuação de Ralph Appelbaum Associates, François Confino, Ateliê Brückner, MET Studio, entre outros. Em sua abordagem a interrelação entre arquitetura e museografia se torna uma questão fundamental para garantir a

especificidade das intervenções, ampliando o potencial de criação de narrativas espaciais impactantes e memoráveis. O desafio não é mais inserir tecnologias expográficas no invólucro arquitetônico museal, mas criar uma arquitetura intrinsecamente integrada à museografia tecnológica. Conforme sugere Peter Hall (2001), trata-se de museografias "*altamente arquitetônicas*", cuja projetação demanda o trabalho multidisciplinar conjunto entre arquitetos, curadores, cenógrafos, programadores visuais, *designers*, historiadores, antropólogos, engenheiros, entre outros profissionais.

Em contraponto a essa perspectiva, em que há uma clara ênfase à espacialidade do lugar; algumas iniciativas mais recentes de *design* expositivo têm se afastado da criação de experiências essencialmente vinculadas à arquitetura, privilegiando o desenvolvimento de módulos expositivos flexíveis e itinerantes que podem ser adaptados a variados ambientes, mediante o atendimento a requisitos espaciais mínimos. Alguns escritórios internacionais recentes têm assumido destaque na difusão desse modelo expositivo, *como Imagine Exhibitions* e Grande *Exhibitions.* A abordagem em questão possibilita o deslocamento de experiências expográficas que podem ser instaladas por todo o mundo; interpretando, em certa medida, a ideia de "Museu portátil" proposta por Marcel Duchamp nos anos 1940. As exposições-container, cuja instalação mobiliza a interpretação da arquitetura como invólucro (MONTANER, 2003), possibilitam uma abordagem flexível e adequada à comercialização de mostras concebidas como produtos audiovisuais de circulação global.

A versatilidade do modelo e a possibilidade de criação de narrativas desvinculadas de acervos materiais permite inclusive a instalação de narrativas imersivas em arquiteturas efêmeras implantadas no estacionamento de *shopping centers;* mostrando claramente a articulação entre patrimônio histórico e consumo cultural na contemporaneidade. A mediação tecnológica abre diferentes perspectivas para o tratamento de temas relacionados ao patrimônio cultural imaterial, possibilitando novas formas de interação com o público a respeito dos mais variados temas. Ademais, a museografia *high tech* tem se tornado uma frequente estratégia de revitalização de edifícios existentes, com o intuito de reativar o interesse por sua frequência e reinseri-lo nos fluxos da cultura contemporânea. Frequentemente, a aura de alta tecnologia que emana desses espaços cria relações contrastantes e ambíguas com invólucros arquitetônicos de interesse histórico. A sobreposição de diversas temporalidades altera profundamente a percepção espacial de edifícios concebidos em épocas precedentes.

O presente artigo pretende analisar estratégias de aproximação projetual ao *design* de exposições imersivas na contemporaneidade, investigando o contraponto estabelecido entre a abordagem contextual da museografia tecnológica, vinculada ao espaço arquitetônico; e a abordagem flexível, voltada à itinerância global dos módulos expográficos. Como objetivo, temos o intuito de refletir criticamente sobre a implicação do paradigma tecnológico para a discussão do patrimônio edificado, criando formas híbridas de conexão entre edifícios antigos e museografia tecnológica. Em particular, o campo brasileiro nos oferece exemplos de grande interesse para a análise do problema proposto, considerando-se a atuação de escritórios internacionais para a criação de experiências tecnológicas no país e o disseminado interesse pelo desenvolvimento de projetos de readaptação de edifícios existentes para usos culturais. Adotaremos o estudo de caso como metodologia de pesquisa, partindo da seleção de dois casos exemplares: o projeto museográfico elaborado por Ralph Appelbaum para o Museu da Língua Portuguesa e a implantação da exposição itinerante "*Leonardo da Vinci – 500 anos de um gênio"*, produzida pelo escritório Grande *Exhibitions* no recém-inaugurado MIS-Experience. O

primeiro caso pode ser considerado uma interpretação contextual da museografia tecnológica ao edifício da Estação da Luz, a partir de projeto elaborado em conjunto com os arquitetos Pedro e Paulo Mendes da Rocha. Já o segundo consiste na readaptação de um antigo armazém da TV Cultura, situado na região da Água Branca, a partir de projeto dos arquitetos Roberto Rolnik e Renato Theobaldo, para a criação de um espaço expositivo flexível, vocacionado a receber mostras audiovisuais de caráter itinerante.

2. RALPH APPELBAUM ASSOCIATES E O MUSEU DA LÍNGUA PORTUGUESA

Um dos principais escritórios internacionais especializado no *design* de exposições imersivo é a empresa nova-iorquina *Ralph Appelbaum Associates* (RAA), pioneira na criação de narrativas museais fortemente conectadas à arquitetura, dotadas de elevada carga de dramaticidade e apelo persuasivo. As exposições de Appelbaum se dedicam à apresentação de temas variados, podendo voltar-se tanto à criação de narrativas temáticas, como à mediação de coleções materiais. Especializado no *design* de museus, atrações turísticas, exposições e ambientes educacionais, RAA tornou-se popular por "*criar seu próprio campo de atuação*" (McKEE, 2002, p. 62), caracterizado pelo trabalho interdisciplinar envolvendo arquitetos, cineastas, escultores, historiadores, educadores, tecnólogos, especialistas em mídia e outros profissionais. Inaugurado em 1978, Appelbaum valeu-se da experiência adquirida durante anos trabalhando com o *designer* industrial Raymond Loewy, criador da garrafa da Coca-Cola e do ônibus *Greyhound.* Depois, foram abertas outras filiais do escritório em Londres, Moscou, Berlim, Pequim e Dubai – o que contribuiu para a difusão internacional da criação de experiências espaciais de imersão capazes de ativar a imaginação e as emoções do indivíduo. Conforme esclarece o *designer:*

> Tudo começa com muita pesquisa, colaboração de especialistas, enfim, busca de informação. O que nós fazemos é transformar essa informação em uma narrativa e depois essa narrativa em uma experiência de imersão. A arquitetura e o *design* do museu são fundamentais para provocar essa experiência. Museus modernos, na maioria das vezes, são museus de interpretação, precisam de um contexto, de um entorno. São mais parecidos com uma peça de teatro, com a diferença de que você pode caminhar pelo palco (APPELBAUM, cf. CAVALCANTE, 2016).

Suas intervenções buscam conceber o museu como um lugar de encontro e experiência dotada de estratégias para incorporar elementos familiares aos visitantes, tais como monitores de televisão, telas *touch screen* e outros *gadgets* comuns no espaço doméstico urbano contemporâneo. Segundo Appelbaum, "*o design e a tecnologia ajudam o visitante a se sentir vivendo o passado. É como se saísse da plateia e entrasse no palco, com a diferença de que aquele espetáculo é real*" (APPELBAUM, cf. CAVALCANTE, 2016). O escritório busca criar experiências lineares fortes, que narram histórias claras e permitem aos visitantes aprofundarem diversos aspectos da exposição se desejarem. RAA possui vários projetos dedicados à construção da memória cívica, como o *National Constitution Center* (Filadélfia), o *Hayden Planetarium* (Nova Iorque) e o *Country Music Hall of Fame* (Nashville); e à museologia da ciência, como o *National Museum of Prehistory* (Taiwan) e *Rose Center for Earth and Space* (Nova Iorque).

Desde os anos 1990, Appelbaum tem realizado uma série de intervenções no Brasil a convite da Fundação Roberto Marinho (FRM), instituição privada sem fins lucrativos vinculada ao Grupo Globo,

um dos principais conglomerados midiáticos do país, que se interessou por alguns casos de referência de grande notoriedade internacional, ambos localizados em Washington: o Museu Memorial do Holocausto (1993) e o Museu das Notícias (1997). Contratando RAA, a FRM pretendia trazer ao Brasil "*um novo conceito museográfico, que alia tecnologia e educação*" (FRM, acesso em 2020). Appelbaum realizou no país a consultoria para o Memorial e Arquivo Histórico de Porto Alegre (1998-2000), a exposição "50 anos de TV e +" (2000) e o Museu da Língua Portuguesa (2006), implementado no edifício da Estação da Luz a partir de projeto elaborado pelos arquitetos Pedro e Paulo Mendes da Rocha. Projetada pelo arquiteto inglês Charles Henry Driver e inaugurada em 1867, a Estação da Luz foi tombada em nível estadual (Condephaat, 1982); municipal (Conpresp/DPH, 1991) e federal (IPHAN, 1996) (SOUKEF, 2000). O Museu da Língua Portuguesa (Figura 1) se aproxima às tecnologias da comunicação como estratégia para a musealização do idioma, entendido como patrimônio imaterial. A concepção do museu pretendia criar um ambiente *high tech,* em que o conteúdo fosse transmitido de forma lúdica e interativa a partir da mediação tecnológica.



Figura 1: Museu da Língua Portuguesa. Fonte: RAA, acesso em 02 nov. 2020.

A não apresentação de acervos materiais do museu acentuou o papel assumido pela produção de conteúdos audiovisuais que interpretassem o tema proposto. A concepção da narrativa foi produzida a partir da criação de um roteiro ou *storytelling,* isto é, um texto de aproximadamente 40 páginas chamado "Estação da Luz da Nossa Língua" (RISÉRIO, 2020). O objeto museológico foi construído pelo trabalho de uma equipe multidisciplinar, incluindo antropólogos, sociólogos, museólogos, especialistas em língua portuguesa e artistas. Logo, a opção pelo uso das tecnologias da comunicação sugeriu a incorporação de aspectos do patrimônio imaterial que não poderiam ser alcançados pela exibição de coleções materiais: oralidade, sonoridade e pluralidade dos modos de falar. O diálogo estabelecido entre o *designer* e os arquitetos foi determinante para o desenvolvimento de soluções projetuais, algumas das quais questionáveis do ponto de vista da preservação do edifício histórico. Conforme indica o seguinte depoimento:

> Muito da expertise do Ralph Appelbaum foi a base conceitual desse museu. Ele não é arquiteto, mas o teatro tem essa figura, o *mise-en-scène*. Ele, estudando o edifício, identificou quais seriam os espaços com maior potencial de experiência. [...] Ele fez essa análise muito perspicaz de como seria possível tirar partido daquele arcabouço e aquilo balizou, junto com a arquitetura, a caracterização do espaço (ROCHA, cf. LUPO, 2020).

O processo de projeto integrado implicou na adoção de soluções arquitetônicas específicas, como o posicionamento do auditório no início do circuito. Como indica o seguinte depoimento, "*a museografia sugeriu que o percurso se iniciasse com um auditório, no qual haveria uma espécie de 'aula introdutória' sobre o assunto, que funcionaria como o prólogo de um livro*" (ROCHA, cf. LUPO, 2020). No projeto está presente também a dimensão do *spatial editing* (MIGLIORE, 2020), prevendo a antecipação de efeitos como estratégia para o engajamento emocional do visitante. A rotação inesperada da tela do auditório, revelando o próximo ambiente, converte-se num efeito cênico de grande impacto A Praça da Língua por sua vez, foi adaptada a partir da iniciativa dos arquitetos de removerem a laje embaixo da grande mansarda, de modo que o *show* audiovisual fosse projetado diretamente na estrutura de cobertura do edifício, acrescentando novas camadas de significação para o espaço. A Grande Galeria surgiu a partir de iniciativa dos arquitetos que criaram uma enorme tela de 106m de comprimento, revelando a volumetria da Estação da Luz na sua integralidade. A arquitetura serviria de suporte para projeções audiovisuais, exibindo em alguns momentos imagens da própria estação de trem como estratégia para enfatizar a experiência do visitante no lugar.

A sobreposição do paradigma tecnológico sobre o edifício histórico desencadeou a realização de mudanças radicais no interior do edifício, baseadas na premissa de que "*não se pode tocar o prédio só um pouquinho, sob a pena de não se fazer uma boa intervenção"* (ROCHA, cf. GRUNOW, 2015). O projeto arquitetônico seguiu diretrizes estabelecidas pelos órgãos de preservação competentes: a não alteração da volumetria externa do edifício e a preservação integral de sua ala oeste, que conservava características originais do século XIX. As alterações propostas pelo projeto arquitetônico, sobretudo a abertura da Grande Galeria, implicou na destruição de alvenarias originais e no comprometimento da organização espacial interna do edifício, composta por duas alas articuladas por um corpo central. O resultado alcançado suscita no visitante a sensação dúbia de adentrar um edifício antigo, mas cujos interiores escurecidos e dramaticamente iluminados criam uma ambiência pós-moderna de caráter *high tech.* A abordagem adotada privilegia a restauração do invólucro arquitetônico, revelando um certo espírito de "fachadismo" que, segundo Georg Mörsch, é o ato de "*desventrar, estripar e desossar o edifício histórico*" (MÖRSCH, cf. KÜHL, 2008, p. 215). Ao desconsiderar as especificidades do interior do edifício, a intervenção causou uma inquietante ruptura na legibilidade de seus espaços, fazendo preponderar, como tônica principal da intervenção arquitetônica, a dimensão da museografia tecnológica.

3. GRANDE EXPERIENCES E O MIS EXPERIENCE (SP)

O escritório australiano Grande *Experiences*, fundado por Bruce Peterson, dedica-se à missão de estimular pessoas a compartilhar experiências de arte e cultura. Trabalhando inicialmente com a criação de exposições interativas de caráter permanente, a empresa se consolidou com a criação de mostras sobre Leonardo da Vinci baseadas em artefatos (manipuláveis ou não), enfrentando a questão dos acervos ausentes. Segundo Peterson, "*isso nos levou a um caminho de explorar a tecnologia de*

projeção como um meio para contar histórias e envolver ainda mais o nosso público. Na época, a tecnologia estava se tornando mais robusta e acessível" (PETERSON, cf. TICKET MASTER, 2021). A partir de 2010, a empresa mudou seu eixo de atuação para a criação de experiências imersivas itinerantes que exploram a abordagem multissensorial integrada. Conforme narra Peterson, o diferencial do modelo expositivo foi a criação de "*um sistema que podia viajar, que podia entrar em locais de todas as formas e tamanhos com diferentes alturas de teto, levando em consideração colunas, luz, pisos... um sistema econômico e durável ao longo dos meses em que ocorre a exposição"* (PETERSON, cf. TEN, 2015). Conforme consta em seu *website,* "*a arte de contar histórias ganha vida, envolvendo todos os sentidos simultaneamente, mergulhando o visitante num oceano de imagens em movimento, música, luz, som e até cheiro"* (GRANDE EXPERIENCES, acesso em 27 ago. 2021).

O novo modelo expositivo partiu do desenvolvimento da tecnologia imersiva *SENSORY-4 (software e hardware)*, que combina animações digitais, sistema *som surround* e uso de projetores em alta definição para a concepção de ambientes multi-tela de caráter imersivo, criando narrativas ao mesmo tempo pedagógicas e de forte caráter espetacular. Segundo a empresa, o modelo expográfico tem amplo potencial de democratizar o acesso à cultura devido a seus baixos custos em comparação a outros formatos criando experiências culturais em lugares que provavelmente não teriam condições para receber acervos originais. Em casos de exposições relacionadas a temas artísticos, a tecnologia torna possível a visualização e interpretação de aspectos das obras físicas que não são visíveis a olho nu. Outra possibilidade aberta é juntar, em uma mesma experiência, reproduções de obras que dificilmente estariam fisicamente presentes na mesma exposição. O hiper-realismo das mostras não pretende mimetizar as obras originais, mas provocar a interpretação sobre temas e dinamizar a difusão de conteúdo. Tais operações se tornam possíveis através da produção de imagens e vídeos em altíssima resolução. As narrativas frequentemente incorporam curiosidades biográficas e informações complementares sobre os artistas, apresentando acentuado potencial didático-pedagógico.

Como exemplo, podemos citar a criação das mostras *Leonardo da Vinci Collection, Monet & Friends, Planet Shark: predator or prey, Alice: uma aventura maravilhosa, Street Art, Van Gogh Alive, Grande 360, Digital Nights.* O grande interesse está na criação de mostras audiovisuais que podem se adaptar a diferentes espaços expositivos e orçamentos. Para receber a exposição é necessário atender a requisitos espaciais mínimos em termos de altura, largura e profundidade. As mostras podem ocupar áreas adaptáveis abrindo-se a possibilidade de implantar apenas partes de seus módulos. A instalação de pisos elevados permite adaptar a exposição a variados sítios de implantação, resolvendo eventuais desníveis do local.

No Brasil, a recente requalificação do galpão industrial na região da Água Branca, em São Paulo, buscou criar uma nova sede do MIS-SP que estivesse apta ao recebimento de exposições itinerantes modulares. Inaugurado em 2019, recebeu a mostra "Da Vinci: 500 Anos de um Gênio" (Figura 2), produzida pela Grande *Exhibitions*. Criado a partir de uma parceria entre Museu da Imagem e do Som, Secretaria de Cultura e Economia Criativa do Governo do Estado de SP e TV Cultura, o projeto de arquitetura foi realizado pelos arquitetos Roberto Rolnik e Renato Theobaldo. Em contraponto à espetacularização da mostra a intervenção arquitetônica foi extremamente simples, incluindo a substituição do telhado, a inclusão de um mezanino e a reforma infra estrutural para dotar o ambiente

de isolamento acústico e luminotécnico. A experiência imersiva ocorre de maneira completamente independente da arquitetura, de modo que "*os limites espaciais físicos se tornam imperceptíveis no interior do contêiner em função dessa experiência perceptiva e fenomenológica em torno à área das imagens, reproduções, instalações, monitores, dioramas, mecanismos e virtualidades*" (MONTANER, 2012, p. 44-45).

A criação do MIS-Experience pode ser considerada uma resposta às tentativas de inserir bens culturais nos circuitos da economia pós-industrial globalizada, na qual se torna frequente a difusão de programas arquitetônicos voltados ao entretenimento e ocupação do tempo livre. A conversão de um antigo galpão industrial em espaço expositivo cria uma experiência espacial híbrida, em que o caráter ordinário da arquitetura, sobre a qual não incidiam legislações específicas de tombamento, contrasta com a ambiência altamente tecnológica de seus interiores. Apesar do relativo baixo custo, a espacialidade arquitetônica aliada ao modelo expográfico adotado permite elevado grau de rotatividade das exposições, alinhando-se às demandas do capitalismo transestético, em que o hiperconsumo estetizado se torna a tônica do capitalismo experiencial, orientado por uma certa "*lógica de performance*" (LIPOVETSKY & SERROY, 2015, p. 67) que demanda a participação corporal do visitante na experiência espacial. Ainda que não se trate de uma intervenção inserida em um edifício patrimonializado, os interiores do galpão industrial são completamente anulados pela experiência imersiva, desencadeando uma percepção espacial descontextualizada por parte do visitante.



Figura 2: MIS Experience. Exposição "Da Vinci: 500 anos de um gênio". Fonte: Acervo pessoal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cultura contemporânea globalizada, observa-se que o museu assume lugar de destaque como novo templo cultural da atualidade, afirmando-se como local de descobrimento e interação espetacular. A centralidade da comunicação no mundo e a expansão das tecnologias digitais têm transformado os modos de pensar e projetar as instituições museológicas. Ambos os casos estabelecem novas formas de percepção e visibilidade de narrativas orais, textuais e visuais, dotadas de forte apelo ao sensível e às emoções. Os processos interativos proporcionam uma mudança de atitude do visitante que vivencia uma experiência mais participativa, lúdico e permeada por imagens, suscitando certo reencantamento tecnológico. O conjunto de indagações que retrata esse "museu vivo" convoca a uma revisão da própria noção do espaço do museu, conjugando de maneira sincrônica passado, presente e futuro. Nota-se a aproximação à vivência cotidiana da sociedade contemporânea que, num cenário permeado pelas mídias, imagens e pelo imaginário tecnológico, em seu conjunto, remetem ao contexto próprio da cultura contemporânea.

Os casos analisados revelam estratégias projetuais distintas que transformam radicalmente a percepção interna de edifícios existentes, assinalando a predominância da museografia tecnológica como condição paradigmática para o pensamento dos museus no século XXI. A crítica apresentada ao Museu da Língua Portuguesa se fundamenta, sobretudo, nas problemáticas relações que o projeto implantado estabelece com a materialidade do edifício existente, cujo valor histórico e estético é legalmente reconhecido pela instituição do tombamento, em diferentes níveis, e deveria ser preservado e transmitido às próximas gerações. No entanto, essa discussão não se apresenta de maneira análoga no que tange à reconversão do galpão industrial em MIS-Experience. Sua adequação a usos culturais teria inclusive contribuído para a preservação de uma tipologia frequente na região. Apesar de não tombado, o galpão apresenta interesse para a preservação patrimonial dada a sistemática ameaça de demolição de edifícios semelhantes em função do processo de adensamento e verticalização estimulados pela Operação Urbana Água Branca, instituída pela Lei nº 11.774/1995. Por essa razão, a implantação do MIS-Experience pode ser considerada uma ação que favorece a preservação da materialidade do edifício.

Além das questões pontuadas, é importante destacar diferenças fundamentais observadas no que diz respeito às relações estabelecidas entre arquitetura e design de exposições em ambos os casos. No MLP, o fato de a museografia estar intimamente atrelada à arquitetura colabora para a cristalização da narrativa numa condição tempo-espacial pré-determinada. Por um lado, essa abordagem se alinha à intenção enunciada pelos organizadores do museu, que pretendiam criar uma exposição de longa duração mediada pelas tecnologias da comunicação. Em contrapartida, a forte aproximação entre museografia tecnológica e arquitetura museal acabou dificultando, em alguma medida, a atualização e dinamização dos conteúdos apresentados ao público. O projeto de arquitetura buscou conectar a museografia tecnológica à Estação da Luz e alguns ambientes se mostram capazes de reinterpretar, de modo *high tech,* o edifício histórico. Principalmente na Grande Galeria e na Praça da Língua, o público se depara com experiências de caráter ao mesmo tempo tecnológico e indissociável da arquitetura do lugar.

O MIS-Experience, entretanto, adota um modelo que incorpora a arquitetura como suporte para variadas mídias e narrativas, adequando-se aos fluxos globais das megaexposições itinerantes e abrindo novas possibilidades para a interpretação imersiva de temas relacionados à cultura audiovisual contemporânea. O modelo expositivo adotado prescinde da existência de exposições permanentes, como ocorre no Museu da Língua Portuguesa. A cada exposição, os espaços do MIS-Experience se reinventam radicalmente, dada a inexistência de ambientes que favoreçam a cristalização da memória e o desenvolvimento de laços afetivos entre público e instituição a longo prazo. Desse modo, vemos que o caso do MIS-Experience reflete a emergência de processos de aceleração dos fluxos de capital, que passa a se reproduzir com maior velocidade e demandando menor investimento em infraestrutura.

Outra questão importante a ser assinalada é a relativa dependência tecnológica e cultural desse modelo expográfico a escritórios estrangeiros que produzem exposições itinerantes, cujos temas são geralmente definidos em função de pesquisas de mercado e apresentados como produtos comercializáveis, notadamente alinhados a interesses de grupos hegemônicos. Se alguns escritórios oferecem a seus clientes a possibilidade de desenvolvimento de mostras em parceria com curadores de instituições locais, vinculadas a temas de interesse propostos pelo museu sede (como é o caso do *Imagine Exhibitions*, por exemplo); essas relações ainda ocorrem de maneira pontual e tímida atualmente. Deste modo, o presente artigo pretendeu contribuir para a reflexão acerca dos processos de transformação dos espaços expositivos na contemporaneidade, analisando as diferentes possibilidades de articulação entre arquitetura, *design* de exposições e patrimônio que se delineiam a partir da mediação tecnológica, criando novas possibilidades de experimentação espacial.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, Rodrigo. Ralph Appelbaum. Revista Superinteressante. 31 out. 2016.

FRM. Fundação Roberto Marinho. In: https://frm.org.br/. Acesso em: 19 jul. 2020.

GRANDE Experiences. In: https://grande-experiences.com/. Acesso em: 23 ago. 2021.

GRUNOW, Evelise. Museu de dupla escala. Projeto Design, 2015, n. 428, pp. 46 - 57.

HALL, Peter. Pulling them in; now showing: something dazzling. The New York Times. 2 mai. 2001.

HAN, Byung-Chul Han. Sociedade do cansaço. Petrópolis: Vozes, 2017.

HUGHES, Philip. Exhibition Design. Londres: Laurence King, 2015.

LIPOVETSKY, Gilles e SERROY, Jean. A estetização do mundo. Viver na era do capitalismo artista. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

LUPO, Bianca Manzon. O conceito de fato museal e o Museu da Língua Portuguesa. Brazilian Journal of Development, 2020, v. 6, pp. 90437-90461.

McKEE, Bradford. What he says, it is: how Ralph Appelbaum built a monopoly in the field of exhibition design. Architecture, v. 91, n. 2, fev. 2002, p. 62. Gale Academic OneFile.

MIGLIORE, Ico. New narrative spaces. in: Crespi, Luciano. Cultural, theoretical and innovative approaches to contemporary interior design. Milano: IGI Global, 2020.

MONTANER, Josep Maria. A modernidade superada. Ensaios sobre arquitetura contemporânea. SP: Ed. Gustavo Gili, 2012.

MONTANER, Josep Maria. Museus para o século XXI. Barcelona: Gustavo Gili, 2003. 157p.

RAA. In: <http://www.raany.com/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

RISÉRIO, Antônio. Entrevista concedida em 18 set. 2020.

SOUKEF, Antonio Junior. Cem anos Luz. São Paulo: Dialeto Latin American Documentary, 2000.TEN. Interview with Bruce Peterson. The touring exhibition news. 07 jul. 2015.

TICKET MASTER. We chat to Grande Experiences' founder Bruce Peterson on bringing Van Gogh to multi-sensory digital art gallery THE LUME Melbourne. 26 ago. 2021.

BIBLIOTECA DIGITAL DE TEXTURAS DE LADRILHOS HIDRÁULICOS: PRESERVAÇÃO E DIVULGAÇÃO DO PATRIMÔNIO DE LAGUNA/SC

Digital library of hydraulic tiles textures: preservation and dissemination of the cultural heritage of Laguna / Santa Catarina / Brazil

Indio Vignes

Mestre, ERASMUS MUNDUS, indiovignes@gmail.com

João Paulo Mota

Mestrando, UFSC, joaopmota16@gmail.com

Maicon Fedrigo

Graduado, UDESC, maicon.fedrigo@gmail.com

Isadora Cristina Cardoso

Pós-graduanda, UTFPR, cardosoic8@gmail.com

Amanda Dal Molin

Graduada, UDESC, agdalmolin@gmail.com

Resumo

O presente artigo objetiva discorrer sobre o processo de produção de texturas digitais, as quais compõem a Biblioteca Digital de Texturas de Ladrilhos Hidráulicos de Laguna (SC). Para tanto, o relato divide-se na apresentação de dois momentos técnicos: primeiramente, o método de captação fotográfico, cujo rigor permitiu a produção de mais de três mil fotografias referenciadas geograficamente no centro histórico da cidade catarinense e, a seguir, o processo de produção das texturas digitais, mediante edição de imagens executada digitalmente. Desta forma, obteve-se um acervo digitalizado de peças de ladrilhos hidráulicos, resguardando parte da memória e do patrimônio arquitetônico da cidade, exposto à deterioração ambiental e antrópica.

Palavras-chave: Ladrilhos Hidráulicos; Texturas Digitais; Patrimônio Arquitetônico

Abstract

The present article aims to discuss the production process of digital textures, which compose the Digital Texture Library - Laguna Mosaic Tiles (SC, Brazil). To this end, the report is divided into the presentation of two technical moments: first, the method of photographic capture, whose rigor allowed the production of more than three thousand geographically referenced photographs in the historic center of Laguna and, then, the production process of digital textures, through image editing executed

digitally. In this way, a digital collection of mosaic tile pieces was achieved, safeguarding part of the memory and architectural heritage of the city, exposed to environmental and anthropic deterioration.

Keywords: *Mosaic Tiles; Digital Textures; Architectural Heritage*

1. INTRODUÇÃO

O centro histórico de Laguna (SC), tombado como conjunto arquitetônico pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1985, denota, através dos diferentes estilos arquitetônicos, testemunhos dos perfis socioeconômicos da população local ao longo da sua duração temporal. Nesse panorama, a preservação dos elementos das fachadas dos imóveis tombados integra grande relevância na elaboração de seus valores patrimoniais, em contrapartida aos elementos de pavimentação, que recebem menor atenção. Isso se intensifica ao tratar-se de ladrilhos hidráulicos, elementos cimentícios intimamente ligados à memória afetiva e visual de diversas gerações de brasileiros, cuja manutenção esteve sujeita ao gosto dessa sociedade.

Por definição, os ladrilhos hidráulicos são módulos cimentícios produzidos manual e individualmente por artesãos qualificados, com auxílio de prensas rudimentares e moldes metálicos, onde se depositam ou não camadas cimentícias pigmentadas (ESQUIEU, 2013; GESTER, 2013). Devido ao seu método de produção artesanal, os ladrilhos hidráulicos costumam atingir preços de venda elevados, ocasionando a frequente substituição por produtos industrializados de menor custo, como pisos cerâmicos.

Mediante pesquisa, identificou-se que são poucas as produções científicas internacionais e nacionais dedicadas ao caráter histórico e "valores patrimoniais" do ladrilho hidráulico, o que dificulta sua compreensão como patrimônio cultural "substancialista" (DAVALLON, 2018). Foi somente em 2013 com a publicação do livro "*Une histoire du carreau-mosaïque…" (Uma história do Ladrilho Hidráulico…),* que o professor Yves Esquieu identificou a origem do ladrilho hidráulico na pequena cidade francesa de Viviers, por volta de 1860, inserida no contexto da Revolução Industrial. A origem francesa do ladrilho explica sua presença em antigas colônias do país. A difusão do elemento também ganha força na Espanha, que se torna um pólo produtor e influencia os países da América Latina (BRAVO-NIETO, 2015). No Brasil, essa pesquisa histórica não é consolidada, e oferece poucos fragmentos e pistas apenas em nível de mestrado, concentrando-se em temáticas da técnica e da relação afetiva (CAMPOS, 2011; GESTER, 2013; DOMINGUEZ, 2016; REIS, SANTOS, 2020).

Diante da dificuldade de preservação do ladrilho hidráulico, visto que seu valor patrimonial não é amplamente reconhecido pelos órgãos públicos e pela sociedade, um grupo de pesquisadores realizou um levantamento quantitativo dos elementos presentes na cidade de Laguna (SC). O trabalho ocorreu entre os anos de 2015 e 2018, e as 663 visitas a propriedades resultaram em mais de 3 mil fotografias — cerca de 56 gigabytes — de 210 modelos de ladrilhos hidráulicos diferentes. A partir desse registro feito em campo, iniciou-se o processo de divulgação dos elementos por meios digitais.

Este artigo visa, portanto, apresentar o processo de produção de texturas digitais com uso desse acervo, desde a rigorosa metodologia de captação das imagens, posteriores tratamentos, correções e retificações, até o arranjo dos componentes das texturas através da técnica *Physically Based Rendering* (PBR), ou seja, renderização baseada na física. Além disso, intenciona-se tornar público o procedimento para possíveis reaplicações em outros centros históricos brasileiros, conjuntos edificados e sítios salvaguardados ou sob atenção patrimonial.

2. DESENVOLVIMENTO

O processo de criação das texturas digitais dos ladrilhos hidráulicos de Laguna pode ser dividido em duas fases principais. A primeira refere-se à captação das imagens em campo, com método criado exclusivamente para a operação. Já a segunda trata da transformação computacional de imagens para texturas digitais. Este capítulo é dividido de acordo com essas duas fases produtivas.

2.1 Método de captação

O método para captação de dados criado pela equipe contou com formulários e captação de fotografias em alta resolução, todos identificados e referenciados através de um sistema de indexação remissiva. Esse sistema permitiu a localização precisa de cada ladrilho hidráulico no mapa do centro histórico de Laguna (SC). Para isto, criou-se um código indexador composto por três campos que identificavam os ladrilhos instalados: número da quadra, número da propriedade e, por último, uma letra indicando o modelo encontrado. No caso dos ladrilhos não instalados, optou-se por um indexador composto apenas pelo número da quadra e por uma letra. Além da localização de cada ladrilho, registrou-se em formulário as características visuais encontradas, tais como: dimensões, textura, cores predominantes, cômodo de instalação, composição com outros materiais e disposição com outros ladrilhos.

Estas características permitiram estabelecer modelos alvos de três fotografias: a. com uma régua de escala gráfica e numérica; b. composição com outros ladrilhos e c. ambiente geral de onde estava instalado o pavimento (Figura 1). Os resultados desses métodos de captação, organizados no sistema de indexação descrito, serviram de base para a criação das texturas digitais baseadas na técnica de PBR.

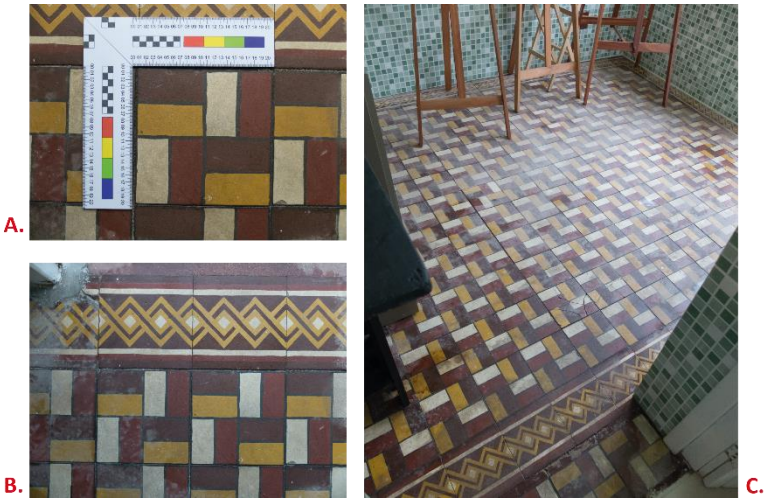


Figura 1: Imagens para a produção das texturas. A. com escala, B. composição dos ladrilhos; C. ambiente geral. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2 Produção de texturas digitais

A construção das texturas digitais descrita neste artigo insere-se no contexto geral de produção de imagens realistas auxiliada por computador. O objetivo final deste realismo, conforme afirmam PHARR et al. (2007), é a produção de cenas não passíveis de distinção com a realidade em si. Para isso, segundo os autores, a busca pela representação da realidade através de computadores encontra-se no entendimento da própria física real e, mais especificamente, em como ela é observada e captada. Para que estas imagens sejam produzidas, simula-se o caminho da luz entre a fonte emissora e a fonte captadora com auxílio de algoritmos processados por computadores (*ray-tracing*).

Apesar da simplicidade conceitual do *ray-tracing*, PHARR et al. (2007, p. 4) demonstram a complexidade do processamento da simulação e as suas variáveis: câmeras; intersecção raio-objeto (*ray-object intersection*); fonte de luz (*light source*); visibilidade; dispersão da superfície (*surface scattering*); transporte indireto da luz (*indirect light transport*); propagação da luz (*ray-propagation*). Cada item descrito é trabalhado com profundidade pelos estudiosos da técnica PBR e são somados a outros, caso as imagens sejam em movimento (gravidade, dureza, fluídos, etc.).

Deve-se levar em consideração que, durante o processo de renderização, o processador do equipamento deve calcular todas essas informações simultaneamente, exigindo assim máquinas de alta performance. A renderização pode visar a produção de imagens estáticas ou vídeos em tempo real de utilização, como é o caso da indústria de jogos eletrônicos.

No contexto da evolução do processamento dos computadores, assim como nos estudos acerca das representações físicas pelas cenas, as texturas digitais ganham cada vez mais espaço e passam a ser classificadas como uma das dez “classes abstratas de base” do PBR

(PHARR, et al., 2007). As "*textures*" são um conjunto de imagens que mapeiam, em pixels, as características cuja leitura por software especializado permite a simulação das propriedades físicas (ópticas) com a convergência de diversas técnicas: *Bidirectional Reflectance Distribution Function* (BRDF), *Bidirectional Scattering Distribution Function* (BSDF), *Bidirectional Scattering Surface Reflectance Distribution Function* (BSSRDF), *Bidirectional Transmittance Distribution Function* (BTDF). Além destes fatores, as texturas substituem e simplificam geometrias complexas, reduzindo assim, a necessidade de processamento de faces, arestas e pontos.

2.2.1 Mapa de cores

O primeiro passo para a produção das texturas digitais foi a construção de um mapa de cores, baseado especialmente na fotografia da FIGURA 2-A. A fim de corrigir as deformações causadas pela perspectiva nessas imagens — seja pela distorção da lente ou pela posição da câmera em relação ao plano do ladrilho —, empregou-se um procedimento de ortorretificação com auxílio do *software* Adobe Photoshop. Utilizando-se a "Ferramenta Corte da perspectiva" (*Perspective crop tool*) foi possível selecionar as quatro arestas da superfície do ladrilho hidráulico representado na fotografia, cujas dimensões finais foram previamente determinadas – quadrados regulares de 512 pixels por 512 pixels (Figura 2), que representavam os ladrilhos 20 cm por 20 cm.

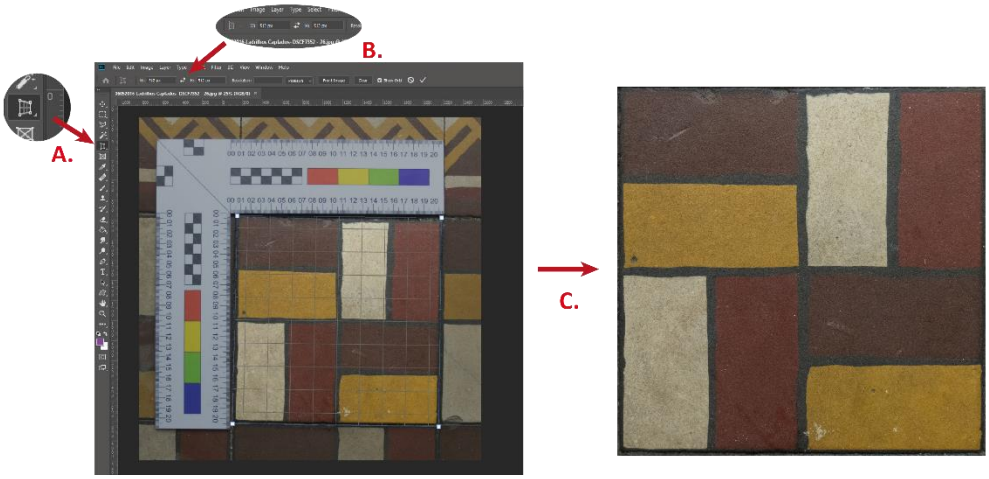


Figura 2: Procedimento de ortorretificação. Fonte: Elaborado pelos autores.

A imagem quadrada da superfície do ladrilho, resultante do processo de ortorretificação, apresentou irregularidades aspectuais, que em sua maioria eram diferenças tonais de zonas mais ou menos iluminadas – devido à presença de sombras e penumbras durante a captação – além de sujidades e/ou substâncias aderidas à superfície. Considerando que o processo de produção de texturas parte da replicação sistemática da imagem ortorretificada, as intercorrências visuais citadas têm impacto negativo no resultado, devido às manchas tonais causadas pela junção entre regiões (Figura 3).

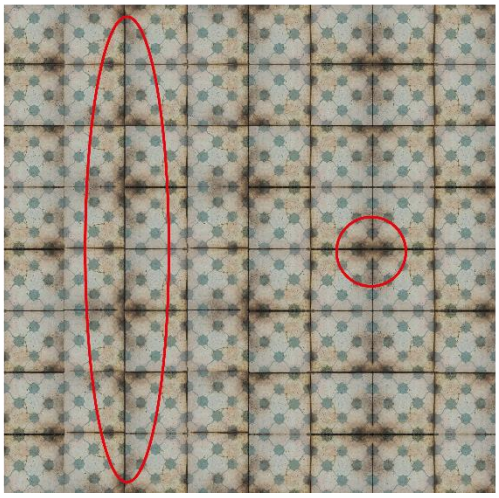


Figura 3: Destaque das zonas problemáticas em texturas. Fonte: Elaborado pelos autores.

A resolução desses problemas deu-se pelo balanço de cor e brilho nas imagens ortorretificadas, com auxílio da régua – que foi utilizada como escala gráfica e numérica na fase de captação – como referência do branco absoluto. Também foram utilizadas ferramentas do *software* Adobe Photoshop (*Exposure, Levels, Match Color*) para redução dos ruídos perceptíveis nas texturas produzidas, garantindo-lhes aspecto visual adequado à técnica de PBR (Figura 4). Já para os casos de peças fragmentadas, somou-se a esse processo o método de reconstituição da imagem, utilizando a padronagem do próprio ladrilho (ou similares) como base.

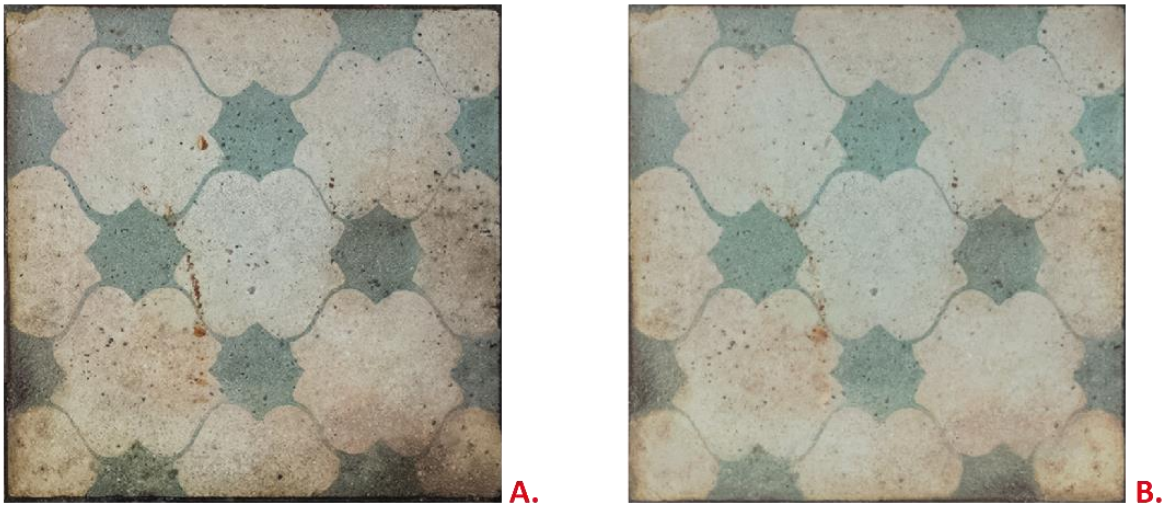


Figura 4: Diferença entre imagem não tratada (A.) e tratada (B.). Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, a edição fotográfica resultou em figuras tratadas, encerradas em quadrados, equilibradas em suas tonalidades cromáticas e devidamente reconstituídas. Essas etapas de ajustes permitiram a construção de uma matriz de 64 células (8x8), com resolução final de 4096 pixels por 4096 pixels e com homogeneidade perceptiva (Figura 5). Tal matriz constitui-

se por um ladrilho rotacionado ou espelhado randomicamente, simulando a variabilidade de peças. Ainda, descartou-se a representação da junta de dilatação entre as peças nas imagens tratadas, uma vez que a instalação dos ladrilhos no meio físico também dispensa esse procedimento.

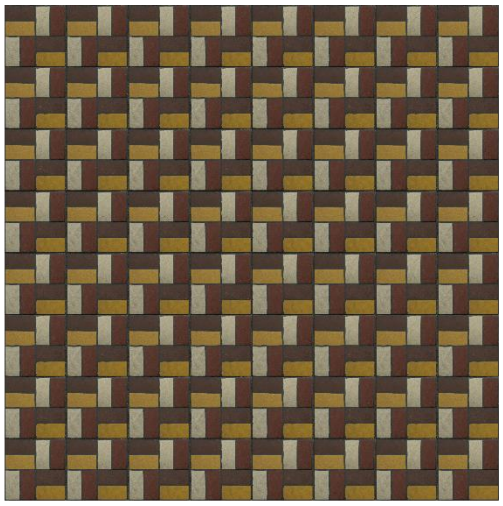


Figura 5: Matriz (8x8) completa dos 64 ladrilhos. Fonte: Realizada pelos autores.

Além disso, os passos seguintes buscaram a compatibilidade entre a percepção dos produtos digitais e aqueles experimentados *in loco* pelos pesquisadores. Em acréscimo, utilizou-se, para tanto, fotografias como as das Figuras 2-B e C captadas em campo.

2.2.2 Mapa de relevo

A partir da Matrix 8x8, gerada anteriormente, fez-se necessário um novo processo de tratamento para representação da variação de profundidade interna das texturas. Desse modo, foi possível representar a junta seca entre duas peças distintas de cada modelo, bem como a variedade de relevo na superfície das peças, formadas no processo de fabricação.

Portanto, para que o produto final apresentasse regiões com alturas diferentes – discretas ou pronunciadas –, foram criados mapas de relevo para cada matriz, indicando as zonas da composição rebaixadas ou ressaltadas. Tal mapeamento, nomeado pelo *software* como *Bump Mapping* ou *Displacement,* foi realizado através da colorização das matrizes em escalas de cinza, preto e branco, em coordenadas cromáticas RGB (*red, green, blue*). A escolha pela colorização neutra se deu devido a leitura computacional do *software*, que interpreta valores de branco absoluto como planos de topo, e seu oposto, o preto absoluto, como planos de base. A referência média para essas alturas é o cinza 50% (127, 127, 127), mas qualquer gradação tonal entre o branco (255, 255, 255) e o preto (0,0,0) dispõe a simulação de textura em alturas intermediárias. Logo, pixels com tons de cinzas mais claros serão representados em planos mais altos, enquanto pixels de tons mais escuros em planos mais baixos (Figura 6).

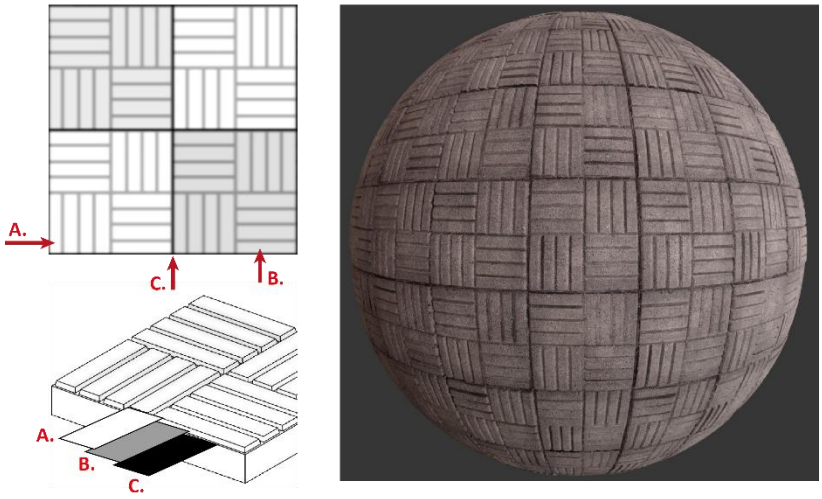


Figura 6: À esquerda, representação do mapa da escala de cinzas de quatro ladrilhos e as alturas correspondentes de cada faixa de cor. À direita, a imagem final lida por *software* especializado.
Fonte: Elaborado pelos autores.

De posse do mapa de relevo, outros mapas foram adicionados à cadeia de trabalho, para obter resultados dentro dos parâmetros PBR. A obtenção desses mapas foi facilitada por uma lógica operacional pré definida, com templates desenvolvidos pelos autores.

2.2.3 Edição da textura

Os processos adotados na sequência da produção de texturas eletrônicas se deram no *software* especializado Adobe Substance 3D Designer. Neste *software,* aplicou-se um fluxo de trabalho característico de edição de nós em sistema de rede até que se alcance o aspecto desejado para as texturas, que podem ser visualizadas no próprio software. Ao fim de todo o fluxo de trabalho, aplicações sucessivas dos mapas em seus respectivos canais (campos de recebimento dos mapas, interno aos *softwares*) foram feitas (Figura 7): o canal de cor de base (*base color*), o de altura (*height*), de normal (*normal*), metálico (*metallic*), rugosidade (*roughness*), e oclusão ambiente (*ambient occlusion*, AO).

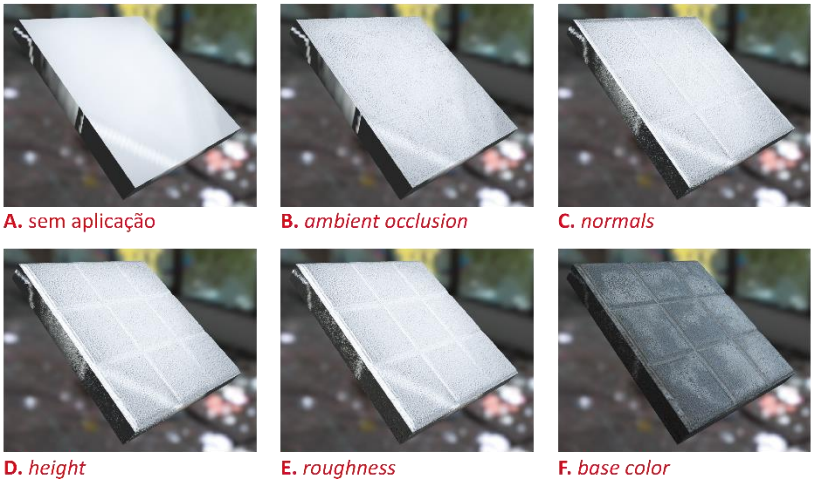


Figura 7: Aplicação sucessiva dos canais. O canal *metallic* é utilizado para representar a aplicação dos demais canais, nos ladrilhos esse canal não possui valores. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na criação do mapa de cor de base (*base color*), a imagem resultante da edição de fotografia foi utilizada como base para simulação das cores, pixel a pixel. Mesmo depois da edição, a fotografia ainda mantém pequenas variações de cor e brilho, que ajudam a conferir um aspecto realista à textura final.

Outro processo realizado, através do Adobe Substance, é o que cria um mapa de altura (*height*) e faz balanço de relevo. Aqui, o mapa de relevo em escala de cinza produzido anteriormente pôde ser carregado na interface e editado para simulação da realidade. A manipulação dos valores deste mapa modifica as escalas de cinza, alterando assim as alturas percebidas na textura.

O mapa de rugosidade (*roughness*) tem funcionamento semelhante. Um mapa em escala de cinza, gerado a partir da matriz (8x8) serve de leitura para criar o aspecto rugoso do material. As características de brilho e opacidade da superfície simulada são importantes na percepção dessa rugosidade, de modo que esse canal reproduz na textura final a aparência lisa, polida e brilhante, ao interpretar as regiões em tonalidades claras com tendência ao branco absoluto. Já ao reconhecer as áreas escuras, tendentes ao preto, confere-lhes o aspecto rugoso, áspero e opaco na simulação. Para tanto, edições dos tons de cinza foram realizadas para alcançar a rugosidade resultante pretendida nessa operação. Essa é uma apreensão visual de importância nos ladrilhos hidráulicos e nas texturas digitais que os distinguem de outras superfícies: cerâmicas, porcelanatos, etc.

As propriedades materiais dos ladrilhos também são definitivas para a adequação do canal metálico (*metallic*). Nele, o mapa utilizado é geralmente monocromático: em preto absoluto ou branco absoluto. Segundo o software de leitura desse mapa, o preto poderá indicar que o material não reflete a luz como uma substância metálica e vice-versa. No caso dos ladrilhos hidráulicos, essa condição é desativada.

Na física óptica, a normal é a representação de uma reta ortogonal ao plano da superfície (virtual ou real) partindo dela no instante e posição em que o fenômeno da reflexão de raios luminosos se divide entre a incidência e a reflexão propriamente dita. De semelhante modo, o mapa de normal (*normal*) estabelece a aparência que esses comportamentos da luz causariam à textura final produzida, calculando as coordenadas da potencial reflexão dos raios de luz na textura. Sua influência na qualidade perceptiva das texturas dos ladrilhos acontece nas zonas de sombra e iluminação discretas, neste caso, na percepção de pequenos detalhes, enquanto o mapa *height* ajuda na percepção de detalhes maiores.

Finalmente, o canal de oclusão ambiente (*ambient occlusion*) também contribui para o refinamento visual da textura. Novamente, através do cálculo de possíveis direcionamentos da luz enviada por uma fonte emissora, o *ambient occlusion* condiciona o aparecimento de sombreamentos e penumbras nas regiões próximas ao encontro de dois planos. O critério para sua utilização nas texturas eletrônicas dos ladrilhos selecionados é, outra vez, a adequação do resultado aos fenômenos observáveis segundo a técnica de PBR.

Todos esses procedimentos têm como produto final um conjunto de seis arquivos em formato PNG (*Portable Network Graphics*) com resolução final de 4096 pixels por 4096 pixels cada (Figura 8). Ao seu turno, cada um dos conjuntos de seis imagens / mapas referem-se a uma "*texture*", que, lidos juntos, geram a percepção de PBR alcançada. Estes arquivos são disponibilizados gratuitamente pela Biblioteca Eletrônica de Ladrilhos Hidráulicos de Laguna (SC).

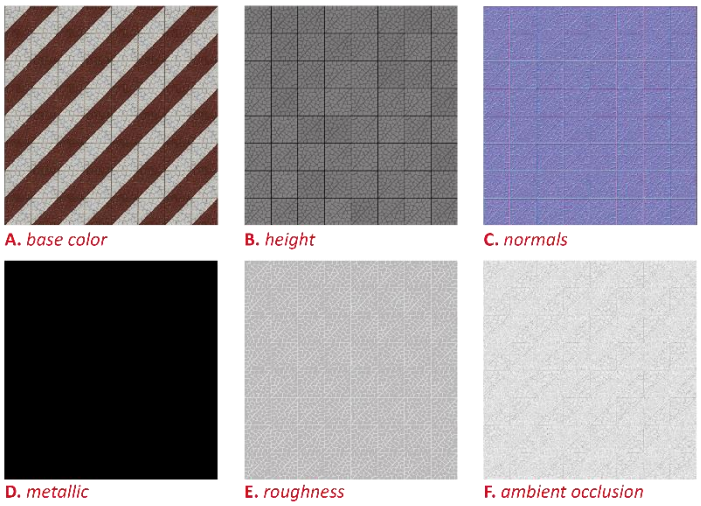


Figura 8: Conjunto das seis imagens / mapas que compõem as texturas eletrônicas de cada ladrilho hidráulico. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. CONCLUSÃO

Com a descrição dos métodos operados no projeto da Biblioteca Digital de Ladrilhos Hidráulicos de Laguna (SC) pretendeu-se demonstrar, pelo exemplo das texturas digitais

baseadas em PBR, que a criação destas pode tornar-se uma ação convergente entre as disciplinas de patrimônio e de computação gráfica, conferindo sobretudo ao primeiro a possibilidade de maior documentação e divulgação.

Tratando-se da dimensão de documentação, esse projeto visa combater a frequente perda de informação à qual estão submetidos os ladrilhos hidráulicos na cidade de Laguna. Baseado nesse documento, a iniciativa tende a gerar também um impacto na educação patrimonial referente ao ladrilho hidráulico, contribuindo para o entendimento deste elemento como patrimônio, visando sua divulgação e, portanto, sua proteção. Busca-se a divulgação através da disponibilidade de texturas em alta resolução (4k) para uso em maquetes eletrônicas de arquitetura (Figura 9), em jogos e/ou em vídeos, por meio de CGI (*computer-generated imagery*), ampliando a abrangência dos usos.



Figura 9: À esquerda ladrilhos reais e à direita textura eletrônica aplicada. Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à produção das texturas para o posterior uso, percebe-se que a captação das imagens em campo auxiliou os trabalhos de transformação digital, aumentando seu grau de objetividade com a redução de procedimentos necessários para a produção. Outra vantagem concedida ao desenvolvimento das texturas foi a captação de imperfeições reais das superfícies dos ladrilhos, que, controladas para não causar interferência nos procedimentos essenciais, auxiliam na elaboração do realismo perceptivo proposto pela técnica PBR. Notadamente, portanto, esta é uma via de contribuição em dois sentidos entre o patrimônio e a produção eletrônica.

Especificamente no processo produtivo das texturas, encontrou-se um limite ainda não superado: a composição de uma superfície feita por vários modelos diferentes. Em Laguna, a apresentação dos pavimentos pode conter até cinco modelos diferentes na mesma superfície, contando com detalhes e molduras. Este fato complexifica a produção harmônica das texturas digitais, que por enquanto só são possíveis com os modelos centrais das composições.

Mesmo que a produção das texturas digitais a partir de fotografias de ladrilhos traga diversas vantagens, nota-se ainda uma distância entre o meio acadêmico e disciplinas de patrimônio com a utilização das tecnologias contemporâneas de simulação computacional da realidade. Este distanciamento marginaliza algumas iniciativas, como a apresentada neste artigo. Enquanto a academia se adapta aos novos métodos de representação virtual, as demandas relacionadas à interação são cada vez mais frequentes.

REFERÊNCIAS

BRAVO-NIETO, A. La baldosa hidráulica en España. Algunos aspectos de su expansión industrial y evolución estética (1867-1960). Revista ABE, Paris, v. 8 dez 2015. DOI 10.4000/abe.10850. Disponível em: https://doi.org/10.4000/abe.10850. Acesso em: 18 out 2020.

CAMPOS, C. F. Trajetória e significado do ladrilho hidráulico em Belo Horizonte. 2011. 191 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente construído e patrimônio sustentável) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

DAVALLON, Jean. Le jeu des patrimonialisations. In: ROIGÉ, X; FRIGOLÉ, J. Constructing Cultural and Natural Heritage: Parks, Museums and Rural Heritage. Girona: Institut Català de Recerca en Patrimoni Culural, 2018, pp.39-62.

DOMINGUEZ, A. J. do A. Ladrilhos hidráulicos: bens integrados aos prédios tombados de Pelotas-RS. 2016. 126 p. Dissertação (Mestrado em Memória Social e Patrimônio Cultural) – Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

ESQUIEU, Y. Une histoire du carreau-mosaïque: de la couleur dans la maison. 1. ed. Aix-en-Provence: REF2C Editions, 2013. 191 p.

GESTER, C. de S. L. M. Ladrilhos hidráulicos em Belém: subsídios para a sua conservação e restauração. 2013. 144 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de arquitetura e urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Conjuntos Urbanos Tombados. Brasília, DF. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/397/. Acesso em: 20 out 2020.

PHARR, M. et al. Physically based rendering: from theory to implementation. 3rd ed. Cambridge: Elsevier, 2017. 1233p.

REIS, M. S.; SANTOS, D. M. Materiais e processos na fabricação de ladrilhos hidráulicos, caso São Luís - MA. Revista Triades, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, 2020. Disponível em: https://triades.emnuvens.com.br/triades/article/view/265. Acesso em: 19 out 2020.

DÊ OUVIDOS AO PATRIMÔNIO: USO DE PODCAST NA DIVULGAÇÃO DA ARQUITETURA DO CAMPUS DA UNB

Listen to the heritage: use of podcast for debating the architecture of the UnB campus

Ana Paula Campos Gurgel
Doutora, FAU UnB, prof.anapaulagurgel@gmail.com
Amora de Andrade
estudante de graduação, FAU UnB, amora.b.andrade@gmail.com
Leonardo Nóbrega
estudante de graduação, FAU UnB, leonardonobregapaiva@gmail.com

Resumo

O objetivo desse artigo é apresentar a experiência de construção do "Pédecast", um podcast que tem como foco a arquitetura do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília e que insere-se dentro do projeto de extensão Pé na Estrada. A atividade foi estruturada através de diálogos entre os alunos participantes do projeto, com foco nas vivências e experiências dos usuários nos espaços arquitetônicos e urbanos, levantando reflexões e discussões pertinentes ao campo da educação patrimonial. Iniciamos o texto a partir de uma discussão teórica sobre memória, identidade e a relação entre as pessoas e o patrimônio, partimos para a apresentação do podcast como ferramenta para a divulgação e educação patrimonial e relatamos o processo de escolha deste meio de comunicação online e digital. Por fim, trazemos alguns relatos disponíveis nos dois primeiros episódios produzidos, cujos temas foram a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e o Restaurante Universitário.

Palavras-chave: Patrimônio; Educação; Podcast; Brasília

Abstract

This paper's goal is to report the experience of creating the "Pédecast", a podcast that focuses on the architecture of the Campus Darcy Ribeiro of the University of Brasília, which was conceived by the extension project Pé na Estrada. The activity was structured through dialogues between the students that are part of the project and has focused on the user's experience of the architectural and urban spaces, bringing up some thoughts and discussions relevant to the field of patrimonial education. We start with a theoretical discussion on memory, identity, and the relationship between people and heritage, then we present the podcast as a tool for publicizing patrimonial education and we describe the choosing process of this online and digital media. Finally, we bring some narratives available on the first two episodes, which themes were the Faculty of Architecture and Urbanism and the University Restaurant.

Keywords: *Heritage; Education; Podcast; Brasília*

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar a experiência de construção de um *podcast* que tem como foco a arquitetura do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. *Podcasts* são produções sonoras, normalmente organizadas em episódios, que podem ser ouvidas a qualquer momento e que costumam trazer discussões ou informações sobre algum tema. Essa prática insere-se dentro do projeto de extensão Pé na Estrada, uma iniciativa que surgiu em 2011, inicialmente como atividade complementar, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU UnB) e que foi criada a partir da busca por novos olhares sobre os espaços. Nesse sentido, o projeto procura atuar tanto na formação profissional e acadêmica dos estudantes do curso quanto na divulgação e apresentação do patrimônio à comunidade externa por meio de dinâmicas relacionadas à educação patrimonial que tomam como objetivo as reflexões sobre os espaços construídos.

Sônia Florêncio, Coordenadora de Educação Patrimonial do Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), defende a ideia de que "a educação não acontece só na escola, mas nos espaços de vida das pessoas, no bairro, na roça, na aldeia, no quilombo, na cidade" (NOGUEIRA, 2015). Partindo, portanto, do princípio da exploração sinestésica do espaço, foram organizadas viagens de estudos promovidas pelo Pé na Estrada para a comunidade interna da FAU UnB.

Além das viagens, o projeto possui outras vertentes. O "Pé na Esquina'' se desenvolve a partir de visitas guiadas em Brasília, estimulando a troca de conhecimento sobre as cidades e o patrimônio entre discentes, docentes e a comunidade externa. Ao longo dos percursos propostos são discutidas as dimensões arquitetônica, urbanística e paisagística do Distrito Federal, na busca por estimular o desenvolvimento de noções críticas e identitárias acerca dos espaços. Já o "Pé com Pé" é uma vertente de princípios vinculados aos ideais de Paulo Freire que tem como objetivo principal o estabelecimento de uma troca de experiências entre alunos, professores, instituições e profissionais, não necessariamente vinculados ao campo da Arquitetura e do Urbanismo, por meio de palestras e mesas redondas (Figura 01).

As propostas iniciais desenvolvidas pelo Pé na Estrada eram de caráter estritamente presencial. Porém, a partir de 2020, com a recomendação de isolamento social pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e por autoridades governamentais durante o contexto da Pandemia do Covid-19, bem como pela intensificação da comunicação por meios digitais, foi pautada a necessidade de repensar a realização das atividades e o uso de plataformas digitais como meio de atingir os objetivos. Diante desse cenário, surgiu o "Pé em Casa" com o intuito de trazer a discussão sobre educação patrimonial para dentro das famílias em isolamento social. Para isso, foi proposto um conjunto de atividades lúdicas disponíveis para *download* gratuito no *site* Pé na Estrada, além de *lives* e atividades interativas em nosso *Instagram* e canal do *Youtube* (a respeito ver: Gurgel et.al, 2020).

Atualmente, após entrar em pauta o cansaço decorrente a exposição diária dos estudantes às telas e com o objetivo de reestabelecer o diálogo direto com a comunidade interna da FAU

UnB, foi criado o projeto “Pédecast”, um *podcast* estruturado através de diálogos entre os participantes do projeto com foco nas vivências e experiências dos usuários nos espaços arquitetônicos e urbanos. Nessa primeira etapa, o projeto debate os espaços do Campus Darcy Ribeiro, em especial alguns dos edifícios icônicos.



Figura 1: Colagem com diversas atividades realizadas pelo Pé na Estrada. Fonte: Elaboração própria, 2020.

A experiência do Pédecast trouxe algumas reflexões e discussões pertinentes ao campo da educação patrimonial e, tomando-o como ponto de partida, esse artigo procurará levantar alguns destes tópicos. Neste sentido, inicia-se a partir de uma discussão teórica sobre a

memória, a identidade e a relação entre as pessoas com o patrimônio arquitetônico e urbanístico. Em seguida, partimos para a apresentação do *podcast* como uma ferramenta para a divulgação patrimonial e relatamos o processo de escolha deste meio de comunicação. Por fim, trazemos alguns relatos disponíveis nos dois primeiros episódios produzidos, cujos temas foram a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e o Restaurante Universitário.

Tais relatos estarão relacionados à discussão teórica e procuraremos, portanto, ressaltar a importância da apropriação do espaço como atributo necessário ao papel desempenhado pelo patrimônio na sociedade. A discussão também terá como foco os meios *online* e a integração digital no estabelecimento do diálogo que levou a tais reflexões, reconhecendo-os como aliados às iniciativas de educação patrimonial.

2. BREVES REFLEXÕES SOBRE MEMÓRIA, PATRIMÔNIO E FERRAMENTAS DIGITAIS

Entendemos o patrimônio cultural com um suporte no qual as memórias sociais (GONDAR & DODEBEI, 2005) podem ser transmitidas de uma geração à outra. Halbwachs (2004) define o conceito de "quadros sociais da memória" no qual é implícito o caráter da memória não como uma reprodução das experiências passadas, e sim uma construção que sofre influência direta das necessidades e interesses da sociedade presente na reconstrução do passado pela memória. Deste modo, a importância de preservar o patrimônio cultural reside na própria preservação da memória social, que constitui o legado de um povo.

A arquitetura, na escala dos edifícios ou da urbe, é o suporte físico para a manutenção das memórias coletivas uma vez que no processo de produção do espaço os atores sociais atribuem significados organizados (TUAN, 1983). Nesse sentido, na cidade sua história e seus agentes (trans)formadores são narrados por meio do seu acervo arquitetônico de distintas épocas, visto que:

> As expressões culturais de uma cidade são fruto de todos os saberes e de todas as memórias das experiências humanas. Nessa perspectiva, a arquitetura contempla e caracteriza-se por uma pluralidade de valores (econômicos, sociais, técnicos, funcionais, artísticos, espaciais e decorativos). Do mesmo modo que se produz as cidades, também os sujeitos se produzem coletivamente, posto que a figura da cidade que se quer está vinculada aos projetos sobre as possibilidades humanas, sobre quem queremos vir a ser ou, talvez, de modo mais pertinente, em quem não queremos nos transformar. (OLIVEIRA et al, 2019, p.581)

Entretanto, não se pode preservar o que não se conhece ou aquilo que não é distinguido pela população como parte relevante de sua história. Acredita-se que o reconhecimento do patrimônio pelos seus moradores e usuários, e a decorrente valorização do mesmo, é vetor para a manutenção da identidade local e de sua história narrada por seu acervo arquitetônico de distintas épocas. A afetividade e o pertencimento do homem com o lugar, envolvendo um laço topofílico que "é o elo afetivo entre a pessoa e o lugar ou ambiente" (TUAN, 1980, p.05) colaboram para a perpetuação de uma história. Neste sentido, os patrimônios culturais podem ser considerados como excelentes estratégias sociais, pois por eles os sujeitos:

> [...] narram sua memória e sua identidade, buscando para elas um lugar público de reconhecimento... Aparecendo como uma metáfora que sugere sempre unidade no espaço e continuidade no tempo no que se refere à identidade de um indivíduo ou de um grupo. Os patrimônios então, são instrumentos de constituição de subjetividades individuais e coletivas" (GONÇALVES, 2002, p.122)

Por isso as atividades de educação patrimonial, entendidas "[...] como um instrumento de 'alfabetização cultural' que possibilita ao indivíduo fazer a leitura do mundo que o rodeia, levando-o à compreensão do universo sociocultural e da trajetória histórico-temporal em que está inserido." (IPHAN, 2014, p.4). Este processo leva ao reforço da autoestima dos indivíduos e comunidades e à valorização da cultura brasileira, compreendida como múltipla e plural. Nos dias atuais, experienciamos avanços tecnológicos que tornaram-se grandes aliados à preservação do patrimônio, principalmente os que correlacionam com as telecomunicações e a informática (STUMPP et al.,2011). Nesse sentido:

> Na cibercultura, a tecnologia de informação tem como característica o acesso rápido, fácil e organizado ao conjunto de informações e conhecimentos disponibilizados. Desta forma, é possível disponibilizar conteúdos ou viabilizar novas formas de comunicação permitindo uma nova leitura da informação. As chamadas mídias digitais apresentam-se como parte desta tecnologia, uma vez que permitem a sistematização e difusão da informação. Recentemente, estas mídias vêm sendo utilizadas como suporte para documentação e divulgação do patrimônio cultural, pois permitem disponibilizar conteúdos e viabilizar novas formas de comunicação, democratizando o acesso ao conhecimento. (STUMPP et al.,2011, s/p.)

Diversas experiências internacionais e nacionais já foram bem sucedidas ao aliar tecnologias à divulgação patrimonial, atrelando-se às novas condutas de acesso à informação e de comunicação. A *internet*, os *smartphones* e demais dispositivos tecnológicos invadiram as nossas vidas e não cessam de transformar a nossa relação entre espaço, objetos e pessoas. Essas ferramentas, quando bem utilizadas, criam um excelente veículo de democratização cultural, numa lógica de redes e em tempo real.

3. *PODCAST* COMO FERRAMENTA DE DIVULGAÇÃO PATRIMONIAL

Com o intuito de continuar em meio digital a atuação do Pé na Estrada no campo da divulgação patrimonial, houve a produção de jogos e atividades voltadas ao público infantil a partir do projeto "Pé em Casa" como primeira etapa de adaptação. Para a iniciativa seguinte, os integrantes do projeto de extensão engajaram discussões sobre como atingir outros públicos e, principalmente, sobre como voltar a ter um contato direto com a comunidade discente da FAU UnB, já que esse era o grupo priorizado em diversas atividades presenciais, como as organização das viagens e as iniciativas do Pé com Pé.

Dessa maneira, foi produzida uma pesquisa sobre os diversos formatos oferecidos em meio digital para a veiculação de informações e para o estabelecimento de um diálogo com outros grupos. Alguns dos projetos debatidos foram os perfis na rede social *Instagram* "O Campanário" (@ocampanário), que tem como foco a transmissão de conhecimentos sobre o

patrimônio, e os perfis “Arqpoa” (@arqpoa) e “Prédios do Recife” (@prediosdorecife), cujo conteúdo foca na divulgação patrimonial através de fotos autorais das cidades de Porto Alegre e Recife, respectivamente. Já com um foco na transmissão de conversas e discussões entre diferentes agentes da sociedade e pesquisadores do campo da arquitetura e urbanismo, os projetos do canal do *Youtube* “folhetim” e do *podcast* “Cidades Visíveis” proporcionam a apresentação de reflexões interessantes com temas variados.

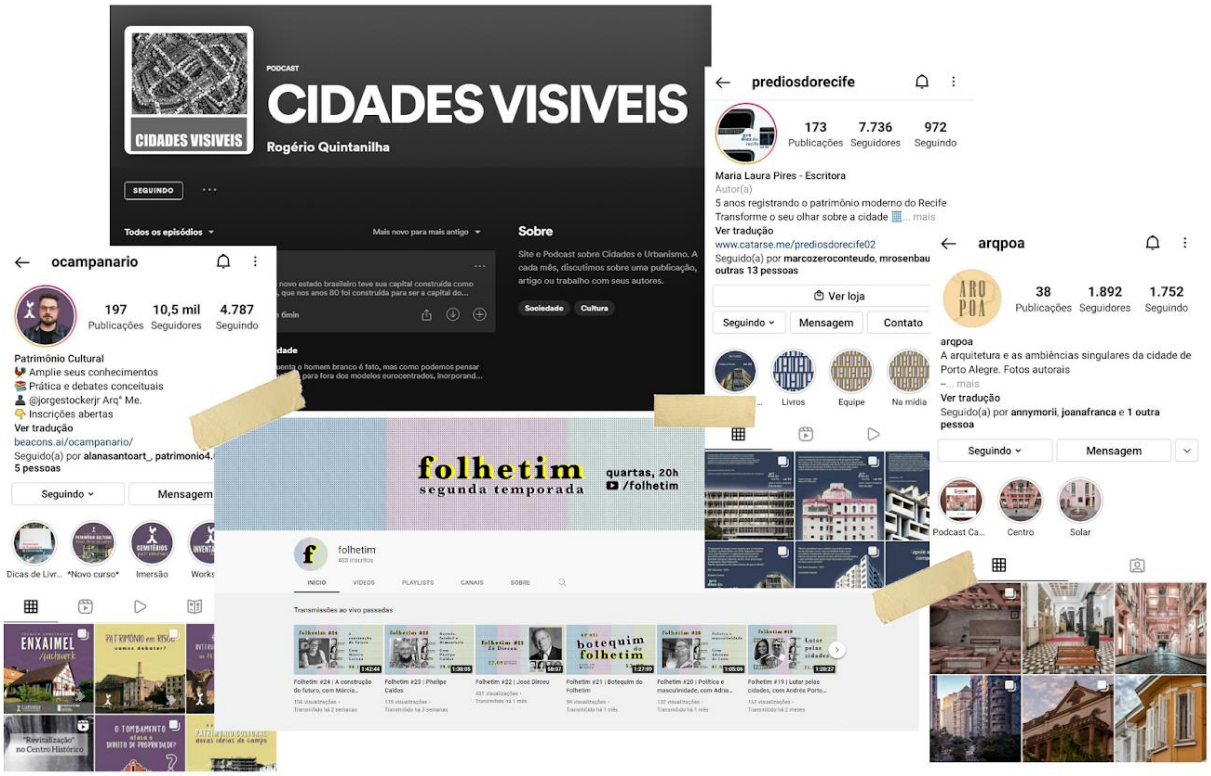


Figura 2: Colagem com os meios de comunicação citados no texto que discutem patrimônio. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Após debates quanto à escolha do formato adequado para a produção de conteúdo, os *podcasts* foram selecionados como veículos de informação. Esse meio apresenta uma ampla flexibilidade, já que não exige dos ouvintes uma atenção exclusiva, tornando-o adequado a momentos de descontração. A proposta dos *podcasts* também assume um caráter lúdico por ser exclusivamente auditivo, longe das telas de computador ou celular, cuja associação às aulas *online* do ensino remoto poderia reduzir o interesse dos estudantes.

Com o objetivo de tornar o diálogo interessante e atrativo, a proposta se distanciou das produções acadêmicas ao transmitir conversas descontraídas com foco nas vivências do espaço e na interação entre o usuário e a arquitetura. Dessa maneira, é estimulada uma outra compreensão do patrimônio, discutindo os seus valores sociais, seu caráter afetivo e as formas de apropriação que dele são feitas.

O formato pelo qual são estruturados os episódios parte de um momento inicial de caracterização da história das edificações, com a apresentação de informações referentes à localização, época de construção, equipe responsável pelo projeto e fatos marcantes da trajetória histórica. Em seguida, os participantes do episódio apresentam relatos próprios sobre as vivências que tiveram ao ocupar tais ambientes e, portanto, dão as suas opiniões e percepções, sempre com foco na interação com o ambiente construído.

Como forma de ampliar e dinamizar as narrativas em pauta, também são apresentados relatos de outros usuários. Essa variedade de discursos permite uma compreensão do patrimônio como personagem nas narrativas de um lugar. O contraste entre as falas traz a possibilidade de reconhecimento das semelhanças e contrastes, ou até mesmo contradições, que refletem a interação entre as pessoas e os ambientes. Isso porque a arquitetura e a cidade assumem diferentes relações com diferentes usuários, consequência de fatores sociais e culturais relativos ao meio no qual estão inseridos.

4. CONCEPÇÃO, CRIAÇÃO E MONTAGEM DOS EPISÓDIOS

A escolha de um tema para nortear as discussões dos episódios foi a primeira etapa para dar início ao Pédecast. O Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília foi escolhido por sua relevância e diversidade de obras arquitetônicas, um "acervo que se integra ao cotidiano de Brasília , faz parte do repertório edilício da cidade e tem seu lugar na história da arquitetura brasileira" (SCHLEE *et. al.*, p.13). Mas para além do seu caráter físico, o Campus está intimamente ligado às vivências dos alunos, o que expande as possibilidades do diálogo entre os participantes do Pé na Estrada e o torna mais atrativo ao público alvo: os estudantes da FAU UnB.

Com o Campus Darcy Ribeiro definido como tema geral da proposta, segue-se para a execução dos episódios de forma individual. Cada episódio apresenta um espaço delimitado do campus, de maneira a orientar a discussão a partir das edificações, ou seja, do patrimônio. Então segue-se para a montagem de um roteiro, cuja primeira parte é a apresentação da edificação segundo aspectos históricos, contextualizando-a para ouvintes da comunidade externa. Em seguida a obra é descrita segundo seus aspectos morfológicos e espaciais a partir da própria visão dos apresentadores e, por fim, abre-se espaço aos relatos recolhidos, proporcionando uma discussão descontraída que toma a arquitetura como tema. No entanto, é importante ressaltar que justamente pelo formato fluido e aberto da conversa, essas etapas não são bem delimitadas, como informa Bruna Leite, apresentadora do primeiro episódio e participante da equipe de roteiro do Pé na Estrada:

> [...] mesmo com esse roteiro estruturado nessas três partes, acabava que a gente ia conversando [...], relembrando histórias, relembrando vivências e colocando a nossa opinião. Acaba que as três meio que se misturam. (em depoimento por *WhatsApp* concedido aos autores em 12 de outubro de 2021)

Com o roteiro montado, a equipe se reúne em chamada para a gravação do episódio. A primeira gravação aconteceu no *software Microsoft Teams* a partir do registro de uma chamada de vídeo, enquanto o segundo foi a partir do *Discord*. A escolha da plataforma ainda está em fase de testes e tem como objetivo a melhor qualidade do áudio em tamanho e formato de arquivo mais adequados à etapa da edição.

A edição acontece a partir do *software* gratuito *Audacity* e o objetivo final é reduzir a duração da conversa para 20 a 30 minutos, adequando o episódio para ouvintes que estejam realizando outras atividades. Assim foram cortadas as pausas muito longas e informações menos relevantes à discussão. Nessa etapa também foram adicionados os relatos dos convidados a partir dos arquivos de áudio recebidos por *WhatsApp*. A partir de bibliotecas de áudio de domínio público foram escolhidos efeitos sonoros para a transição entre os áudios e a conversa dos participantes, marcando essa mudança e auxiliando na fluidez do episódio. Também foi adicionada a música tema do Pédecast no início e no final do episódio, uma composição criada por Ariel Freire e Vitor Vaz Mendes, membros do Pé na Estrada. Por fim, com todos os arquivos no *Audacity*, foi preciso corrigir alguns trechos a partir da equalização do som com ampliação e compressão de algumas faixas sonoras.

Após a etapa de edição, parte-se para a divulgação do episódio nas redes sociais com imagens produzidas pela equipe de marketing do projeto de extensão. A publicação do episódio acontece por meio da plataforma *Anchor*, que torna o *podcast* disponível no *Spotify*. O *Anchor* também permite a visualização de estatísticas relativas ao episódio e possíveis edições posteriores.

5. ESPAÇO EM DEBATE: OS EPISÓDIOS 1 E 2

O primeiro episódio (PÉDECAST, 2021) teve como tema o espaço físico da FAU UnB. A FAU se localiza no Instituto Central de Ciências (ICC), edificação de destaque no campus. O projeto, com autoria de Oscar Niemeyer, execução de João Filgueiras Lima e construção iniciada em 1963, foi concebido segundo a proposta didática de Darcy Ribeiro e o plano urbanístico de Lucio Costa para a gleba da Universidade (SCHLEE *et. al.,* 2014, p. 50-53). A FAU inicialmente ficaria no ICA, o Instituto Central de Artes, mas com as mudanças impostas ao contexto universitário durante o Regime Militar, a faculdade acabou se mudando para o ICC e está lá até hoje, numa estrutura que preserva diversas das propostas originais de Niemeyer, como a presença do pé direito duplo e de ambientes espacialmente integrados.



Figura 3: Colagem com fotos e ilustração sobre o prédio ICC (Instituto Central de Ciências), localizado no Campus Darcy Ribeiro da UnB. Fonte: Elaboração própria, 2021.

Esse episódio foi apresentado por Bruna Leite, Natália Valladão e João Victor Brentano, participantes do Pé na Estrada, e foi editado por Pillar Accioly. Entre os diversos tópicos relembrados na conversa, podem ser citadas as manifestações políticas escritas nos elementos físicos da faculdade, como a frase “quantos negros estudam na FAU?”, e a divisão espacial da faculdade em ateliês separados por armários ou biombos. Em seu relato, Natália comenta que:

> [...] fazia muito tempo que eu não chegava na FAU de manhã [...] o sol entra pela fachada do ICC, a fachada leste, então pega um solzinho, mas ao mesmo tempo não é um sol quente, é um sol gostoso, e o ambiente é muito gostoso, tá tudo meio fresquinho, e agora eu fiquei meio nostálgica que talvez eu não tenha aula de manhã na FAU de novo [...] isso me deu muita saudade.

Já o segundo episódio, ainda em processo de edição, foi gravado com locução de Liara Ramortsua, Bruna Fragomeni e Amanda Idala e teve o Restaurante Universitário (RU) com foco na discussão. Esse edifício foi construído em 1974 a partir de um projeto de José Galbinski em colaboração com Antônio Castro. Ele possui 4 níveis e 6 refeitórios e a disposição da arquitetura subverte os princípios tradicionais para projetos de restaurantes, com a cozinha posicionada no nível mais elevado da construção (SCHLEE *et. al*, 2014, p. 86-87). É um prédio

que faz parte da rotina de muitos estudantes da UnB, chegando a servir em média 6000 refeições por dia no contexto pré-pandemia.

Nesse episódio o podcast segue também de uma forma descontraída abordando um pouco do contexto histórico e informações gerais sobre o RU. A discussão envolve desde a etapa de compra das fichas para entrar no estabelecimento até às funcionalidades da edificação. Um dos momentos mais interessantes da discussão é a transmissão de um áudio de Galbinski, que em sua fala expõe diversas informações sobre a concepção do projeto, incluindo situações que desejava favorecer ou evitar a partir da arquitetura.

Entre os momentos do episódio em que são relembradas as vivências dos usuários, pode-se citar a relação estabelecida pela presença de grandes vãos, favoráveis a apropriação espacial para protestos, danças e performances artísticas, entre outros eventos mais simples, como até encontrar o *crush*. “No final das contas, pareceu mais um encontro entre amigos que estavam compartilhando suas memórias relacionadas ao RU”, relatou Amanda, em depoimento por *WhatsApp* (concedido aos autores em 18 de outubro de 2021), sobre o processo de montagem do episódio.



Figura 4: Colagem com fotos e ilustração sobre o prédio do RU (Restaurante Universitário), localizado no Campus Darcy Ribeiro da UnB. Fonte: Elaboração própria, 2021.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de adaptação de atividades de extensão ao meio digital inclui diversos desafios. No caso do Pé na Estrada, que tem como proposta o estabelecimento de um diálogo com a comunidade estudantil e a apresentação de novos olhares sobre o patrimônio arquitetônico e urbanístico, houve como uma das dificuldades a permanência do contato com os discentes, principalmente tendo em vista o cansaço associado às atividades em vídeo e a impossibilidade de encontros presenciais. Nesse sentido, o *podcast* enquanto ferramenta permitiu uma discussão em um novo formato, de maneira descontraída e que permite aos ouvintes a execução de outras atividades simultaneamente.

Para que a proposta seja atrativa e ainda assim levante questões pertinentes à discussão sobre patrimônio, busca-se o foco nas vivências dos usuários. O caráter afetivo e informal, assim como a escolha do Campus Darcy Ribeiro como tema da temporada, torna as conversas, despidas de rigor acadêmico, mais interessantes aos alunos.

Como resultado final, os episódios se destacam enquanto relatos sobre a interação entre as pessoas e o patrimônio. A partir do *Anchor*, plataforma de gestão e publicação de podcast, temos que o áudio foi reproduzido 125 vezes e atingiu ouvintes no Brasil (89% das reproduções), na Alemanha (4%), em Portugal (3%), nos Estados Unidos (2%) e na França (1%). A divulgação dessa discussão atua no sentido da educação patrimonial e do reconhecimento do valor das obras arquitetônicas para além das atribuições utilitárias e históricas, mas também enquanto elementos culturais e afetivos, e é nesse sentido que o projeto do Pé na Estrada tem produzido e divulgado esses diálogos.

REFERÊNCIAS

GONÇALVES, J. R. S. Monumentalidade e cotidiano: os patrimônios culturais como gênero de discurso. In.: OLIVEIRA, Lúcia Lippi (Org.). Cidade: história e desafios. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. P.108-123.

GONDAR, J.; DODEBEI, V. (395orn.) O que é memória social? Rio de Janeiro: Programa de Pós-graduação em Memória Social da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

GURGEL, A. P. C.; OLIVEIRA, A. I. D. de; RODRIGUES, A. C. M.; SILVA, J. A. C. da; MENDES, V. V. Pé em casa: educação patrimonial em tempos de isolamento social. Revista Com Censo: Estudos Educacionais do Distrito Federal, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 170-177, ago. 2020. ISSN 2359-2494. Disponível em: <http://www.periodicos.se.df.gov.br/index.php/comcenso /article/ view/934>. Acesso em: 11 nov. 2021.

HALBWACHS, M. A memória coletiva. São Paulo: Centauro, 2004.

IPHAN. Educação Patrimonial Histórico, conceitos e processos. 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/ arquivos/Educacao_Patrimonial.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021.

NOGUEIRA, P. Educação patrimonial é aprender com o mundo e a cultura que construímos. Portal Aprendiz, 07 de jul. de 2015. Disponível em: <https://portal.aprendiz.uol.com.br/2015/07/07/educacao-patrimonial-e-aprender-com-o-mundo-e-a-cultura-que-construimos/>. Acesso em: 29 set. 2021.

OLIVEIRA, T. D.; MULLER, J. T. R. V.; WILDNER, G. S.; LOPES, C. E. J. Educação e Arquitetura: a educação patrimonial preservando o patrimônio arquitetônico. TERR@ PLURAL (UEPG. ONLINE), v. 13, p. 577-588, 2019. Disponível em: <https://www.revistas2.uepg.br/index.php/tp/article/view/13136>. Acesso em: 05 jul. 2020.

PÉDECAST 1: FAU. Locução de Bruna Leite, João Victor Brentano e Natália Valladão. Brasília: Pé na Estrada, 11 de agosto de 2021. Podcast. Disponível em: <https://open.spotify.com/episode/6aPlOEZbDuUdkmkqlXd21H?si=bcdf69cfca2c4465>. Acesso em: 21 out. 2021.

SCHLEE, A.; GARCIA, C.; SOARES, E.O.; TENÓRIO, G.S.; NASCIMENTO, M.; VULCÃO, M.G.; CHOAS, M.L.L. Registro arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília: Editora UnB, 2014.

STUMPP, M.; RADUNZ, R.; COSTA, A. E. da. Patrimônio e mídia interativa: as residências modernas na Serra Gaúcha. In: 9º Seminário Docomomo Brasil, Brasília, junho de 2011. Disponível em: <https://docomomo.org.br/wp-content/ uploads/2016/ 01/ 039_PB_OR-PatrimonioEMidiaInterativa-ART_monika_stumpp.pdf>. Acesso em: 21 out. 2021.

TUAN, Y. Topofilia: Um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução de Lívia de Oliveira. Rio de Janeiro: Difel, 1980.

TUAN, Y. Espaço e lugar: a perspectiva da experiência. Tradução de Lívia de Oliveira. Rio de Janeiro: Difel, 1983.

A MÍDIA E A CASA DO FRADE: TRILHANDO O PATRIMÔNIO PELAS VIAS DIGITAIS

The media and the friar's house: trailing the heritage throughout digital routes

Fábio Henrique Sales Nogueira

Doutorando UFAL e docente UNIT-AL, fabiohenriqui@gmail.com

Maria Angélica da Silva

Doutora, Professora Titular UFAL, mas.ufal@gmail.com

Resumo

Na tentativa de encontrar soluções eficazes e criativas que unam a cultura contemporânea com a reflexão acerca do patrimônio cultural edificado nos dias de hoje, o trabalho em tela busca tensionar uma iniciativa de criação de uma rota digital para os conventos franciscanos do Brasil a partir das possiblidades trazidas pela instauração de um paradigma mediado fortemente pelas mídias digitais. Para isso, problematiza a noção de temporalidades e indaga como as mídias, especialmente as digitais, interferem e colaboram no trato com este campo do saber. Reflete acerca de como a arquitetura, engenharia e construção (AEC) têm assimilado estas ferramentas para se pensar o patrimônio, ao tempo em que comenta-se sobre as diretrizes iniciais do projeto da rota franciscana, buscando definir seus objetivos e metas em uma escala macro.

Palavras-chave: Mídias digitais; Patrimônio; Conventos, Socialização do conhecimento

Abstract

In an attempt to find creative and effective solutions that unite contemporary culture and cultural heritage, this paper relates the initiative to create a digital route to Franciscan convents in Brazil based on the possibilities brought by the establishment of a paradigm strongly mediated by digital media. For this, it problematizes the notion of temporalities and investigates how the media, especially the digital ones, interfere and collaborate in dealing with this field of knowledge. It reflects on how the industry of architecture, engineering, and construction (AEC) have assimilated these tools to think about heritage, while commenting on the initial guidelines of the Franciscan route project, seeking to define its objectives and goals on a macro scale.

Keywords: *Digital media; Heritage; Conventos; Knowledge socialization*

1. OS TEMPOS E AS MÍDIAS

A preservação do patrimônio, em suas diversas manifestações, faz pauta da agenda da contemporaneidade. Políticas e ações para seu manejo e conservação estão constantemente em debate, desde que foi se sedimentando esta noção, que encontrou um de seus berços no mundo ocidental, no Renascimento. Portanto, está imbricada no tema da modernidade e de suas demandas temporais.

Já que grande parte das sociedades almejam o movimento para o futuro, como a própria modernidade sublinha, isto significa também equalizar as ideias acerca do presente e passado. De fato, nunca vivemos propriamente o tempo atual sem as premissas e as indagações acerca dos movimentos pretéritos e dos vários porvires. Pois o tempo, de fato, é múltiplo, seja na esfera da experiência individual ou coletiva.

Partindo desta ideia, cabe destacar o papel determinante que as mídias digitais assumiram no que se refere à percepção das temporalidades. Mais do que contribuir na condução das memórias, elas têm promovido uma aceleração de tempos e espaços colocando demandas do que descartar e o que proteger, do que lembrar e do que esquecer em uma escala provavelmente nunca vivida. Por outro lado, cada vez mais podemos decompor o tempo como em um fractal, realizando inúmeras atividades simultâneas e observando realidades que ocorrem hoje, mas se conectam a diversos tempos passados. Também as mídias se relacionam com o tempo quando promovem o encurtar do espaço: por exemplo, em segundos acessamos os lugares mais distantes do globo terrestre, sem nos afastarmos do aconchego doméstico.

Meses de pandemia potencializaram o alcance destas ferramentas e, a grosso modo, não há mais como tratar o contemporâneo sem a presença do digital. Se a mobilidade extrema do espaço pode se fazer sem se sair do lugar, quanto ao tempo, ao contrário, assiste-se a uma aceleração que parece 398orna-lo líquido, como a obra de Bauman (2001) qualificou as experiências humanas contemporâneas, ou até mesmo vaporoso, pelo seu extremo esgarçar.

A par do potencial dessas instâncias em transformar e instituir abordagens outras de se pensar os fenômenos da vida no hoje, temos observado também cada vez mais esta fusão entre as ações para cuidar do patrimônio – enquanto recursos absolutamente vinculados ao tempo – com as referidas tecnologias.

Por todo este conjunto de razões, a arquitetura está intimamente envolvida nestes diálogos. Este campo de saber, reflexivo e produtor de espaços, tem como consequência, uma ação sobre o tempo criando enquadramentos especiais quando se aborda o aspecto patrimonial, ou seja, as arquiteturas destinadas a perdurar. Quando se trata de obras arquitetônicas com este teor, a conexão entre tempo e espaço ganha fricções muito mais específicas e complexas. Para além da dedicação aos monumentos, até mesmo entre arquitetos projetistas, estas questões têm significado uma tomada de posição. Este jogo com o tempo tem marcado a obra contemporânea de diversos arquitetos, de Zaha Hadid ao mais recente Prêmio Pritzker , Anne Lacaton e Jean-Philippe Vassal. No caso da ganhadora do prêmio em 2004, em estratégias de fazer conversar os tempos da cidade. No segundo, na busca de “nunca demolir”.

No fazer da arquitetura dos dias de hoje, as ferramentas digitais se inserem categoricamente em inúmeros aspectos, onde se enquadra o proceder com o patrimônio. Seja propiciando a ampliação das fontes de consulta e de conexões no meio digital, com o enorme acervo atualmente disponibilizado, seja facilitando através de diversos tipos de varredura eletrônica propiciada pelos programas de imagens e 3D, que permitem descascar as superfícies arquitetônicas como se fossem um palimpsesto.

Perante este quadro, as ações e pesquisas que incorporam as mídias se tornam aptas a realizar novos movimentos, desfazendo as fronteiras impostas pela distância ou condições de deslocamento, abrindo prodigamente arquivos antes inacessíveis, disponibilizando intensos passeios virtuais, e fazendo cada vez mais englobar no trabalho patrimonial, a transdisciplinaridade, as trocas entre arte e ciência, entre a produção e socialização do conhecimento, dentre diversas outras. Elas atuam diretamente acerca do valor patrimonial ao colocar todo este repertório em disponibilidade universal. Há, porém, riscos. Se por um lado, o acesso ao patrimônio quase se banaliza, por outro, as práticas locais, os gestos, os pequenos hábitos e segredos comunitários, justamente por mais dificilmente serem alcançados por estes holofotes da visibilidade, se tornam mais preciosos.

Nesta seara, o Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, construiu um percurso de mais de vinte anos com ações em pesquisa e divulgação científica/cultural que não se furtou a abordar o patrimônio aproximando suas questões intrínsecas dos influentes canais midiáticos. Ao se colocar dentro do âmbito universitário, além de tudo, atua na própria formação, ampliando o escopo de suas discussões e trabalhos para a questão do ensino.

Justamente por manter os pés no presente, o Grupo denominou seu Laboratório de Criação Taba-êtê, trazendo para o hoje os vocábulos dos povos ancestrais que se viram na necessidade de criar, em tempos coloniais, palavras para o que surgia do desconhecido frente a eles, como por exemplo, a cidade, que é o que se expressa em Taba-êtê

Na bagagem do laboratório acumulam-se, apoiado em extensa pauta de pesquisas, exposições de cunho interativo, objetos ludo-didáticos, livros, vídeos e instalações, cuja produção se baseia sobretudo no atendimento de editais. Todas essas criações circulam em torno da ideia de patrimônio, atravessado pelas demandas temporais em seu leque de complexidades e interrogações. Neste caminho, entre materialidade e imaterialidade, entre paralisação e gesto, foi-se pavimentando diversos formatos de encontro com as mídias.

Trazemos como exemplo neste artigo, uma das frentes de pesquisa patrimonial abordada pelo Grupo que, por sua peculiaridade, traciona esta discussão sobre tempos em diversas nuances. Trata-se da herança advinda da presença histórica de frades franciscanos no Brasil, em especial as suas casas de moradia, ou seja, os conventos. Espaços de espiritualidade, em alguns aspectos avesso ao tempo presente, que remontam ao período de colonização, mas também puxam linhas do tempo bem mais extensas, que vão se enovelar em paragens muito distantes, antes mesmo do Cristianismo, em práticas que se iniciam no isolamento individual

para a busca de uma plena atitude espiritual. Seus primórdios se confundem com gestos arquitetônicos longevos, como o de se proteger em uma caverna, no pleno deserto, ou no oco de uma árvore, onde o eremita conectava-se ao universo religiosos.

Os conventos do Brasil são resultado de um primeiro processo de "globalização", como alguns autores denominam o projeto de expansão ultramarina, hoje posto sob críticas do pensamento decolonial. Contudo, este legado, com seus erros e acertos, materializou-se nesses espaços de clausura que foram erguidos no território inicialmente da colônia portuguesa na América e que alcançaram, em sua maior parte, o estatuto de bem comum, ou seja, de patrimônio. Conventos eram locais de atividades litúrgicas, mas também, de diversas funções citadinas essenciais como escola, farmácia, hospital, albergue, cartório, cemitério, dentre outros. Entre os séculos XVI e XVIII foram erguidos 28 conventos no Brasil, sendo 15 na região Nordeste e 13 na região Sudeste.

A situação atual destes conventos exemplifica a complexa problemática patrimonial hoje. Seu futuro aponta para uma função cotidiana cada vez mais apartada da razão para o qual foi construído, visto o ocaso das vocações religiosas. Por outro, são quase todos tombados como patrimônio nacional. Assim, encontram-se tracionados por dois destinos que nem sempre se harmonizam: longevos, acumulam diversas camadas temporais, expressas quando são observados em minúcia. Da conjunção de paredes, nos detalhes de um telhado, na escarificação da pedra, surgem marcas de diversas temporalidades, nem sempre uníssonas, nem sempre claras e combinadas. Neste caso, a aproximação com as mídias tem trazido diversas possibilidades e desafios aos edifícios.

Apesar do "status de patrimônio", dos exemplares que chegaram aos dias de hoje, 15 deles ainda mantém seu uso exclusivamente religioso (muito embora não nos mesmos moldes originais). Apenas um convento divide sua rotina sacra com um espaço cultural (museu). Outros seis apresentam usos seculares e/ou culturais, como por exemplo, salas/salões expositivos abertos à visitação do público. Os 6 demais estão em situação de ruína parcial ou completa, com um deles tendo desaparecido por completo.

As possibilidades de contribuição das mídias digitais nesse processo certamente são extensas. Iremos abordar um dos projetos recentes que está sendo encampado pelo Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem que é o da criação de uma rota digital que, dentre outras coisas, tem como objetivo disseminar o conhecimento produzido acerca destes exemplares quando os pensamos não enquanto uma série de unidades, como usualmente se faz, mas sim enquanto um patrimônio em conjunto.



Figura 15: Fachada dos conventos franciscanos do Brasil. Fonte: Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem.

Desse modo, o presente trabalho busca refletir acerca do potencial das tecnologias e mídias digitais quando convocadas a construir nós e estabelecer uma rede de conhecimento sobre um patrimônio tão especial e delicado, atentos a suas inúmeras reverberações no campo da produção e compartilhamento de conhecimento. E nos projetos para o seu futuro, nas diversas intercessões com outros campos de saber e de atuação como o turismo cultural.

2. PATRIMÔNIO E AS MÍDIAS DIGITAIS

Para que de fato hoje possamos falar sobre possibilidades concretas de contribuição das tecnologias e mídias digitais no campo patrimonial, se faz necessário situar e compreender as abordagens e os caminhos trilhados até aqui. É sabido que o surgimento e consequente popularização das mesmas aludem ao contexto do pós Segunda Guerra e, desde então, tem-se ativamente acompanhado o processo de propagação delas nos mais diversos âmbitos da vida social, afetando os modos de ser e estar no mundo.

Numa abordagem inicial, o encontro do digital e a problemática patrimonial deu origem a conceitos como de patrimônio digital que "pode ser definido como a atividade de criação e estudo e ambientes interpretativos digitais patrimoniais, ou seja, ambientes que fazem uso de tecnologias digitais para o registro, modelagem e visualização do patrimônio cultural e natural" (PARAIZO, 2016, p.152).

O emprego cada vez mais recorrente destas abordagens digitais provocou, no âmbito institucional, que o Conselho Nacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS) lançasse em 2007 o que ficou conhecida como Carta de Ename como sendo uma referência para ações que tem como objetivo trabalhar a apresentação e interpretação patrimonial como parte componente de sua preservação. De modo mais próximo à temática deste artigo, em 2009 foi divulgada a Carta de Londres para a visualização do patrimônio cultural baseada em computadores que tem como missão "*to establish principles for the use of computer-based visualisation methods and outcomes in the research and communication of cultural heritage* [...] (THE LONDON CHARTER FOR THE COMPUTER-BASED VISUALISATION OF CULTURAL HERITAGE, 2009, p.4).

Mais do que servir como uma espécie de cartilha, estes documentos surgem em um momento de emergência destas abordagens e buscavam delimitar um escopo mínimo para as ações futuras no novo campo que despontava.

Nas práticas do campo da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), temos os tradicionais procedimentos em desenho digital relacionadas às práticas do tipo Desenho Assistido por Computador (CAD), até as possibilidades mais recentes trazidas pelos mapeamentos digitais do tipo *laser scan*, fotogrametria digital utilizando câmeras e drones, associadas ao uso de softwares de Modelagem da Informação da Construção (BIM) como também a Modelagem da Informação da Construção Histórica (HBIM). Os dados coletados em cada um desses procedimentos são usualmente empregados nas ações de reestruturação física do patrimônio edificado, restauros, reusos e intervenções, nos registros do que existe e nas descobertas das diversas camadas de informação que o patrimônio acumulou com o tempo.

Em uma outra frente, pensando como a temática patrimonial pode se materializar em uma abordagem mais informativa e visual sobre si, mas, dessa vez nos ambientes virtuais, o trabalho de Bharat Dave (2008) nos oferece reflexões importantes. No artigo intitulado "*Virtual Heritage: Mediating space, time and perspectives*" ele buscou identificar caraterísticas chave ao analisar projetos de referência que juntavam mídias e patrimônio, "*These virtual heritage projects incorporate digital interactivity and media rich representations to offer passages through time and space that are qualitatively different from what may be possible using traditional media and narratives* "(DAVE, 2008, p. 40).

As primeiras incursões digitais no universo do patrimônio se limitavam a uma reprodução visual, linear e estanque que poderia ser reproduzida em qualquer outro suporte midiático sem nenhuma abertura para interpretação (DAVE, 2008). Mas o desenvolvimento de novas interfaces e o crescente acesso à internet, impulsionou também a quantidade de informação que passou a ser compartilhada em meios digitais. Assim, os hiperdocumentos e os repositórios, permitem que informações documentais, imagéticas e audiovisuais em geral, possam ser acessadas e compartilhadas em qualquer lugar do mundo. Tem sido cada vez mais recorrente que bibliotecas e grandes centros de pesquisa digitalizem, compartilhem e produzam novas mídias informacionais acerca do patrimônio buscando um diálogo com os usuários que os acessa (DAVE, 2008). No campo dos estudos de casas conventuais, cabe o exemplo do F Atlas (*Franciscan Landscapes: the Observance between Italy, Portugal and Spain* - https://www.f-atlas.eu), que justamente combina ferramentas tradicionais e inovadoras no sentido da produção de investigações acerca de casas conventuais dos três países europeus.

Por fim, temos as estruturas interativas e plataformas de escritas coletivas que se alinham diretamente à ideia de troca e compartilhamento de informações e experiências acerca do patrimônio em interfaces digitais. Também neste caso podemos citar um exemplo no campo do franciscanismo, o site *Franciscan Connections* (https://www.franciscanconnections.com) que pretendem cruzar informações sobre política, sociedade, religião, ecologia etc. a partir da espiritualidade franciscana.

Aproveitando o intenso engajamento das pessoas com as mídias digitais, o objetivo das plataformas colaborativas é de abrir espaço para que os usuários possam realizar sua contribuição alimentando-as com as suas informações, seja em imagens, vídeos ou suas impressões, ao tempo em também colhem e compartilham dados. Por sua vez, as interfaces interativas empregam meios e estratégias que dialogam com o campo das visualidades, das artes, do audiovisual, da ludicidade, para também criar conhecimento ao socializá-lo por meio da internet acerca do patrimônio.

> These changes represent a fundamentally different view of history, one that needs to be constructed through active social engagement of readers with other beings rather than simply being passive spectators or receptors of information. The questioning, shifting perspectives, power of agency and consequent responsibility, interactions in a social group – all these elements in such environments can transform virtual heritage projects into reflective encounters. (DAVE, 2008, p.46)

Assim, de uma ponta a outra, seja em uma abordagem mais técnica/tradicional ou em frentes mais livres e artísticas, consideramos que o campo já está instaurado, sendo improdutivo, ou quase impossível, discutir as questões patrimoniais hoje sem colocar em xeque o papel e influência das mídias digitais nesse processo.

Todos esses processos brevemente descritos até aqui dialogam fortemente com o campo já vigente das Humanidades Digitais (HD) que é exposta por Presner et al (2009) como sendo:

> [...] uma matriz de práticas convergentes que exploram um universo em que: a) o material físico não é mais exclusivo ou a norma na qual o conhecimento é produzido e/ou disseminado, pelo contrário, eles se encontram imersos em novas configurações multimídia; e b) as ferramentas, técnicas e mídias digitais têm alterado a produção e disseminação do conhecimento nas artes, ciências humanas e sociais. (tradução nossa).

David Berry (2012) em seu livro intitulado “Understanding Digital Humanities” comenta que inicialmente as Humanidades Digitais eram conhecidas como “Computação nas humanidades” e vistas unicamente como um suporte técnico que utilizava o computador para o trabalho nas ciências humanas. A própria mudança de nome para Humanidades Digitais serviu como um gesto para acentuar a emergência de uma prática única, com seus próprios métodos e explorações teóricas (BERRY, 2012). Ainda o autor segue comentando que:

> *Ironically, as the projects became bigger and more complex, and as it developed computational techniques as an intrinsic part of the research process, technically proficient researchers increasingly saw the computational as part and parcel of what it meant to do research in the humanities itself. That is, computational technology has become the very condition of possibility required in order to think about many of the questions raised in the humanities today* (BERRY, 2012, p. 03).

Ecoando a ideia de uma inteligência coletiva apresentada por Pierre Levy ainda nas décadas finais do século XX, Felix Stalder (2013) discute em seu livro “Digital Solidarity” como as mídias possibilitaram um outro modo de produzir, compartilhar e refletir sobre os processos que

influenciam na vida cotidiana nas sociedades hoje, na tentativa de criar espaços "autônomos" e "solidários" de organização sócio-espacial.

> *This solidarity is more than an empty slogan, it is grounded in concrete, everyday experiences, renewed trough collective actions and guided by the conviction that one's own personal goals and aspirations cannot be achieved against others, but with and trough them* (STALDER, 2013, p.30).

Dentre as muitas práticas possíveis tendo como norte as Humanidades Digitais, a noção de solidariedade digital se coloca como um fenômeno apenas possível por essa adesão em massa a estas instâncias midiáticas ao passo que expressam qualidades e valores úteis para se pensar o projeto da rota aqui abordado.

3. O PROJETO DE UMA ROTA FRANCISCANA

Assim, pensando em como as mídias digitais enquanto meio de propagação da informação e ferramenta interpretativa acerca do patrimônio possa vir a estimular uma relação autônoma e solidária com os conventos franciscanos localizados no Brasil, a rota digital pretende pensá-los enquanto um patrimônio que pode ser lido como uma rede. De fato, esta ideia não é nova, visto que sempre existiu uma relação entre elas como evidenciado pelos estudos em fontes primarias a exemplo do trabalho de Germain Bazin (1983). Contudo, este autor coligava as casas do Nordeste e as pesquisas realizadas pelo Grupo vem ampliando este conjunto para abarcar também todas as casas do Sudeste do Brasil. Assim, a criação desta interface possibilitará a restituição deste status ao passo que busca destacar suas peculiaridades e os que as fazem casas irmãs. Que, de fato, conversam também com um patrimônio universal, já que as casas franciscanas, desde o contexto medieval, espalharam-se pelo mundo, já que a meta da ordem era a itinerância e a missionação, formando um conjunto denso e variado (SILVA, 2019).

Os trajetos físicos que conectam os conventos são um ponto de partida para a organização da interface, e em um primeiro momento, o objetivo é estimular os deslocamentos territoriais dos turistas e visitantes fornecendo insumos úteis para que se possa conhecer os conventos mais próximos de sua localidade. Além disso, no meio virtual, há a possibilidade de inserção de informações acerca do seu uso, estado de conservação, horários de funcionamento, dentre outros importantes dados.

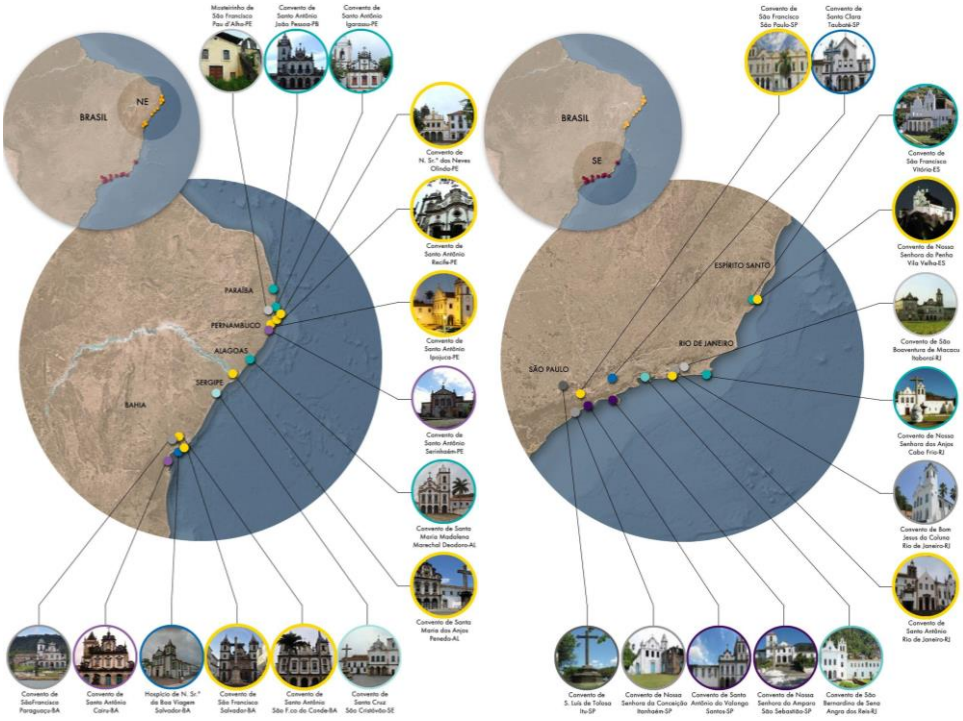


Figura 2: Infográfico com a localização dos conventos franciscanos do Brasil.
Fonte: Grupo de Pesquisa Estudos da Paisagem

Saindo dos caminhos físicos, a interface digital tem como potencial macro criar um espaço virtual, emancipado das possibilidades concretas, onde diversas informações acerca dos conventos franciscanos do Brasil possam ser compartilhadas seja pelo crivo do grupo ou pelos usuários, visitantes e pessoas em geral que convivem com estes patrimônios.

Uma outra seção da interface trará colaborações no aprofundamento e divulgação dos estudos acerca não apenas do patrimônio edificado franciscano, mas de forma mais ampla, de sua forma de ver o mundo e suas práticas no hoje. Ao se colocar na grande rede mundial de computadores, as pesquisas e informações acumuladas pelo grupo serão compartilhadas podendo ser acessadas por pesquisadores do mundo inteiro, estimulando novos estudos, como os comparativos por exemplo.

Também após vários anos de estudos e visitas in loco a conventos no Brasil e no exterior, o grupo de pesquisa acumulou um rico acervo imagético e documental que deve ser disponibilizado em forma digital, reafirmando as intenções expostas anteriormente de desdobramentos de pesquisa.

Com o projeto da rota digital a ser implantado, é possível reforçar os argumentos já aventados tanto pelo grupo, quanto por várias instituições, de se pensar o conjunto de conventos franciscanos do Brasil como um patrimônio em rede e pleitear o seu reconhecimento enquanto patrimônio cultural da humanidade junto à UNESCO, como aconteceu no caso do conjunto de fortificações do Brasil.

Por fim, estas ações, independentemente de seu formato físico ou digital, colaboram em vários aspectos para às discussões contemporâneas acerca do patrimônio. Em um primeiro ponto, articulam as linguagens digitais atuais com todo a herança histórica atrelada aos conventos. Ou seja, quais movimentos e fricções podem ser realizados entre as várias camadas de história sedimentadas nos edifícios e as cada vez mais líquidas relações estabelecidas nas temporalidades vigentes.

Em um segundo momento, mas não menos importante, aventa-se sobre iniciativas práticas que buscam colaborar na reinserção ou reabilitação de exemplares patrimoniais no circuito cultural e citadino do hoje. Podendo trazer contribuições sólidas para a discussão sobre a gestão cultural desses bens, e sobre como podem se alinhar (ou não) às expectativas dos ávidos processos de turismo e "espetacularização" do espaço público. Atingem também pontos de interesse acadêmico, especialmente do que e como divulgar e socializar o que se produz dentro dos muros da academia. E, por fim, em um momento de fácil acesso à informação e com um volume sem precedentes, somar-se à indagação: qual o lugar da pesquisa bem fundamentada? Em mundos submersos em uma avalanche de informações e imagens enquadradas, como despertar ainda a curiosidade sobre algum tema? Como conectar de forma criativa e inspiradora, a matéria e o digital? E como o passado, voltando às indagações iniciais deste texto, podem dizer algo a explodida dimensão de tempos e espaços no contexto do presente rumo a outros futuros?

REFERÊNCIAS

BAUMAN, Zygmunt. Modernidade Líquida. Rio de Janeiro: Zahar Editora, 2001.

BAZIN, Germain, A arquitetura religiosa barroca no Brasil, Rio de Janeiro, Record, 1983.

BERRY, D. M. Understanding Digital Humanities. London: Palgrave Macmillan, 2012.

DAVE, B. Virtual Heritage: Mediating Space, Time and Perspectives. In: KALAY, Y.; KVAN, T.; AFFLECK, J. (org.) New Heritage: New Media and cultural Heritage. London: Routledge, 2008, p. 40-52.

PARAIZO, Rodrigo Cury. Patrimônio Digital. In BRAIDA, Frederico et al. 101 Conceitos sobre Arquitetura e Urbanismo na era digital. São Paulo: Pro books, 2016.

PRESNER, Todd et al. Digital Humanities Manifesto 2.0. Disponível em: http://www.humanitiesblast.com/manifesto/Manifesto_V2.pdf. Acesso em 14 ago. 2019.

SILVA, Maria Angélica da. In via: Francisco, os franciscanos e seus lugares no mundo. Revista Antíteses, Londrina: UEL, v.12, n. 24, p. 147-174, jul-dez. 2019.

STALDER, F. Digital Solidarity. Luneburg: PML books, 2013.

THE LONDON CHARTER FOR THE COMPUTER-BASED VISUALISATION OF CULTURAL HERITAGE. Disponível em: https://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_en.pdf. Acesso em 20 de Outubro de 2021.

TECNOLOGIA E PATRIMÔNIO: PLATAFORMA “ERECHIM NA PALMA DA MÃO”

Technology and heritage: platform "Erechim in the palm of the hand”

Ariane Pedrotti de Ávila Dias

Mestre, Universidade Federal da Bahia, ariane.dias@erechim.rs.gov.br

Natália Biscaglia Pereira

Docente, Universidade Federal da Fronteira Sul, natalia.pereira@uffs.edu.br

Gabrielle Foletto do Carmo

Graduanda, Universidade Federal da Fronteira Sul, gabrielledocarmo@outlook.com

Resumo

O presente trabalho apresenta o processo de desenvolvimento do inventário patrimonial dos bens arquitetônicos e áreas de interesse cultural para a cidade de Erechim. O principal objetivo da proposta foi mapear e reconhecer o Patrimônio Cultural do Município, compreender a necessidade de sua preservação e promover a sua valorização perante a comunidade. Para realização do inventário foi realizada a pesquisa das edificações, a catalogação e organização de cada Bem em fichas sistematizadas contendo informações relevantes das construções e o registro iconográfico. Tem-se a premissa de que a ferramenta de inventário carrega grande importância no processo de preservação e valorização do patrimônio histórico e cultural, e para adequar a ferramenta às novas tecnologias, o inventário foi remodelado em formato de plataforma digital, de modo a democratizar o acesso à informação de forma prática, rápida e dinâmica.

Palavras-chave: Patrimônio; Tecnologia; Inventário

Abstract

The present work presents the process of developing the heritage inventory of architectural assets and areas of cultural interest for the city of Erechim. The main objective of the proposal was to map and recognize the Cultural Heritage of the Municipality, understand the need for its preservation and promote its valorization before the community. To perform the inventory, the research of the buildings, the cataloguing and organization of each cultural asset in systematized forms containing relevant information of the buildings and the iconographic record were carried out. It is premised that the inventory tool carries great importance in the process of preservation and valorization of historical and cultural heritage, and to adapt the tool to new technologies, the inventory has been remodeled in digital platform format, in order to democratize access to information in a practical, fast and dynamic way.

Keywords: *Heritage; Technology; Inventory*

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1904, a partir do traçado da ferrovia Porto Alegre - São Paulo, iniciava-se a demarcação da cidade de Erechim (DIAS E PEREIRA, 2016). A viação Férrea teve um importante papel na colonização da cidade, sendo o ponto de partida dos primeiros moradores que instalavam suas residências e demais edificações em torno da Estação. Neste momento, os moradores ocupavam terras cobertas pela mata nativa, retirando a madeira presente para utilizar em suas construções (DIAS E PEREIRA, 2016).

Conforme Dias e Pereira (2016), estas edificações em madeira foram as primeiras da cidade, mas na região central, em sua maioria foram destruídas por três grandes incêndios e acabaram sendo substituídas por construções em alvenaria, inicialmente no estilo eclético que era tendência da época, com fachadas bastante adornadas com frisos e sacadas de pequenas dimensões, marcando o cenário urbano. Além das edificações ecléticas, foi adotado na mesma época o estilo Art Déco, caracterizado por suas formas curvas, grandes vãos e lajes em balanço, marcando principalmente os lotes triangulares da cidade (DIAS E PEREIRA, 2016).

A partir das modificações arquitetônicas do período, junto do plano de urbanização e o traçado viário inspirado na reforma de Hausmann em Paris, a área central consolidou sua imagem nos anos 40 com edificações renovadas, ruas pavimentadas e ajardinadas, refletindo a imagem sonhada pelos seus idealizadores (DIAS E PEREIRA, 2016). Em 1981, segundo Dias e Pereira (2016), um novo plano diretor é implantado que incentiva a verticalização, permitindo a demolição de edificações sem nenhuma preocupação com a memória da cidade. Neste momento então, apagam-se do cenário urbano algumas edificações com décadas de história para dar lugar a prédios comerciais e públicos.

Erechim apenas desenvolveu uma política de proteção patrimonial no ano de 1994, com o novo Plano Diretor onde era definida a necessidade de criação de áreas de preservação a partir de diversos critérios, como o valor histórico, raridade formal e risco de desaparecimento (PRESTES, 2012). Em 2007 foi criado o Conselho Municipal do Patrimônio Histórico, Artístico e Cultural, o qual auxilia na orientação, planejamento, interpretação e julgamento das ações patrimoniais, juntamente com a promoção da Lei nº 4.248/07, a qual determina a proteção do patrimônio cultural municipal.

A partir dos fatos expostos, é possível perceber que as políticas públicas de proteção ao Patrimônio Cultural da cidade foram concebidas de forma tardia, e ainda não foi consolidada uma conscientização social de forma ampla para com a sociedade e moradores de Erechim. De tal forma, as atividades desenvolvidas no presente artigo têm como objetivo conscientizar a população da cidade sobre a importância da preservação do patrimônio histórico, através de materiais acessíveis, dinâmicos e atrativos.

Para cumprir tal objetivo, a metodologia utilizada foi de pesquisa bibliográfica inicialmente para maior embasamento teórico, e após essa etapa foi realizado um levantamento de campo envolvendo a Universidade Federal da Fronteira Sul em parceria com a Secretaria de Cultura de Erechim. As atividades desenvolvidas resultaram em um inventário dos bens históricos da

cidade, confeccionados através de fichamentos com informações sobre o imóvel e levantamento fotográfico. Após o inventário ser concluído, ele foi convertido na criação de uma plataforma digital nomeada “Erechim na Palma da Mão”, onde as informações contidas no inventário físico pudessem ser acessadas digitalmente, fazendo com que a tecnologia auxilie na conscientização da importância de preservação do patrimônio.

O presente trabalho é subdividido em três partes, apresentando inicialmente um apanhado teórico a respeito da história de Erechim, do Patrimônio Edificado e da importância do Inventário como ferramenta de preservação. A segunda parte trata do projeto de extensão realizado pela Universidade Federal da Fronteira Sul em parceria com a Secretaria de Cultura de Erechim, onde foi elaborado o inventário dos bens culturais. A seguir, em sua última parte, é apresentada a plataforma mobile chamada “Erechim na Palma da Mão”, traduzindo o inventário atualmente.

2. DESENVOLVIMENTO

O Patrimônio Urbano traduz culturas sucessivas e contemporâneas, representando tradições e experiências e as reconhecendo em suas diversidades, além de constituir um recurso social, cultural e econômico para a humanidade (ICOMOS, 2011). A cidade de Erechim conta com um acervo de edificações patrimoniais mistas, sendo tanto edificações de uso público como de uso privado, além de se encontrarem em diversos estágios quanto ao estado de conservação e autenticidade (PRESTES, 2012). Ainda conforme Prestes (2012), a maioria destas construções estão localizadas no plano urbano original da cidade, além de estarem dispersos no território e sem a delimitação de uma área exclusiva de centro histórico, sendo que estas edificações estão mescladas na paisagem com outras edificações contemporâneas e em altura.
Seja por falta de acesso à informação ou pela falta de destaque na paisagem, é possível perceber que uma grande parcela da população erechinense não reconhece a importância e significado de seu patrimônio edificado, refletindo a falta de conhecimento de sua própria história. Sendo assim, a documentação cadastral, inventário de bens e divulgação para a sociedade é de suma importância, a fim de que seja reconhecido o valor das manifestações arquitetônicas de diferentes períodos históricos.

2.1 O inventário como ferramenta de preservação

Conforme a Recomendação sobre a Paisagem Histórica Urbana, realizada pela UNESCO em 2011, a integração de estratégias de conservação, gestão e planejamento do patrimônio deve ser enfatizada perante a sociedade, de modo que seja adotada uma abordagem paisagística para preservar a identidade urbana (ICOMOS, 2011). Para tal fim, é necessário adotar instrumentos de conhecimento e planejamento, os quais devem auxiliar na proteção da integridade e autenticidade do patrimônio urbano, possibilitando o reconhecimento de seu

significado cultural através da documentação e mapeamento das características culturais e naturais (ICOMOS, 2011).

Neste sentido, o inventário trata do registro e catalogação dos bens patrimoniais materiais de uma determinada localidade. O mesmo "[...] registra culturais e forma um panorama sobre bens de uma região, o que auxilia de modo fundamental no reconhecimento da imagem da cidade e do conhecimento de seu patrimônio." (DIAS E PEREIRA, 2016, p. 14). Sendo assim, no documento final produzido é possível identificar as edificações patrimoniais de um local, bem como seus dados históricos do período construtivo, características iniciais, elementos construtivos, alterações sofridas ao longo do tempo e o registro de seu estado atual, podendo contar com levantamentos métricos, fotográficos, documentais e registro de entrevistas.

É possível utilizar o instrumento de inventário para reconhecer os bens de uma cidade e identificá-los, bem como para aprofundamento do conhecimento que pode servir como ponto de partida para planos de conservação e de gestão integrada do patrimônio, de forma a possibilitar ações de preservação e valorização. A fim de que o inventário atinja o maior número possível de pessoas, é recomendado que o município o divulgue para a comunidade, o disponibilizando como banco de dados, além de ter uma constante atualização e aprimoramento.

É importante ressaltar que este inventário deve ser disponibilizado e compartilhado com a comunidade de forma participativa, de forma que ele reforce a responsabilidade da comunidade perante a preservação patrimonial, onde as edificações são reconhecidas por seu devido valor e que podem ter grande utilidade na vida e no cotidiano das pessoas (DE VARINE, 2012).

O procedimento de inventário para preservação de edificações históricas está incluso na Constituição Brasileira de 1988, a qual apresenta disposição específica sobre patrimônio, além de instituir que o poder público deve dispor de colaboração da comunidade para promover, proteger e valorizar o patrimônio brasileiro.

2.2 Projeto de Extensão: Investigação do Patrimônio Arquitetônico Regional: Documentação e Educação em Erechim-RS

Tendo em vista os tópicos abordados anteriormente, e considerando a ferramenta de inventário como de extrema importância para o desenvolvimento de uma consciência coletiva sobre preservação do patrimônio histórico, foi realizado um Projeto de Extensão na Universidade Federal da Fronteira Sul vinculado à Secretaria de Cultura de Erechim.

O projeto foi inserido no âmbito de estudo patrimonial e memória sobre a arquitetura histórica da cidade e região. Seu principal objetivo foi ressaltar a importância da preservação arquitetônica na cidade, evidenciando seus bens históricos por meio de educação patrimonial

e investigação e documentação dos bens. Sendo assim, através do projeto buscava-se resgatar a memória e história de importantes exemplares arquitetônicos da região.

Para iniciar os procedimentos metodológicos do grupo de extensão, foi realizado um reconhecimento geral da localização e condicionamento dos bens arquitetônicos da cidade. Dessa maneira, realizou-se um levantamento fotográfico e mapeamento, o qual serviu de base para as etapas seguintes (figura 1). Foram também identificadas categorias arquitetônicas que classificaram as edificações como: Arquitetura de Colonização/Arquitetura em Madeira, Arquitetura Eclética, Arquitetura Art Déco e a Arquitetura Modernista, além das áreas de interesse cultural.

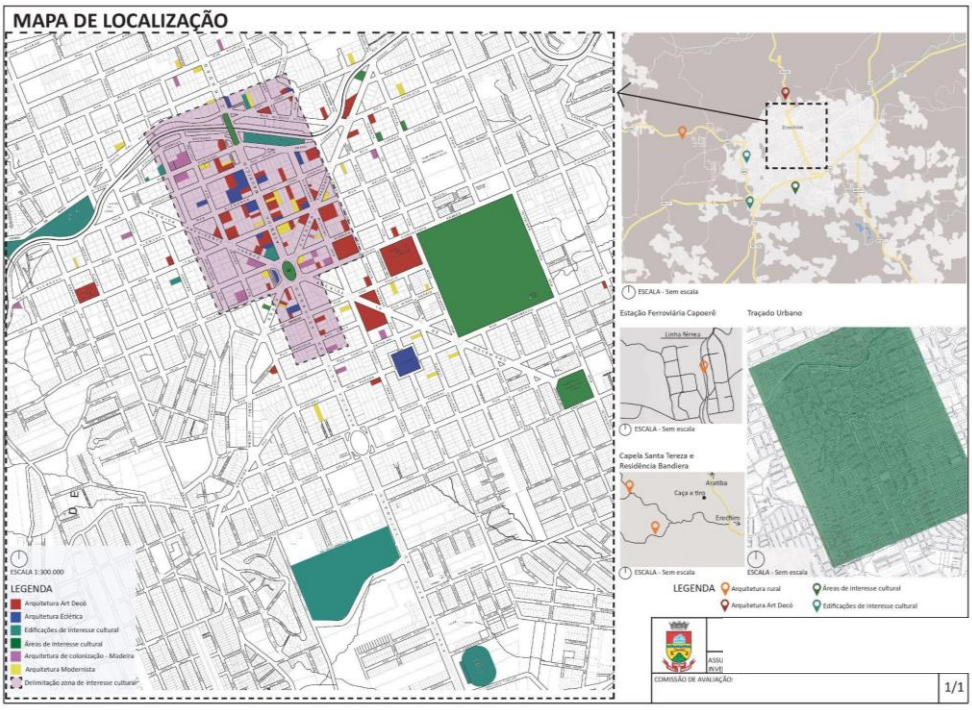
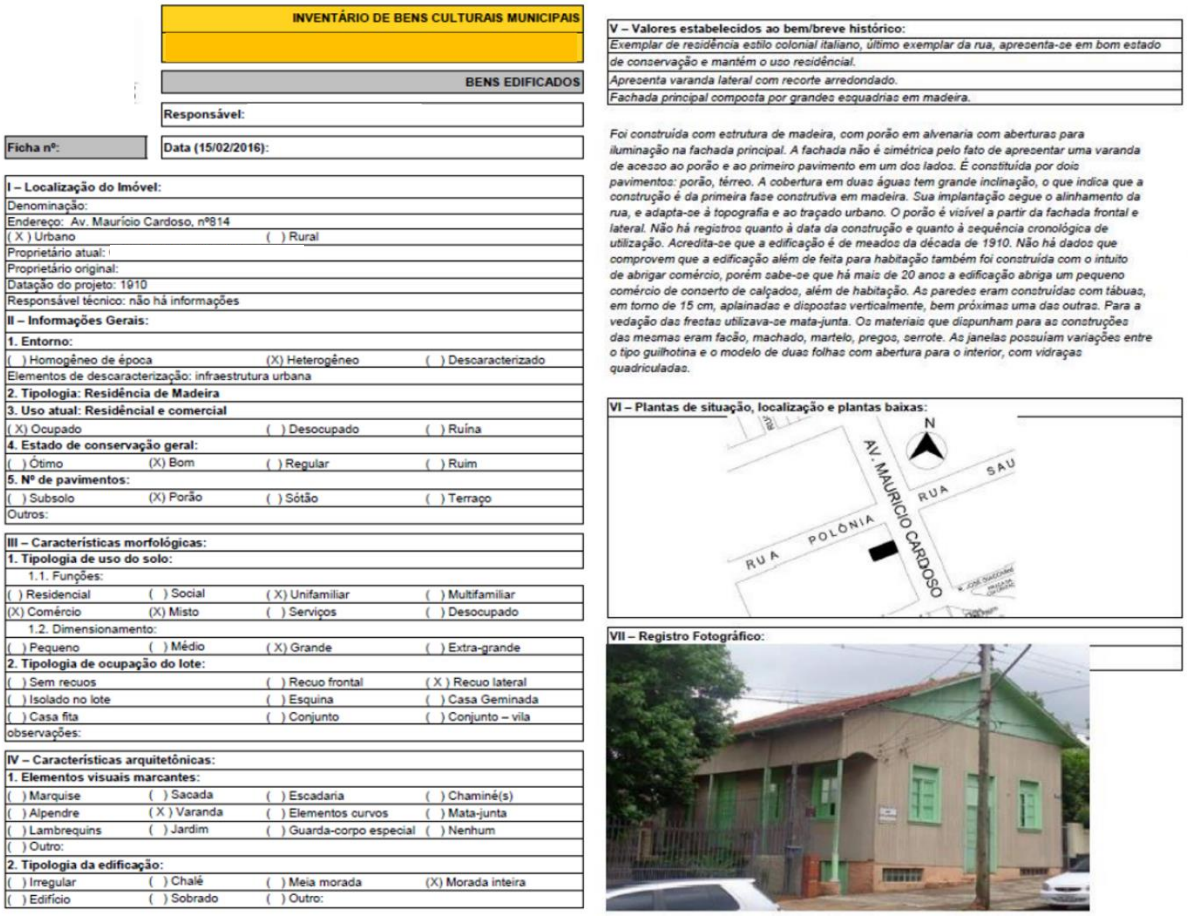


Figura 1: Mapa de Localização de Inventários de Erechim. Fonte: Prefeitura Municipal de Erechim, 2018.

Paralelo ao trabalho de levantamento inicial, foram feitas leituras e pesquisas a fim de possibilitar conhecimento científico a respeito da criação de modelo de fichas de inventários, o qual foi baseado no modelo proposto pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado do Rio Grande do Sul - IPHAE-RS, com alguns ajustes e inserções de novos campos para adicionar informações necessárias à realidade local. Estas fichas tiveram elevada importância no trabalho, pois nelas foram coletadas o maior número possível sobre as edificações.

A partir da criação das fichas, os estudantes dividiram-se conforme sua área de atuação para efetuar o levantamento das informações das edificações consideradas como de interesse histórico da cidade. Os estudantes bolsistas envolvidos do curso de Arquitetura e Urbanismo

realizaram levantamentos a campo em cada uma das edificações listadas, e em cada visita documentaram os bens através de fotos e informações necessárias como: “endereço, ano de construção e proprietário, possibilitando também o reconhecimento a partir do estilo da construção e localização temporal daquele bem na história da cidade.” (DIAS E PEREIRA, 2016, p. 19). É possível conferir o modelo de ficha confeccionado no projeto na figura 2:



INVENTÁRIO DE BENS CULTURAIS MUNICIPAIS

BENS EDIFICADOS

Responsável:

Ficha nº: | **Data (15/02/2016):**

I – Localização do Imóvel:
Denominação:
Endereço: Av. Maurício Cardoso, nº814
(X) Urbano ( ) Rural
Proprietário atual:
Proprietário original:
Datação do projeto: 1910
Responsável técnico: não há informações

II – Informações Gerais:
1. Entorno:
( ) Homogêneo de época (X) Heterogêneo ( ) Descaracterizado
Elementos de descaracterização: infraestrutura urbana
2. Tipologia: Residência de Madeira
3. Uso atual: Residêncial e comercial
(X) Ocupado ( ) Desocupado ( ) Ruína
4. Estado de conservação geral:
( ) Ótimo (X) Bom ( ) Regular ( ) Ruim
5. Nº de pavimentos:
( ) Subsolo (X) Porão ( ) Sótão ( ) Terraço
Outros:

III – Características morfológicas:
1. Tipologia de uso do solo:
1.1. Funções:
( ) Residencial ( ) Social (X) Unifamiliar ( ) Multifamiliar
(X) Comércio (X) Misto ( ) Serviços ( ) Desocupado
1.2. Dimensionamento:
( ) Pequeno ( ) Médio (X) Grande ( ) Extra-grande
2. Tipologia de ocupação do lote:
( ) Sem recuos ( ) Recuo frontal (X) Recuo lateral
( ) Isolado no lote ( ) Esquina ( ) Casa Geminada
( ) Casa fita ( ) Conjunto ( ) Conjunto – vila
observações:

IV – Características arquitetônicas:
1. Elementos visuais marcantes:
( ) Marquise ( ) Sacada ( ) Escadaria ( ) Chaminé(s)
( ) Alpendre (X) Varanda ( ) Elementos curvos ( ) Mata-junta
( ) Lambrequins ( ) Jardim ( ) Guarda-corpo especial ( ) Nenhum
( ) Outro:
2. Tipologia da edificação:
( ) Irregular ( ) Chalé ( ) Meia morada (X) Morada inteira
( ) Edifício ( ) Sobrado ( ) Outro:

V – Valores estabelecidos ao bem/breve histórico:
Exemplar de residência estilo colonial italiano, último exemplar da rua, apresenta-se em bom estado de conservação e mantém o uso residêncial.
Apresenta varanda lateral com recorte arredondado.
Fachada principal composta por grandes esquadrias em madeira.

Foi construída com estrutura de madeira, com porão em alvenaria com aberturas para iluminação na fachada principal. A fachada não é simétrica pelo fato de apresentar uma varanda de acesso ao porão e ao primeiro pavimento em um dos lados. É constituída por dois pavimentos: porão, térreo. A cobertura em duas águas tem grande inclinação, o que indica que a construção é da primeira face construtiva em madeira. Sua implantação segue o alinhamento da rua, e adapta-se à topografia e ao traçado urbano. O porão é visível a partir da fachada frontal e lateral. Não há registros quanto à data da construção e quanto à sequência cronológica de utilização. Acredita-se que a edificação é de meados da década de 1910. Não há dados que comprovem que a edificação além de feita para habitação também foi construída com o intuito de abrigar comércio, porém sabe-se que há mais de 20 anos a edificação abriga um pequeno comércio de conserto de calçados, além de habitação. As paredes eram construídas com tábuas, em torno de 15 cm, aplainadas e dispostas verticalmente, bem próximas uma das outras. Para a vedação das frestas utilizava-se mata-junta. Os materiais que dispunham para as construções das mesmas eram facão, machado, martelo, pregos, serrote. As janelas possuíam variações entre o tipo guilhotina e o modelo de duas folhas com abertura para o interior, com vidraças quadriculadas.

VI – Plantas de situação, localização e plantas baixas:

VII – Registro Fotográfico:

Figura 2: Ficha de inventário, páginas 1 e 2. Fonte: Prefeitura Municipal de Erechim, 2018.

Além do levantamento teórico e *in loco*, foram realizadas atividades na Feira do Livro de Erechim de 2016, onde algumas ações de educação patrimonial frisaram a importância da comunidade na responsabilidade de preservação do patrimônio histórico e desenvolvimento local.

O resultado do Projeto de Extensão foi um inventário completo de registro de bens arquitetônicos que podem ser considerados como relevantes para a história e cultura da cidade, bem como um mapeamento da localização destas edificações na malha urbana. Os

produtos poderão servir como fonte de dados para o planejamento municipal em ações que visem a proteção dos bens, bem como para a consulta da população.

2.3 Tecnologia e Patrimônio: Plataforma "Erechim na Palma da Mão"

Apesar da ferramenta de inventário ter profunda importância para com a preservação do patrimônio, sua história e cultura, muitas vezes este acaba não recebendo devido reconhecimento. Um dos motivos que influenciam nessa desvalorização é a falta de acesso ao conhecimento, aos documentos gerados e a história. Sendo assim, ressalta-se a importância de adotar instrumentos inovadores, adaptados ao contexto local, os quais tenham como objetivo facilitar o diálogo intercultural (ICOMOS, 2011).

Atualmente a tecnologia está inserida no meio social de forma intrínseca. Tendo em vista a necessidade de difusão do conhecimento sobre o patrimônio cultural para seu reconhecimento e consequentemente sua proteção, a ferramenta de inventário da cidade foi remodelada na forma de uma plataforma digital *mobile*, a qual pode ser acessada e utilizada por qualquer pessoa em qualquer lugar, facilitando assim o processo de acesso ao conhecimento e proporcionando que este patrimônio seja apresentado de forma prática e rápida, de forma a promover o conhecimento, divulgação e fomentando a preservação do patrimônio cultural do município de Erechim-RS.

A ideia de transformar o inventário em uma plataforma de consulta online surgiu com o Edital FAC-Educação Patrimonial, publicado pela Secretaria de Estado de Cultura em 2019 em que o Município propôs a criação da Plataforma e foi um dos contemplados, com um recurso inicial de R$50.000,00, mais R$25.000,00 de contrapartida Municipal. O projeto envolvia, além da criação da página para inserção do Inventário, a sua utilização para atividades de Educação Patrimonial com as escolas e comunidade, bem como para realização de roteiros turísticos e de estudos técnicos na área de patrimônio.

A plataforma funciona a partir de um mapa base em que o usuário pode fazer um *tour* virtual de reconhecimento das edificações históricas da cidade, monumentos, espaços culturais e de preservação, sendo que a partir do mapa é possível marcar locais de interesse e traçar rotas de visitação (Figura 3).

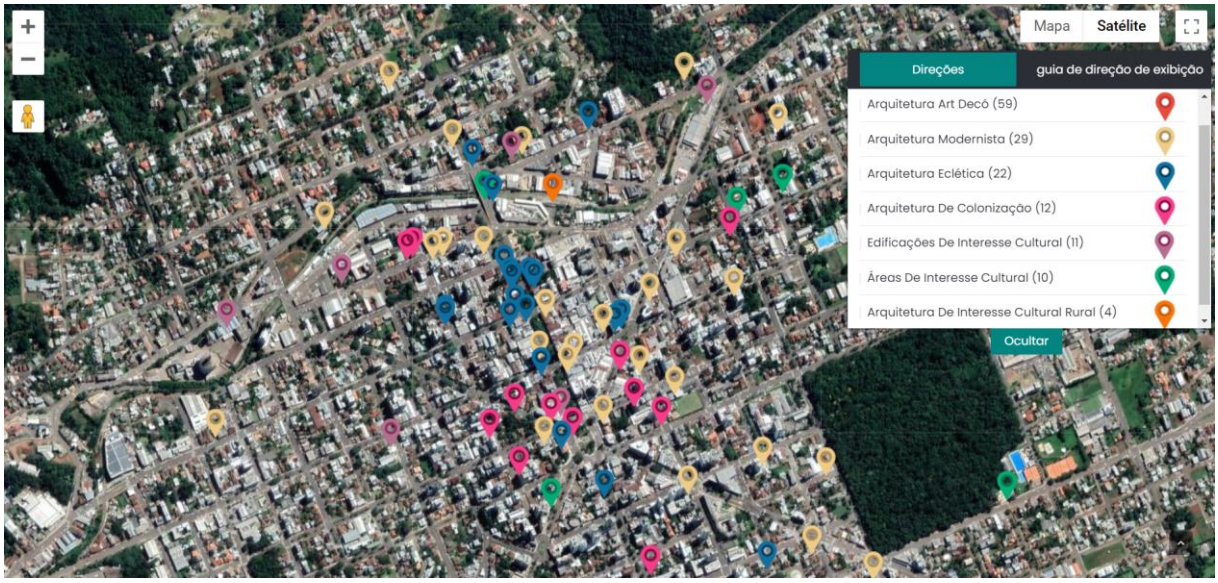


Figura 3: Mapa dos inventários. Fonte: Plataforma Erechim na Palma da Mão, 2021. Disponível em: <https://cultura.erechim.rs.gov.br/>

A partir de cada marcador no mapa também é possível abrir uma janela com a galeria de imagens e informações gerais sobre cada local (Figura 4). Estas informações são um resumo do conteúdo de cada ficha de inventário. Para promover um acesso ainda mais amplo, foi também disponibilizada a audiodescrição dos textos da página para garantir a acessibilidade e fazer com que este patrimônio seja de conhecimento de todos.

Tem-se ainda o objetivo de que a plataforma tenha possibilidade de ampliação, de forma que seja possível a inserção de novas informações como eventos, festas, roteiros turísticos materiais e orientações que poderão ser atualizadas constantemente, de forma que as informações nela contidas sejam dinâmicas e atrativas para todos os visitantes.

Todos os detalhes da plataforma foram pensados para que esta informação seja acessada de forma fácil, rápida e livre. Até mesmo o formato da plataforma, uma página digital *mobile*, tem em vista a sua facilidade de acesso por qualquer smartphone, sem necessidade de *download* de aplicativo. Sendo assim, a página "Erechim na Palma da Mão" tem como principal objetivo a difusão do conhecimento, a promoção e preservação dos bens culturais do município, tratando-se de uma importante ferramenta tecnológica de educação patrimonial de largo alcance. Esta plataforma pode ser acessada em diversas atividades por usuários de diferentes idades, além de se inserir na linguagem digital da atualidade, de forma a criar um instrumento de potencialização e qualificação dos atrativos culturais e bens patrimoniais.

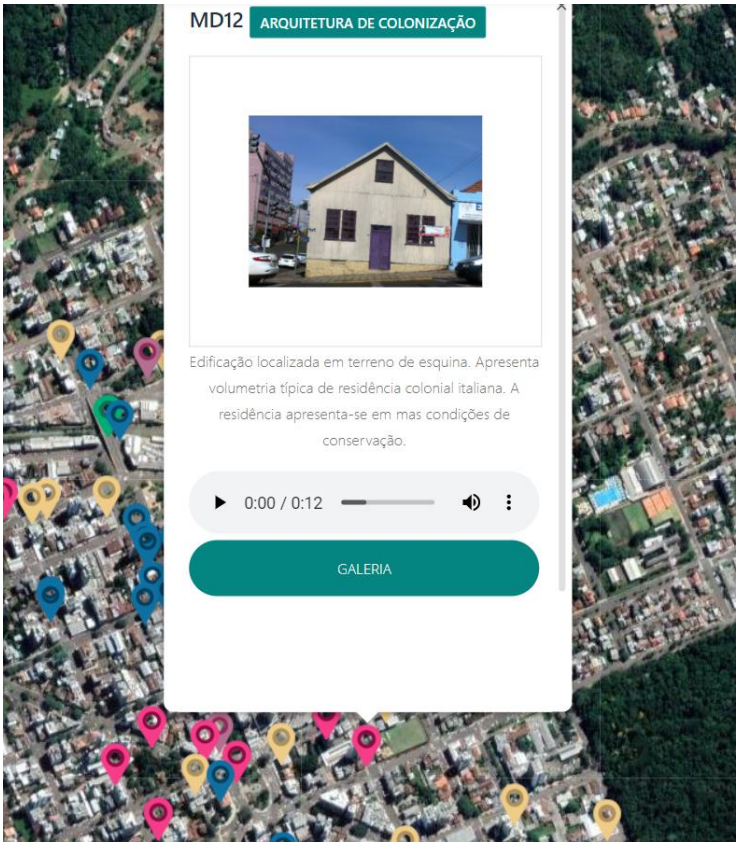


Figura 4: Informações de Edificação Selecionada. Fonte: Plataforma Erechim na Palma da Mão, 2021. Disponível em: <https://cultura.erechim.rs.gov.br/>

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos realizados que resultaram na elaboração do presente trabalho, entende-se que a ferramenta de inventário patrimonial é de suma importância para a preservação e reconhecimento dos bens culturais, bem como de áreas de interesse histórico. Para a realização do mesmo, é necessária uma equipe multidisciplinar e a catalogação minuciosa dos elementos.

Além da importância da realização do documento, ressalta-se a necessidade de divulgação perante a comunidade. Usualmente os trabalhos relacionados ao patrimônio municipal como o Tombamento de bens, a aprovação de leis protetivas e projetos de restauração de áreas degradadas se limitam aos trâmites administrativos, sem ampla divulgação para o público em geral. Tendo em vista que a ferramenta de inventário é um instrumento não apenas com fins de registro, mas também de resgate, valorização e preservação do acervo histórico da cidade, entende-se que quanto mais facilitado seja o acesso a essas informações, maior será o reconhecimento e preservação do patrimônio.

Ressalta-se a importância da continuidade dos projetos de educação patrimonial e de preservação por parte do município e entidades interessadas, visto que os temas da área de patrimônio não costumam ser abordados no cotidiano das pessoas, e carregam grande importância para a disseminação dos valores culturais. Com ações de educação patrimonial é possível garantir a aproximação da população com seu patrimônio, sua história, tornando os cidadãos mais conscientes, além de garantir a participação nas ações propostas pelo município a fim de preservar a herança cultural local e difundi-la para outros locais, servindo ainda como modelo para outros projetos semelhantes.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, 05 out. 1988.

DE VARINE, Hugues. As Raízes do Futuro: o patrimônio a serviço do desenvolvimento local. Trad. de Maria de Lourdes Parreiras Horta. Porto Alegre: Medianiz, 2012.

DIAS, A. P. A.; PEREIRA, N. B. Inventário do Patrimônio Edificado do Município de Erechim - RS. Relatório Final de Projeto de Extensão Institucionalizado na Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Inventário de Proteção do Acervo Cultural de Erechim, de 19 de agosto de 2009. Secretaria Municipal de Cultura, Esporte e Turismo, Departamento de Patrimônio Histórico, Cultural e Artístico.

PRESTES, Simone Litwin. Sentidos e imagens do patrimônio cultural em Erechim/RS na iminência de sua preservação institucional. Dissertação de Mestrado, programa de Pós Graduação em Antropologia Social, UFSC, 2012.

UNESCO (2011) - Recomendação sobre a Paisagem Histórica Urbana, aprovada na Conferência Geral da UNESCO em 2011.

EIXO 4



Tecnologias imersivas

Compreende processos que fazem uso de Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) voltados à valorização do patrimônio; experiências de virtualização de museus; ambientes virtuais interativos.

REALIDADE EXPANDIDA PARA EDUCAÇÃO PATRIMONIAL: ARQUITETURA MODERNA BRASILEIRA

Extended reality for heritage education: modern Brazilian architecture

Ana Lúcia Cerávolo

Profa. Dra., Unicep São Carlos, aceravolo@gmail.com

Ana Regina Mizrahy Cuperschmid

Profa. Dra., UNICAMP, cuper@unicamp.br

Márcio Minto Fabrício

Prof. Dr., IAU USP, marcio.m.fabricio@usp.br

Resumo

O valor pedagógico da obra arquitetônica se realiza como experimentação e vivência, constituindo parte da formação e do repertório presente na educação sensorial do espaço, que agrega ao edifício um caráter de documento histórico. Por isso, as visitas de estudo são práticas pedagógicas comuns nos cursos de Arquitetura e Urbanismo. Tais visitas, entretanto, podem ser limitadas por circunstâncias geográficas, econômicas e sanitárias. Como alternativa às visitas presenciais, propõe-se investigar o uso de Modelagem da Informação da Construção Histórica (HBIM) associado à Realidade Expandida (XR), permitindo o acesso remoto à edificação, como primeiro passo para a implantação da educação patrimonial, tendo como foco o edifício E1 da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (E1 EESC USP). Como resultados, são apresentadas aplicações em Realidade Aumentada (AR) e Virtual (VR) que permitem o acesso remoto ao edifício.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Educação Patrimonial

Abstract

The pedagogical value of the architectural work built takes place as experimentation and experience, constituting part of the training and repertoire present in the sensorial education of the space, which adds to the building the character of a historical document. Therefore, study visits are pedagogical practices in Architecture and Urbanism courses. However, such visits may be limited by geographic, economic and sanitary reasons. As an alternative, it is proposed to investigate the Historic Building Information Modeling (HBIM) associated with Extended Reality (XR), allowing remote access to the building, as a first step towards the implementation of heritage education, focusing on the E1 building of the School of Engineering of São Carlos, of the University of São Paulo (E1 EESC USP). As a result, Augmented and Virtual Reality applications are presented, allowing remote access to the building.

Keywords: *Augmented reality; Virtual reality; Heritage education*

1. A REALIDADE EXPANDIDA COMO FERRAMENTA PARA A EDUCAÇÃO PATRIMONIAL

O valor pedagógico da obra arquitetônica construída se soma aos valores culturais e sociais, acrescido muitas vezes de sua patrimonialização. A experimentação e vivência desses bens constituem uma educação sensorial, que agrega ao edifício um caráter de documento histórico (BRASIL, 1998). Nesse sentido, as visitas e viagens de estudo são uma prática comum na formação do arquiteto e urbanista, para apreensão da obra em sua escala real.

Para tornar essa experiência parte do processo de ensino-aprendizagem na formação do arquiteto e urbanista, pensando em, posteriormente, estendê-la a um público mais amplo, investigou-se propostas de visitas virtuais que permitam conhecer os edifícios e suas partes, utilizando Modelagem da Informação da Construção Histórica (*Historic Building Information Modeling,* HBIM) associado à Realidade Expandida (*Extended Reality,* XR).

Por meio de um modelo virtual é possível ter os primeiros contatos com o edifício a ser estudado, constituindo uma experiência inicial que permite compreender preliminarmente o edifício. Com uma visita *in loco*, outros sentidos seriam mobilizados para uma vivência plena. Complementarmente, estratégias de Realidade Aumentada (*Augmented Reality*, AR) e Realidade Virtual (*Virtual Reality*, RV) podem realçar estratégias projetuais e partes da construção que não são visíveis na edificação concluída (ex. estruturas e instalações embutidas, informações de seus componentes ou fases de sua construção).

Focando a arquitetura como projeto e construção, o patrimônio moderno apresenta vantagens importantes quanto ao emprego de tecnologias digitais, principalmente porque a lógica projetual presente na concepção das edificações modernas tem aderência às novas tecnologias presentes em *software* de modelagem digital. As ferramentas ajudam a compreender a concepção projetual baseada na modulação, na organização racional do edifício e na industrialização das construções.

Nesse aspecto, o edifício moderno será o ponto de partida para a discussão sobre a preservação. O modelo e a XR se propõem a serem utilizadas na experiência da visita didática, reforçando o ensino de suas características projetuais e construtivas.

Para a aplicação da XR como estratégia para educação patrimonial, foi utilizado como estudo de caso o E1 da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (E1 EESC USP), que favorece a análise e avaliação do debate atual sobre preservação do patrimônio cultural e tecnologias digitais.

O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento de aplicações de XR para a visita virtual à edificação de interesse histórico, como primeiro passo para a implantação da educação patrimonial, tendo como foco o edifício E1 EESC USP. O presente trabalho está estruturado em três partes conceituais: educação patrimonial; apresentação do E1 EESC USP; XR. Na sequência, são apresentados os procedimentos metodológicos e os resultados preliminares alcançados.

2. A EDUCAÇÃO PATRIMONIAL E O PATRIMÔNIO MODERNO

As práticas educacionais ligadas ao patrimônio cultural estavam presentes no Brasil, desde o século XIX, sobretudo em museus históricos, conforme lembram Chagas (2006) e Scifoni (2016). Nas últimas décadas, no entanto, as ações sob o rótulo da Educação Patrimonial se ampliaram e serviram a diversos tipos de instituições tais como escolas, órgãos públicos e de preservação, entidades privadas, movimentos populares e organizações da sociedade civil (IPHAN, 2016).

A "educação patrimonial", como um método específico aplicado à preservação, foi introduzida no Brasil nos anos 1980, em particular, em 1983, por ocasião do 1º Seminário sobre o "Uso Educacional de Museus e Monumentos", organizado pelo Museu Imperial, em Petrópolis, no Rio de Janeiro (HORTA et al., 1999). Conforme os autores, o termo "educação patrimonial" foi baseado nas experiências inglesas denominadas *heritage education*, constituindo-se como "uma prática metodológica em torno dos patrimônios" (HORTA et al., 1999, p. 05).

Desde então, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), órgão ao qual o Museu Imperial esteve subordinado até a criação do Instituto Brasileiro de Museus (Ibram), em 2009, teve um papel destacado na trajetória da educação patrimonial, como descrevem os trabalhos Oliveira (2011), Biondo (2005) e Siviero (2015).

A "Educação patrimonial", segundo o próprio Iphan (2013), é uma metodologia que permite o conhecimento por meio da prática. Ou seja, toda vez que as pessoas se reúnem para construir e dividir novos conhecimentos, investigar algo para conhecer melhor, entender e transformar a realidade que nos cerca, estamos falando de uma ação educativa. Quando fazemos tudo isso, levando em conta alguma coisa que tenha relação com nosso patrimônio cultural, então estamos falando de Educação Patrimonial (Iphan, 2013).

A expressão ganhou projeção nacional, nos anos 1990, com a publicação do Guia Básico de Educação Patrimonial do Iphan (HORTA; GRUNBERG; MONTEIRO, 1999). Entretanto, como indica Scifoni (2016), "contraditoriamente, também gerou forte recusa" devido à formatação da metodologia.

> (...) o Guia qualifica a expressão como uma determinada metodologia, aquela que é proposta na publicação, limitando, assim, as possibilidades de compreendê-la como aquilo que designa um campo de atuação e que pode, portanto, contemplar variadas e inúmeras metodologias. (SCIFONI, 2016, p. 16)

As críticas feitas ao Guia se desdobraram na afirmação de outras denominações para essa mesma área, como: educação patrimonial, ação educativa, ação museal, educação para o patrimônio, entre outras. Mesmo com nomes diferentes, a perspectiva era a mesma, ou seja, de um trabalho educativo voltado à mobilização de saberes em torno do patrimônio, memória e herança cultural, tanto em espaço da educação formal como informal (GRINSPUM, 2000, pp. 18-9).

> Ao mesmo tempo em que o termo Educação Patrimonial (...) refere-se a questões conceituais, costuma-se associá-lo a um princípio metodológico baseado nas seguintes etapas: observação, registro, exploração e apropriação. Essas etapas não

> são compartimentadas e muitas vezes se confundem umas com as outras. O objetivo final é explorar e utilizar todo o potencial que os bens culturais preservados oferecem como recursos educacionais, desenvolvendo as habilidades de observação, análise, atribuição de sentidos, contextualização e valorização do patrimônio. (GRINSPUM, 2000, p. 19)

A educação patrimonial não possui uma única metodologia engessada, mas sim metodologias que podem se valer das etapas inicialmente propostas ou não. Verifica-se a ampla utilização de atividades educativas vinculadas ao patrimônio cultural e muitas experiências exitosas.

Uma importante etapa para a educação patrimonial é a visita ao bem patrimonial, nesse sentido, os recursos tecnológicos de HBIM e XR configuram uma oportunidade de visitação virtual que merece ser explorada, dado o seu potencial de democratização ao acesso às edificações de interesse históricas. Tais recursos também podem ser utilizados complementarmente às visitas presenciais, disponibilizando informações técnico-construtivas não visíveis diretamente.



Figura 1: Fotografia tirada durante a construção do edifício em 1952 (esquerda) e fotografia atual. Fonte: Autoria não identificada, acervo EESC USP (esquerda) e acervo dos autores, 2019 (direita).

O objeto de estudo desta pesquisa é o edifício E1, sede da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo foi projetado por Hélio Duarte e Ernest de Carvalho Mange, na primeira metade da década de 1950 (ACRÓPOLE, 1959), Figura 1. O edifício é um dos blocos projetados por Duarte, que também foi responsável pelo projeto do campus de São Carlos, que originalmente foi projetado com seis edifícios iguais ao E1, daí seu nome (ACRÓPOLE, 1959). Entretanto, o E1 foi o único exemplar construído. Trata-se de uma obra singular do Movimento Moderno brasileiro, sobretudo por sua contribuição para o debate da industrialização das construções no país, como indicam Cláudia Araújo (2004) e Ana Luiza Nobre (2007).

Como aponta Carlos Roza Jiménez (In: GÚTIEZ, 2015), arquiteto e diretor da Escola de Arquitetura de Málaga (ESP), o valor pedagógico da obra arquitetônica construída agrega valores culturais e sociais de seu patrimônio e faz parte da educação continuada do arquiteto. Essa educação sensorial agrega uma dimensão pedagógica ao edifício e lhe dá o valor de documento histórico.

> Praticamente não há um grande professor de arquitetura do Movimento Moderno que não tenha enfrentado o desafio de projetar uma peça educacional. Mas suas

> implicações também transcenderam o debate urbano do século XX, desde a primazia da escola como equipamento vital e centro de referência do bairro, até a explosão do Campus Universitário, impulsionada pelo crescente desenvolvimento tecnológico após o Segunda Guerra Mundial (GÚTIEZ, 2015, p. 12).

A memória, como outras fontes, apresenta suas próprias formas de representação. Nesse caso, representações sobre o passado próximo ou longínquo. As memórias de vida, sempre seletivas, como nos lembra Ecléa Bosi (2010), substituem e dão significado à própria vida e experiências para os idosos, mas também para os mais jovens, que conectam os indivíduos com as heranças culturais de seus antepassados.

No E1, Hélio Duarte, aplicou os conceitos espaciais de uma nova pedagogia traduzida em espaços flexíveis, que havia adquirido após longo tempo de trabalho com o intelectual e educador brasileiro Anísio Teixeira (1900-1971), que amplificou no país os pressupostos do movimento da Escola Nova, que pretendia formar cidadãos críticos, com capacidade de julgamento.

O E1, como edifício escolar, é um espaço que permite reconhecer o debate educacional à época, propiciando reflexões sobre o próprio modo de ensinar e aprender, alargando o sentido de patrimônio cultural e contribuindo para o debate da educação patrimonial.

Comumente, a visita ao imóvel para reconhecimento do patrimônio cultural, nas experiências de educação patrimonial, é realizada *in loco* (IPHAN, 2016). Ou seja, paralelamente à valorização da edificação, cria-se a consciência quanto à relevância de sua salvaguarda e manutenção. Evidencia-se o zelo pelo patrimônio arquitetônico que registra, ao longo do tempo, as transformações e permanências em nossas cidades, bem como relembra a história e os costumes do lugar (LE GOFF, 1998).

3. *EXTENDED REALITY*

Os recentes desenvolvimentos nas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) fornecem uma riqueza de recursos para a educação patrimonial. Apesar disso, esses recursos pouco são aplicados no patrimônio arquitetônico brasileiro, cuja documentação e registros históricos muitas vezes estão dispersos em diferentes instituições, tornando muito complexo o processo de obtenção das informações originais (CANUTO; MOURA; SALGADO, 2016). Para resolver essa questão e ainda possibilitar a visualização de edifícios inacessíveis e até mesmo facilitar a visualização de informações, os recursos que as XR oferecem merecem ser explorados.

A XR pode ser compreendida como uma ampliação da capacidade sensorial humana, permitindo a visualização de informações adicionais à realidade (LEE; YOO, 2021). Seu conceito expande o conceito de Realidade Misturada (MILGRAM et al., 1995), abarcando também o ambiente virtual, Figura 2.

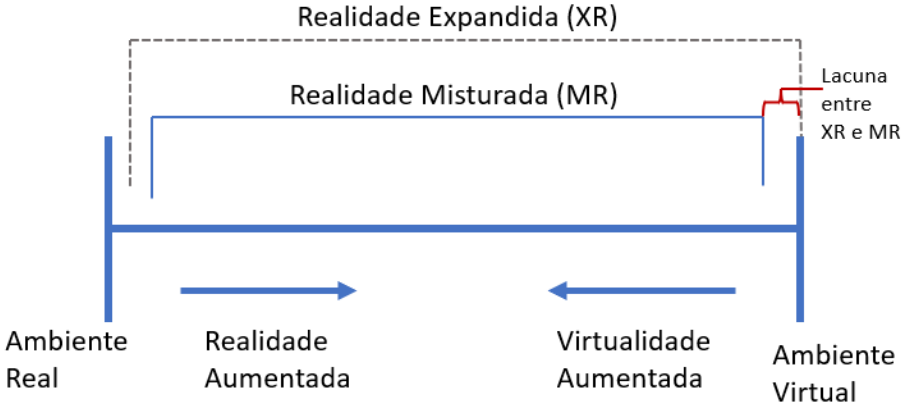


Figura 2: Conceito de XR expande o de MR de Milgram et al. (1995). Fonte: Adaptado de (LEE; YOO, 2021).

Diferentemente de modelos físicos, modelos virtuais podem ser exatos em qualquer escala; eles são gravados e carregados na forma digital, podendo ser automaticamente detalhados e analisados de maneiras que não são possíveis com modelos físicos em escala (EASTMAN et al., 2011). Um dos usos dos modelos *Building Information Modeling* é de realizar simulações de VR e AR (SUCCAR; SALEEB; SHER, 2016). É evidente as vantagens que estas tecnologias podem proporcionar para o campo da arquitetura, em especial para a educação patrimonial. Tais tecnologias merecem ser exploradas para esse fim, pois permitem o acesso a edificações que estão distantes ou inacessíveis, facilitam a visualização de informações adicionais e, através da reconstrução virtual, permitem a visitação a edificações já não existentes.

Entende-se por VR um ambiente digital, sintético, concebido por computador, em que experiências podem permitir interações realistas com o usuário (JERALD, 2016). O envolvimento do usuário com a aplicação pode ser incentivado pela adoção de ambientes virtuais realistas que possibilitem modificações, permitindo assim, a visualização, manipulação e exploração do espaço, estimulando os sentidos (KIRNER; SISCOUTO, 2007). Nesse sentido, quanto mais naturalidade em relação aos movimentos corporais, mais intuitiva é a interação com o ambiente virtual.

Um ambiente em VR pode simular lugares de mundos reais ou imaginários, levando à percepção de estar fisicamente presente em um mundo não-físico. A VR se baseia em três princípios básicos: “imersão, Interação e Envolvimento do usuário com o ambiente e a narrativa, os quais oferecem um potencial muito alto em educação, tornando o aprendizado mais motivador e envolvente” (FREINA; OTT, 2015).

Um dos aspectos mais importantes para a interface é a interação com o usuário (JERALD, 2016). O nível de interação depende da capacidade do computador de captar e reagir às ações do usuário respondendo e aplicando as mudanças. Essas mudanças de cena em tempo real, como resultado de seus comandos e movimentos junto com um ambiente realista, tornam a relação com a realidade virtual muito mais rica e natural, o que gera um maior engajamento.

Em relação à imersão, a VR pode ser classificada como imersiva ou não imersiva. Quando visualizada em modo janela, ou seja, o usuário interage com o ambiente por meio de imagens exibidas em tela é

caracterizada como não imersiva (KIRNER; KIRNER, 2011). Quando a interação ocorre por meio do uso de dispositivos multissensoriais, como Head Mounted Displays (HMDs), luvas com sensores inerciais ou *joysticks* é considerada imersiva. De modo geral, a imersão está relacionada à sensação de "estar" em um ambiente simulado (WENDT, 2011) e essa sensação pode ser alcançada por meio de sistemas de visualização e interação que permitem a exploração do ambiente virtual por meio de sensores.

Já a AR, em vez de proporcionar a imersão em um ambiente completamente simulado, insere elementos virtuais no ambiente real, misturando o mundo real com dados sintéticos. Vale considerar que uma condição para AR é que os elementos virtuais sejam adicionados ao mundo físico em tempo real (WANG, 2007; CUPERSCHMID, 2016).

Nas aplicações de AR os elementos reais são sobrepostos por informações virtuais e vice-versa. A integração em tempo real da realidade com a virtualidade, proporciona a visualização e a interação com elementos reais assim como virtuais simultaneamente. Busca-se com AR combinar a realidade com a virtualidade de maneira que sejam indistinguíveis um do outro (BILLINGHURST; KATO, 2002). Essa combinação busca ampliar a percepção do usuário (HANZL, 2007; KALKOFEN; MENDEZ; SCHMALSTIEG, 2009).

Enquanto na VR é necessário desenvolver todos os elementos que compõem o ambiente virtual, a AR se apropria do mundo real para inserir elementos virtuais, criando uma cena misturada (BIMBER; RASKAR, 2005). Com isso, há uma redução no esforço de desenvolvimento do sistema.

Como a VR e a AR são tecnologias que apoiam o processo de projeto, a comunicação de propostas e a difusão de informações, várias pesquisas têm explorado seus usos. A pesquisa de Wang et al. (2014) mostrou a utilização do modelo BIM junto com a VR para a criar um ambiente virtual adaptável com o propósito de dar orientações, em tempo real, a uma situação em que há a necessidade de evacuação do prédio por conta de incêndio. Os autores apontaram que a VR também tem potencial para ser utilizada na parte de projeto arquitetônico onde pode ocorrer o envolvimento do público final, auxiliando os profissionais a planejarem de modo que seja mais confortável para quem irá morar e utilizar do edifício.

Segundo Azhar (2017) a VR na arquitetura pode ajudar na visualização do local onde arquitetos, engenheiros, e construtores vão trabalhar prevenindo possíveis riscos. O autor afirma que mesmo com leis rigorosas sobre segurança do trabalho, os casos de fatalidades não diminuíram significantemente, por isso o uso dessas tecnologias de visualização como BIM e VR imersiva estão se tornando muito presentes como preventivos. Assim, a VR pode ser utilizada para reconhecer riscos antes da fase de construção.

Du et al. (2018) evidenciam a dificuldade de realizar a conversão manual de um modelo BIM para o RV, ressaltando o tempo consumido para isso. Os autores propõem uma sincronização em tempo real de BIM e VR onde se atualiza o modelo BIM e as alterações no *headset* de VR simultaneamente e automaticamente, aumentando a eficiência e facilitando seu uso.

Motamedi et al (2017) propõem um sistema de análise e otimização da visibilidade da sinalização utilizando um modelo BIM e um software de jogo para a simulação de movimentação de pedestres.

Juntando essas duas tecnologias pôde-se criar uma ferramenta que analisa a eficiência das sinalizações e propicia um ambiente em VR para sua visualização. O sistema desenvolvido auxilia gerentes a analisar (pela visualização ou utilizando dados estatísticos) a visibilidade das sinalizações, propiciando averiguar qual localização mais apropriada.

A integração de HBIM com VR e AR foi experimentada por Canuto, Moura e Salgado (2016) para a documentação do painel da fachada da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal do Rio de Janeiro- FAU UFRJ. O modelo HBIM foi desenvolvido baseado na documentação existente, na fotogrametria e no escaneamento a laser. Posteriormente, para AR foi utilizando um sistema comercial e para VR, uma *engine* de jogos permitiu a criação de um ambiente virtual. O foco da pesquisa foi a visualização da geometria do modelo nestas realidades, sem inserção de dados não geométricos ou mecanismos de interação. Essa estratégia ofereceu o registro completo da edificação mas, conforme apontado por Canuto, Moura e Salgado (2016), tem potencial para integrar as informações documentais com a experiência imersiva.

Em síntese, os sistemas de XR podem ser utilizados para elaborar experiências que evidenciem a qualidade espacial da arquitetura e da edificação, facilitando a comunicação com o público.

4. MÉTODOS

A partir de um estudo de caso desenvolvido em um contexto maior de pesquisa do edifício E1, este artigo é uma investigação exploratória que associa HBIM e XR para visita virtual, como uma primeira etapa para educação patrimonial apoiada em TICs. O trabalho parte do conceito e das estratégias de educação patrimonial e tem como recorte o estudo de propostas de XR como suporte a visitas virtuais.

Para tanto, foi necessário realizar diversos estudos anteriores, Figura 3. Primeiramente, foi planejada a modelagem do edifício. Para tanto, dados históricos foram levantados, incluindo o projeto arquitetônico original, documentos, fotografias, alterações realizadas e identificação das fases de construção para elaboração de um inventário (CERÁVOLO; CUPERSCHMID; FABRÍCIO, 2020; CERÁVOLO et al., 2022). As informações gráficas foram obtidas através de medições diretas (com trena) (FIALHO; COSTA; FABRICIO, 2018; COSTA et al., 2019; CERÁVOLO et al., 2022)e fotogrametria aérea (FRANCO JÚNIOR; COSTA; FABRICIO, 2018). Posteriormente, coletou-se dados diagnósticos para inserção no modelo, propondo um Modelo Diagnóstico (*Diagnostic Model*) (SILVA et al., 2022). Com base nessas informações, o modelo BIM do edifício é composto pela arquitetura, estrutura, fases históricas e dados diagnósticos.

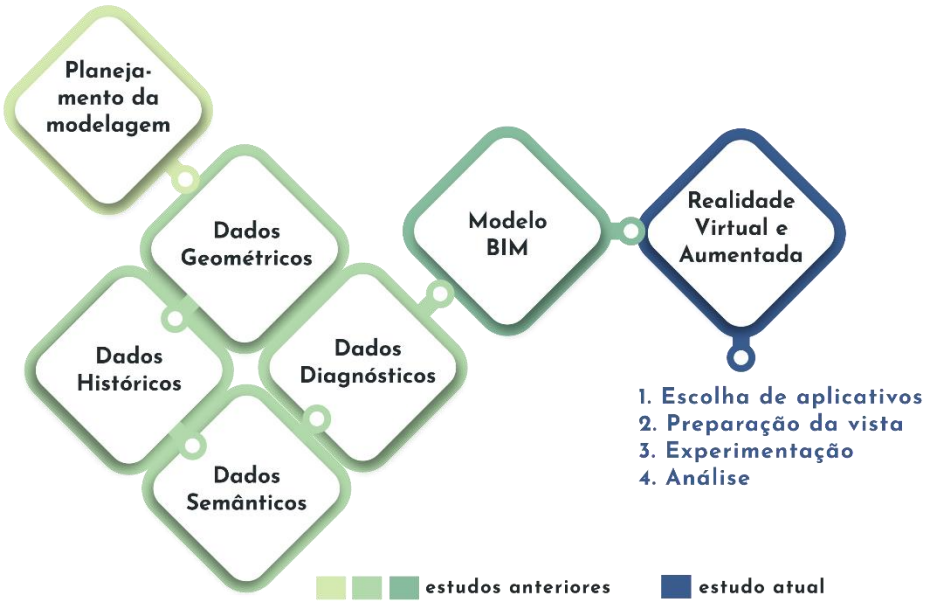


Figura 3: Fluxo geral de pesquisa envolvendo o E1, destacando o estudo atual. Fonte: Autores.

A partir do modelo BIM previamente desenvolvido, no software Autodesk Revit (AUTODESK, 2021), foram elaboradas aplicações de XR. Inicialmente, foi realizada uma investigação de possíveis aplicativos que pudessem dar suporte às ações educativas desejadas.

Para utilização do modelo BIM em XR, foi necessário preparar uma vista 3D do modelo de forma a exibir a arquitetura, a estrutura e as fases históricas, incluindo a primeira e segunda fases da construção e a fase atual. Em seguida, buscou-se ferramentas que pudessem apresentar informações desse modelo em XR. Para a AR foi escolhido o aplicativo Augin (AUGIN, 2022) e para a VR o BIMx (GRAPHISOFT, 2021a).

5. XR PARA EDUCAÇÃO PATRIMONIAL

Para AR, o modelo BIM do E1 foi exportado para o aplicativo Augin. A visualização em AR pode ser acessada a partir do *Quick Response Code* (QR code), que aciona o aplicativo e exibe o modelo, Figura 4.

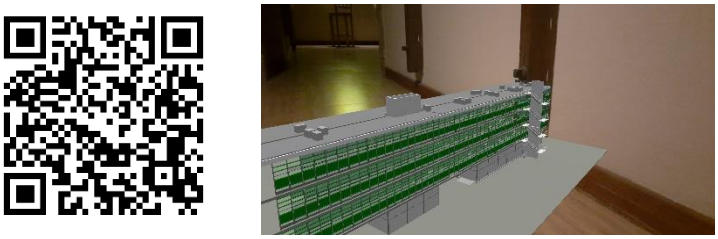
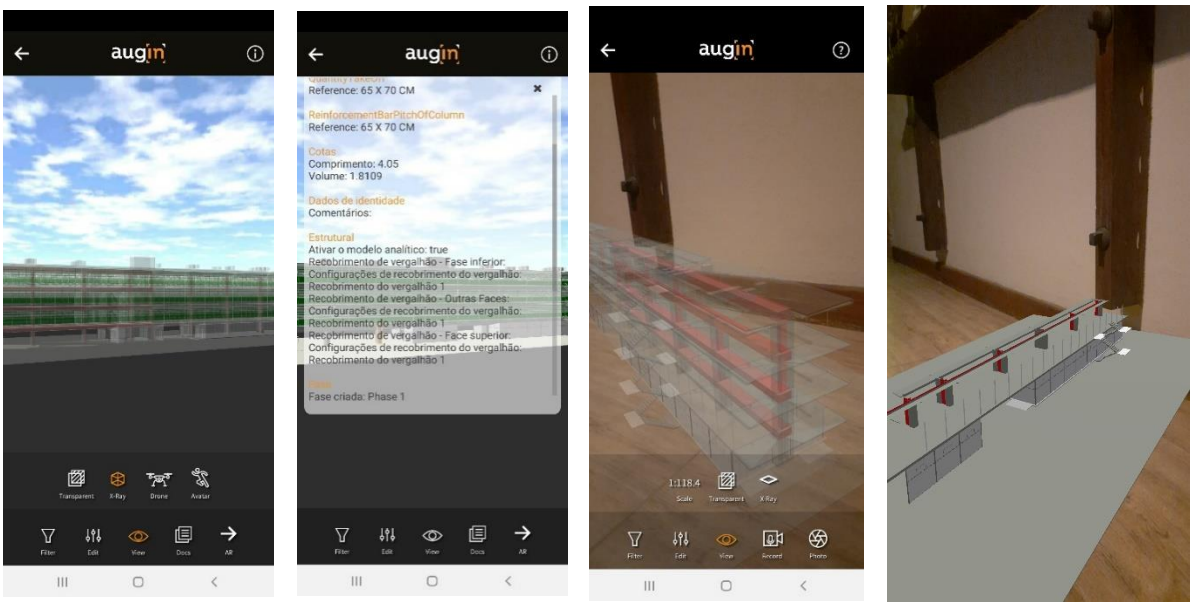


Figura 4: QR code de acesso à AR (esquerda) e E1 visto em AR (direita).
Fonte: QR code disponibilizado por (AUGIN, 2022) e visualização em AR a partir do Augin.

A partir desse QR code, é possível acessar várias informações do E1 e navegar de diversas maneiras (Figura 5 a). O aplicativo dispõe de visualização de informações IFC, assim, ao clicar em algum elemento, pode-se ter acesso às informações como a fase criada, dados estruturais e dimensões (Figura 5 b). Adicionalmente, pode-se acessar a visualização em raio X, o que evidencia os *shafts* da edificação (Figura 5 c). Outra funcionalidade interessante é a possibilidade de realizar cortes na edificação (Figura 5 d).



a b c d

Figura 5: Visualizações do E1 em 3D (a e b) e em AR (c e d). Fonte: Disponibilizado por (AUGIN, 2022)

Para VR, foi necessário exportar o modelo para o formato Industry Foundation Classes (IFC) utilizando o Add-In 'IFC Model Exchange with Archicad for Revit 2021' (GRAPHISOFT, 2021b), recomendado pela Graphisoft para garantir a integridade dos dados no arquivo IFC entre as ferramentas utilizadas. O modelo foi exportado para o BIMx, que por sua vez permite a navegação em VR imersivo. O acesso ao Hiper-modelo BIMx pode ser feito pelo QR code e, a partir disso, é possível navegar em VR utilizando *smartphones* com *headsets* do tipo Cardboard ou no *desktop* utilizando mouse ou *joysticks* para navegação, Figura 6.

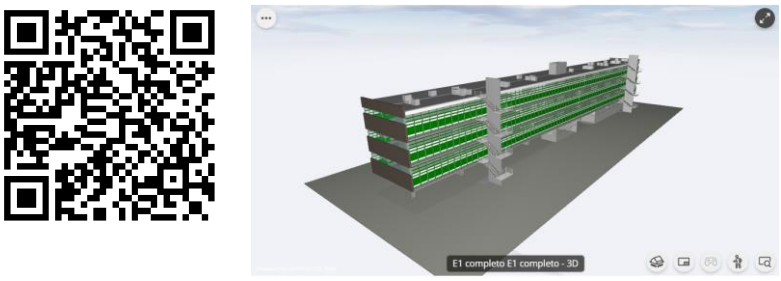


Figura 6: QR code de acesso à VR (esquerda) e E1 visto em VR (direita).
Fonte: Visualização do E1 a partir do sistema BIMx.

Para visualizar em VR a partir de um *headset* do tipo Cardboard é preciso escanear o QR code, fazer *download* do modelo e, a partir do aplicativo BIMx navegar no modelo em escala real em VR, Figura 7. Adicionalmente, as informações dos componentes do modelo HBIM também podem ser acessadas pelo BIMx.

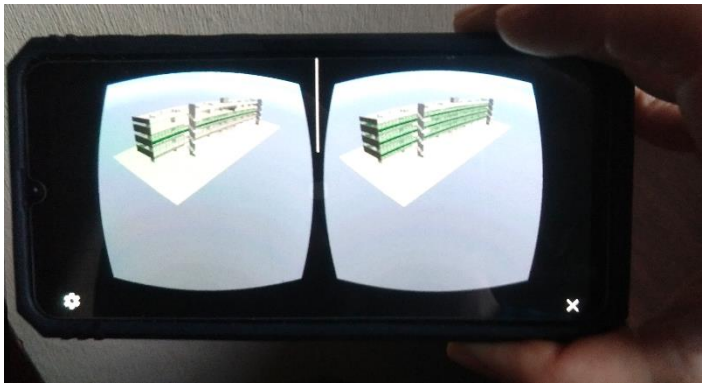


Figura 7: Modo de visualização em VR para *headset* do tipo Cardboard. Fonte: Autores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto, ainda em andamento, pretende reunir o material relevante para a educação patrimonial, inserir as informações no modelo HBIM do edifício E1 e disponibilizar o conteúdo para visitação em XR. O E1 foi escolhido como exemplar de destaque da arquitetura escolar moderna no interior do estado de São Paulo. O edifício, da década de 1950, possui uma proposta construtiva bastante clara, que reflete os princípios modernistas, tanto em relação aos aspectos estéticos quanto construtivos. Por isso, é um bom exemplar para utilização em educação patrimonial com foco no ensino de Arquitetura e Urbanismo.

Paralelamente à valorização da edificação, cria-se a consciência quanto à relevância de sua salvaguarda e manutenção. Evidencia-se o zelo pelo patrimônio arquitetônico que registra, ao longo do tempo, as transformações e permanências em nossas cidades, bem como relembra a história e os costumes do lugar. A educação patrimonial envolve não somente sistematizar um grande volume de material, mas estruturar estratégias de mediação entre os conteúdos realizados no processo ensino-aprendizagem de Arquitetura e Urbanismo e a vivência dos estudantes em visita ao edifício.

O desenvolvimento de XR a partir de modelos HBIM pode propiciar diferentes camadas de compreensão do projeto moderno, das estratégias projetuais adotadas e dos materiais empregados. Especialmente para o edifício E1, foi possível ressaltar nas aplicações de XR desenvolvidas, a arquitetura como projeto e construção, auxiliando a compreensão da concepção projetual baseada na modulação, na organização racional do edifício e na industrialização das construções. Detalhes como os *shafts* visitáveis, desenho dos pilares e caixilhos de vedação são apresentados nos modelos virtuais desenvolvidos de forma a permitir a compreensão destas soluções como parte integrante da proposta arquitetônica do projeto original.

Assim, o estudo realizado demonstrou que a XR tem potencial para utilização na educação patrimonial. Por meio de XR seria possível revelar as diversas fases da edificação (etapas da construção e o estágio atual), detalhes construtivos e as instalações prediais. Esses recursos permitem não só a visitação remota, como também podem enriquecê-la com informações textuais e imagéticas não visíveis a olho nu. Com isso, permitem a apropriação da história e da experiência construtiva do patrimônio.

Uma questão importante a ser considerada é transitoriedade dos aplicativos dado a alterações no modelo de negócios (licença gratuita ou paga), descontinuidade dos aplicativos (devido a fusões, aquisições e falências dos fabricantes), obsolescência tecnológica e outros. O próprio aplicativo Augin, utilizado no estudo, teve a sua licença gratuita suspensa recentemente. Trata-se de um campo de rápida transformação, o que pode comprometer a continuidade de projetos dependentes de tecnologias específicas.

Como próximas atividades da pesquisa, pretende-se aplicar a XR em um contexto amplo de educação patrimonial, abordando as habilidades de observação, análise, atribuição de sentidos, contextualização e valorização do patrimônio com estudantes de Arquitetura e Urbanismo – o que ainda não foi possível avaliar devido às questões sanitárias atuais.

REFERÊNCIAS

ACRÓPOLE. “Escola de Engenharia de São Carlos”. Acrópole, São Paulo, n. 249. p.: 324- 329, jul.- ago., 1959.

AUGIN. Home. Disponível em: <https://augin.app/>. Acesso em: 24 set. 2021.

AUTODESK. RevitAutodesk, 2021. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview>. Acesso em: 19 ago. 2021

AZHAR, S. Role of Visualization Technologies in Safety Planning and Management at Construction Jobsites. Procedia Engineering, v. 171, p. 215–226, 2017.

BILLINGHURST, M.; KATO, H. Collaborative Augmented Reality. Commun. ACM, v. 45, n. 7, p. 64–70, jul. 2002. ISSN 0001-0782. DOI 10.1145/514236.514265. Disponível em: https://doi.org/10.1145/514236.514265

BIMBER, O.; RASKAR, R. Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds. 1. ed. New York: A K Peters/CRC Press, 2005. DOI 10.1201/b10624.

BIONDO, F. Desafios da Educação no Campo do Patrimônio Cultural: Casas do Patrimônio e Redes de Ações Educativas. Dissertação (Mestrado em Preservação do Patrimônio Cultural) – Iphan, Rio de Janeiro, 2015.

BOSI, E. Memória e sociedade. Lembrança de velhos. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução. Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1998.

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

CHAGAS, M. Educação, museu e patrimônio: tensão, devoração e adjetivação. Dossiê Educação Patrimonial, n. 3, Iphan, jan./fev. 2006.

CUPERSCHMID, A. R. M. Realidade Aumentada. In: BRAIDA, F. et al. (Eds.). . 101 Conceitos de Arquitetura e Urbanismo na Era Digital. 1. ed. São Paulo: ProBooks, 2016. p. 256.

DU, J. et al. Zero latency: Real-time synchronization of BIM data in virtual reality for collaborative decision-making. Automation in Construction, v. 85, p. 51–64, 2018.

EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. 2. ed. [s.l.] Wiley Publishing, 2011.

FREINA, L.; OTT, M. A Literature Review on Immersive Virtual Reality in Education: State Of The Art and Perspectives. eLearning and Software for Education (eLSE). Anais...Editura Universităţii Naţionale de Apărare, 2015

GRAPHISOFT. Add-in for Revit. Disponível em: <https://graphisoft.com/downloads/interoperability>. Acesso em: 20 ago. 2021b.

GRAPHISOFT. BIMx model transfer. Disponível em: <https://bimx.graphisoft.com/>. Acesso em: 30 set. 2021a.

GRINSPUM, D. Educação para o patrimônio. Museu de Arte e escola. Responsabilidade compartilhada na formação de públicos. Doutorado (Tese em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. 2000.

GRUNBERG, E. Manual de atividades práticas de educação patrimonial. Brasília: IPHAN, 2007.

GÚTIEZ, A. C. (org.). A arquitectura do Movimiento Moderno e a educação. Actas do VIII Congresso DOCOMOMO Ibérico. Anais [...] Málaga: Instituto del Patrimonio Cultural de España / Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2015.

HANZL, M. Information technology as a tool for public participation in urban planning: a review of experiments and potentials. Design Studies, v. 28, n. 3, p. 289–307, 2007.

HORTA, M. de L. P. Fundamentos da Educação Patrimonial. Revista Ciências & Letras, n°27, Porto Alegre: FAPA, 2000. P.25-35. (Texto no xerox)

HORTA, M.L.P.; GRUMBERG, E.; MONTEIRO, A.Q. Guia Básico de Educação Patrimonial. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, Museu Imperial, 1999.

IPHAN (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL). Educação Patrimonial no Programa Mais Educação: Manual de Aplicação. Brasília: Iphan, 2013.

IPHAN (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL). Educação Patrimonial: Inventários Participativos: Manual de Aplicação. Brasília: Coordenação de Educação Patrimonial/Iphan, 2016.

JERALD, J. The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool, 2016.

KALKOFEN, D.; MENDEZ, E.; SCHMALSTIEG, D. Comprehensible Visualization for Augmented Reality. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, v. 15, n. 2, p. 193–204, mar. 2009.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Development of an Educational Spatial Game using an Augmented Reality Authoring Tool. International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications, v. 3, p. 602–611, 2011.

KIRNER, C.; SISCOUTO, R. Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada. In: KIRNER, C.; SISCOUTO, R. (Eds.). . Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações. Porto Alegre: Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), 2007. p. 02–21.

LEE, Y.; YOO, B. XR collaboration beyond virtual reality: work in the real world. Journal of Computational Design and Engineering, v. 8, n. 2, p. 756–772, 2021.

LE GOFF, Jacques. Por amor às cidades. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998.

MILGRAM, P. et al. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. (H. Das, Ed.) Telemanipulator and Telepresence Technologies. Anais...SPIE, 1995Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.197321>

NOBRE, A. L. Módulo só: o Edifício E 1, em São Carlos, de Ernest Mange e Hélio Duarte. Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), no. 5, 2007, pp. 22-32. https://doi.org/10.11606/issn.1984-4506.v0i5p22-32.

SCIFONI, S. Desafios para uma nova educação patrimonial. Revista Teias, v. 18, n. 48 (Jan.-Mar., 2017): Políticas e Prátivcas de Educação Patrimonial no Brasil e na América, pp. 05-16. Disponível em https://www.e-publicacoes.uerj.br/ index.php/revistateias/article/view File/25231/19932.

SIVIERO, F. Educação e patrimônio cultural: uma encruzilhada nas políticas públicas de preservação. Revista CPC, n. 19, p. 80-108, jun. 2015.

SUCCAR, B.; SALEEB, N.; SHER, W. Model Uses: Foundations for a Page 2 of 12 Modular Requirements Clarification Language. Australasian Universities Building Education (AUBEA2016). Anais...Cairns, Australia: 2016

WANG, B. et al. BIM based virtual environment for fire emergency evacuation. Scientific World Journal, v. 2014, 2014.

WANG, X. Exploring an Innovative Collaborative Design Space through Mixed Reality Boundaries. 2007 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design. Anais...abr. 2007

WENDT, G. W. Tecnologias de interface humano-computacional: realidade virtual e novos caminhos para pesquisa. Archives of Clinical Psychiatry (São Paulo), v. 38, p. 211–212, 2011.

FOTOGRAMETRIA DIGITAL ALIADA ÀS REALIDADES VIRTUAL E AUMENTADA NA DOCUMENTAÇÃO PATRIMONIAL

Digital photogrammetry allied to Virtual and Augmented Reality in heritage documentation

Ariane Magda Borges

Doutoranda, UFBA/UFG, arianeborges@ufg.br

Natalie Johanna Groetelaars

Doutora, UFBA, natgroet@ufba.br

Arivaldo Leão de Amorim

Doutor, UFBA, alamorim@ufba.br

Resumo

A documentação do patrimônio cultural é um meio de contribuir com a preservação da memória e identidade de um povo ou sociedade. A fotogrametria digital através da técnica *Dense Stereo Matching* revela-se como um método eficaz e de baixo custo no levantamento de bens patrimoniais, particularmente nos casos em que há geometrias irregulares e complexas. Contudo, produtos desse processo costumam resultar em arquivos pesados, dificultando o seu armazenamento, manipulação e compartilhamento. Diante disto, uma das etapas de pós-processamento é a conversão do modelo de pontos em um modelo de superfícies ou de sólido, mais leves, que favorecem a divulgação por meio de tecnologias como Realidade Virtual (RV) ou Realidade Aumentada (RA). Este artigo apresenta alguns dos conceitos envolvidos na aplicação de um *workflow* que une fotogrametria, modelagem geométrica e disponibilização do modelo em repositórios digitais associados a RA/RV, em um estudo de caso realizado em um coreto de Goiás – GO.

Palavras-chave: Documentação do Patrimônio; Fotogrametria digital; Realidade Virtual; Realidade Aumentada; Modelagem geométrica

Abstract

The documentation of cultural heritage is a means of contributing to the preservation of the memory and identity of a people or society. Digital photogrammetry using the Dense Stereo Matching technique reveals itself as an effective and low-cost method for surveying heritage assets, particularly in cases where there are irregular and complex geometries. However, products of this process often result in cumbersome files, making them difficult to store, manipulate and share. Therefore, one of the post-processing steps is the conversion of the point model into a lighter surface or solid model, which favors dissemination through technologies such as Virtual Reality (VR) or Augmented Reality (AR). This article

presents some of the concepts involved in the application of a workflow that unites photogrammetry, geometric modeling and the availability of the model in digital repositories associated with RA/VR, in a case study carried out in a bandstand in Goiás – GO.

Keywords: *Digital photogrammetry; Heritage Documentation; Virtual Reality; Augmented Reality; Geometric modeling*

1. INTRODUÇÃO

A documentação do patrimônio cultural é uma importante ação que contribui para sua divulgação e valorização, e por conseguinte para a preservação. A palavra "patrimônio", está relacionada ao conceito de herança, isto é, implica em vínculo e pertencimento. De acordo com a Carta de Londres (2009), o conceito de patrimônio cultural abrange todos os domínios de atividade humana que se preocupam com a comunicação da cultura material e intelectual.

Um dos grandes desafios no que diz respeito à preservação do patrimônio cultural é encontrar meios para a sua valorização, pois é somente quando os bens culturais (material ou imaterial) evocam memórias e afirmam a identidade de um povo ou sociedade é que passam a ser reconhecidos como tal. O primeiro passo para a preservação do patrimônio é justamente que ele seja assim reconhecido, não somente pelos órgãos responsáveis pela sua gestão, mas principalmente pela comunidade ao qual pertence. Acredita-se que os avanços das tecnologias aplicadas à documentação e à divulgação podem contribuir de forma direta e indireta para despertar o interesse da população pela história e pela manutenção dos bens patrimoniais.

A Carta de Londres (2009) estabelece alguns princípios para a visualização computacional do patrimônio cultural e chama a atenção para a importância de se apresentar uma documentação com informação suficiente que permita a correta compreensão e avaliação do modelo digital produzido no processo, e que atenda aos propósitos para os quais foram realizados. Além disso, ela também afirma que a criação e a divulgação da visualização computacional devem ser executadas de modo a assegurar o máximo possível de benefícios para o estudo, compreensão, interpretação, preservação e gestão do patrimônio cultural. A documentação passa a ser eficaz em seu propósito de contribuir para a preservação da memória, no momento em que se torna pública. Por esse motivo, compreende-se neste trabalho que lançar mão de técnicas como fotogrametria digital e modelagem geométrica associadas à aplicação de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), pode culminar em um processo documentação patrimonial mais profícuo, sobretudo na intenção de alcançar o público nativo digital, geração que nasceu e cresceu em convivência com as tecnologias digitais.

O presente artigo apresenta uma síntese dos conceitos e das técnicas referentes ao *workflow* que une processos automatizados para restituição fotogramétrica digital, modelagem geométrica e RV/RA aplicados na documentação e divulgação do patrimônio cultural; além de

um estudo de caso onde o *workflow* é aplicado em um coreto eclético da cidade de Goiás, no estado de Goiás (GO).

2. FOTOGRAMETRIA DIGITAL - DENSE STEREO MATCHING (DSM)

As técnicas de documentação de bens patrimoniais são diversas e têm um papel muito importante na preservação do patrimônio. Segundo Oliveira (2008, p. 9), com o cadastro "[…] deixa-se para a posteridade não somente o resgate de um patrimônio da nossa memória, como também o testemunho iconográfico daquilo que se encontrou inicialmente, acrescido da indicação dos achados arqueológicos verificados e de novas informações encontradas no decorrer dos trabalhos." Com o avanço tecnológico, o escopo dos métodos de cadastro foi ampliado pelo desenvolvimento de métodos digitais de aquisição, processamento e armazenamento e divulgação de dados e informações. No entanto, para a escolha do método a ser utilizado, é importante ter em vista o tipo de produto que se pretende obter, pois a definição da técnica, ou combinação delas, depende da finalidade a qual se destina. A esse respeito, Groetelaars (2015, p. 53) destaca: "[…] o tempo e o custo destinados a cada atividade e, consequentemente, o conteúdo da documentação, irão variar de acordo com a natureza dos objetos a serem registrados e com as circunstâncias/finalidades do projeto de documentação."

Groetelaars (2004) apresenta a classificação dos métodos de levantamento de formas arquitetônicas e urbanas sob três perspectivas: (1) modo de obtenção dos dados: métodos diretos e indiretos; (2) local de obtenção dos dados: sobre o objeto ou sobre uma imagem; (3) determinação dos pontos de interesse: no levantamento de campo, ou *a posteriori*. A verdade é que muitas vezes é necessário fazer o uso combinado de técnicas para explorar aquilo que cada uma oferece de melhor, e obter produtos mais precisos.

A respeito da fotogrametria digital, Groetelaars e Amorim (2008) afirmam que quando comparada a outros métodos, apresenta vantagens em função do baixo custo, rapidez, precisão e variedade de produtos que podem ser obtidos. Por ser baseada na "[…] correlação automática de conjuntos de *pixels* homólogos em diferentes fotos [...]" (GROETELAARS, 2015, p. 73), a técnica fotogramétrica chamada de *Dense Stereo Matching* (DSM) permite obter vários produtos, dos quais destacam-se: as nuvens de pontos; os modelos em malha triangular irregular (do inglês: *Triangular Irregular Network* – TIN); e os modelos de superfícies texturizados. Estes produtos também podem ser obtidos por meio da varredura a laser, mas o DSM tem o baixo custo como diferencial.

As principais etapas de um levantamento fotogramétrico são: a tomada fotográfica e o processamento (restituição). Já o processamento no contexto DSM, subdivide-se em cinco etapas: "(1) inserção das fotos; (2) correlação automática das fotografias; (3) reconstrução da geometria preliminar do objeto e da câmera; (4) associação densa de *pixels* homólogos; (5) criação do modelo geométrico na forma de "nuvem de pontos" ou malha TIN (texturizada ou não)" (GROETELAARS, 2015, p. 73).

Os modelos geométricos obtidos como produto da fotogrametria, tais como nuvem de pontos densa e malha TIN geralmente são pesados, especialmente em se tratando de modelos de objetos maiores e mais detalhados, gerado por uma grande quantidade de fotos de alta resolução. Isso pode se tornar um entrave quando se deseja a disponibilização das informações por meio de realidade virtual e/ou realidade aumentada, uma vez que exigirá equipamentos mais sofisticados para interação com o modelo, maior espaço para armazenamento e maior velocidade da conexão. Por esse motivo, faz-se necessário a aplicação de esforços para reduzir o tamanho dos arquivos sem perder a qualidade e clareza das informações geométricas. Deste modo, a modelagem geométrica interativa tendo como referência os produtos obtidos por DSM, apresenta-se como uma boa alternativa para resolver essa questão, embora torne o processo mais lento por ser executado de forma não-automatizada.

3. REALIDADE VIRTUAL E REALIDADE AUMENTADA

De acordo com Kirner e Siscoutto (2007, p. 7), Realidade Virtual é: "[...] uma 'interface avançada do usuário' para acessar aplicações executadas em um computador, propiciando a visualização, movimentação e interação do usuário, em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computadores."

Azuma (1997) define Realidade Aumentada (RA) como sistema que permite ao usuário ver o ambiente real, suplementado por objetos virtuais, geralmente em 3D. Ou seja, a RA também consiste em uma visualização em tempo real de um ambiente físico, mas nesse caso os elementos são aumentados ou suplementados por dados sensoriais como imagem, som, vídeo, gráfico etc. Milgran e colaboradores (1994) tentam estabelecer uma relação entre RV e RA e trabalham com o conceito de Realidade Mista (RM), onde mundos reais e virtuais se misturam em algum ponto da realidade/virtualidade contínua. Além disso, eles também questionam se o termo Realidade Aumentada deveria ser limitado apenas à visão transparente através de monitores tipo *head-mounted displays* (HMD). Ao se observar hoje a tecnologia da RA sendo amplamente utilizada por meio de dispositivos móveis como *tablets* e *smartphones*, para as mais diversas finalidades, o questionamento deles faz todo sentido.

Moreira (2018) trata de alguns requisitos que são necessários a um sistema de Realidade Aumentada, e o uso de programas gráficos é o primeiro deles, pois é o ponto de partida para a configuração do rastreamento e do registro que permitem avaliar a posição do usuário. Para que uma imagem gráfica apareça em seu devido lugar, é necessário saber exatamente onde esse objeto do mundo real está, assim como sua orientação e dimensão. Os pré-requisitos para RA são três: (1) Conhecimento e manipulação de programas gráficos; (2) Técnicas de rastreamento e registro de objetos virtuais; (3) Sistemas de visualização em Realidade Aumentada. Moreira (2018) também apresenta três técnicas de rastreamento em RA: (1) por visualização com uso de marcadores; (2) por visualização sem o uso de marcadores (*markerless augmented reality*); e (3) baseado em sensores.

Os conceitos trabalhados até então estão intimamente ligados à concepção de Ambientes Virtuais Interativos (AVI). E, conforme reforçam Linhares e Groetelaars (2019, p. 33), a geração de modelos geométricos consiste em uma das primeiras etapas no processo de criação de AVI, pois "[...] a modelagem geométrica (3D) tem por finalidade a representação digital de edificações ou sítios de interesse histórico e cultural, que pode ser feita em diferentes níveis de detalhe a depender do objetivo final da aplicação do modelo" e das "[…] características imprescindíveis para o reconhecimento dos mesmos". Pode-se dizer também que o reconhecimento deve acontecer não apenas pela parte humana, como também pela parte da máquina (rastreamento).

4. ESTUDO DE CASO

Para a experimentação das técnicas de documentação (DSM e modelagem geométrica) e divulgação do patrimônio (RV, RA e AVI), optou-se por um coreto eclético (Figura 1) construído em 1920, quando a cidade ainda era a capital do Estado. O piso superior do coreto já foi palco de vários comícios e apresentações culturais na principal praça da cidade, mas nele funciona uma tradicional sorveteria artesanal. A construção tem planta em formato octogonal e está dividida em dois pavimentos: térreo, em alvenaria de adobe; e pavimento superior, com pilares, guarda-corpo e ornamentos em madeira. A cobertura é metálica e a estrutura é feita em madeira.



Figura 1: Coreto da cidade de Goiás - GO. Fonte: Borges (2021).

Voltadas para a praça onde se situa o coreto, estão algumas das principais edificações históricas da cidade (Figura 2): (1) Palácio Conde dos Arcos (antiga sede do governo estadual); (2) Igreja Matriz de Sant'Anna; (3) Edifício da Real Fazenda; (4) Igreja Nossa Senhora da Boa Morte (onde funciona o Museu de Arte Sacra).

A Figura 2 também mostra o contexto do Coreto em relação ao levantamento fotográfico, que foi feito exclusivamente por fotografias terrestres, e, portanto, apresenta alguns obstáculos como postes e árvores que dificultam o registro fotográfico no que diz respeito ao enquadramento da edificação por inteiro, principalmente a parte da cobertura.



Figura 2: Praça do Coreto e entorno: (1) Palácio Conde dos Arcos ; (2) Igreja Matriz de Sant'Anna; (3) Edifício da Real Fazenda; (4) Igreja Nossa Senhora da Boa Morte. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de imagem do Google Maps (c2021).

4.1. Workflow

Apresenta-se nessa seção o *workflow* adotado no experimento. Procurou-se testar diferentes repositórios digitais e diversos formatos para armazenamento e visualização do modelo geométrico do coreto em RV e RA, assim sendo, o *workflow* envolve quatro momentos distintos: (1) Planejamento e tomada fotográfica em campo; (2) Processamento das fotos no software Autodesk Recap Photo; (3) Modelagem geométrica usando a malha TIN como referência no Blender; (4) Armazenamento do modelo para visualização em RV e RA.

A Figura 3 ilustra o *workflow* adotado para as diversas etapas realizadas, associadas às ferramentas utilizadas e aos formatos de arquivos requeridos e/ou admitidos em cada etapa.

(1) Planejamento e tomada fotográfica em campo	(2) Processamento das fotos no *software* Recap Photo	(3) Modelagem geométrica no Blender	(4) Armazenamento do modelo para visualização em RV e RA
	PHOTO	blender	Sketchfab augin hubs
Planejamento a respeito do melhor horário, quantidade, angulação, distanciamento em que as fotos deveriam ser tomadas tendo como base os recursos disponíveis. Tomada fotográfica em campo com a câmera Nikon D3200. Foram levantadas 100 fotos no formato .jpg, com resolução de 6016 x 4000 *pixels*.	Procedeu-se o *upload* das 100 fotos no formato .jpg no Recap Photo e o processamento das mesmas foi realizado na "nuvem", nos servidores da Autodesk. O produto obtido foi uma malha TIN texturizada em formato .rcm. Após editar a malha TIN para a eliminação das partes fora da área de interesse, foi feita a exportação no formato .obj.	Importação do arquivo no formato .obj e modelagem geométrica interativa no Blender, tendo a malha TIN texturizada como referência das formas e dimensões. Exportação da geometria final nos formatos .glb/.gltf e .stl.	Importação do arquivo no formato .glb/.gltf no caso das plataformas Augin e Hubs e .stl e no Sketchfab. Embora o Sketchfab admita vários outros formatos de armazenamento, optou-se pelo formato .stl por ser um formato recomendado para a impressão 3D.

Figura 3: Quadro-síntese do *Workflow.* Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.1. Planejamento e Tomada Fotográfica

O primeiro passo para a realização do experimento foi o planejamento e a verificação dos recursos disponíveis. A intenção original era realizar um levantamento fotográfico por drone associado a fotografias terrestres, mas isso não foi possível. Então, as fotos foram tomadas em três alturas distintas: 1,20; 1,70; e 2,40 m, e para esta última, utilizou-se o tripé da câmera como extensão dos braços e o acionamento automático com temporizador em 10 segundos. A câmera utilizada foi uma Nikon D3200, com resolução de 6.016 x 4.000 *pixels*.

Ainda no momento do planejamento, observou-se que para esta época do ano, há um intervalo compreendido entre as 6 h e 15 min e as 7 h e 30 min da manhã, em que a luz solar incide somente de forma indireta sobre as fachadas e a cobertura do coreto. Desse modo, este horário era o mais propício para a captura de detalhes das fachadas sem a incidência solar direta sobre as superfícies, evitando-se a projeção de sombras ou ofuscamento. Assim sendo, as fotos foram tomadas entre as 6 h e 40 min e as 7 h e 10 min da manhã do dia 13 de maio de 2021. Visando um recobrimento mínimo de 80%, a distância horizontal entre fotos foi de aproximadamente 2,5 m com afastamento em torno de 7,0 m da câmera em relação ao coreto.

4.1.2. Processamento das Fotos

Para restituição, adotou-se o Recap Photo que possui licença educacional. Nele foram utilizadas, ao todo, 100 fotos, que é o limite permitido pelo programa para um único envio. O Recap Photo é uma ferramenta que apresenta um processo bastante automatizado, sendo necessário ao usuário somente carregar as fotos que pretende utilizar e, ao final, baixar a malha TIN texturizada (Figura 4) como produto resultante do processamento, que é feito em "nuvem", nos servidores da Autodesk.

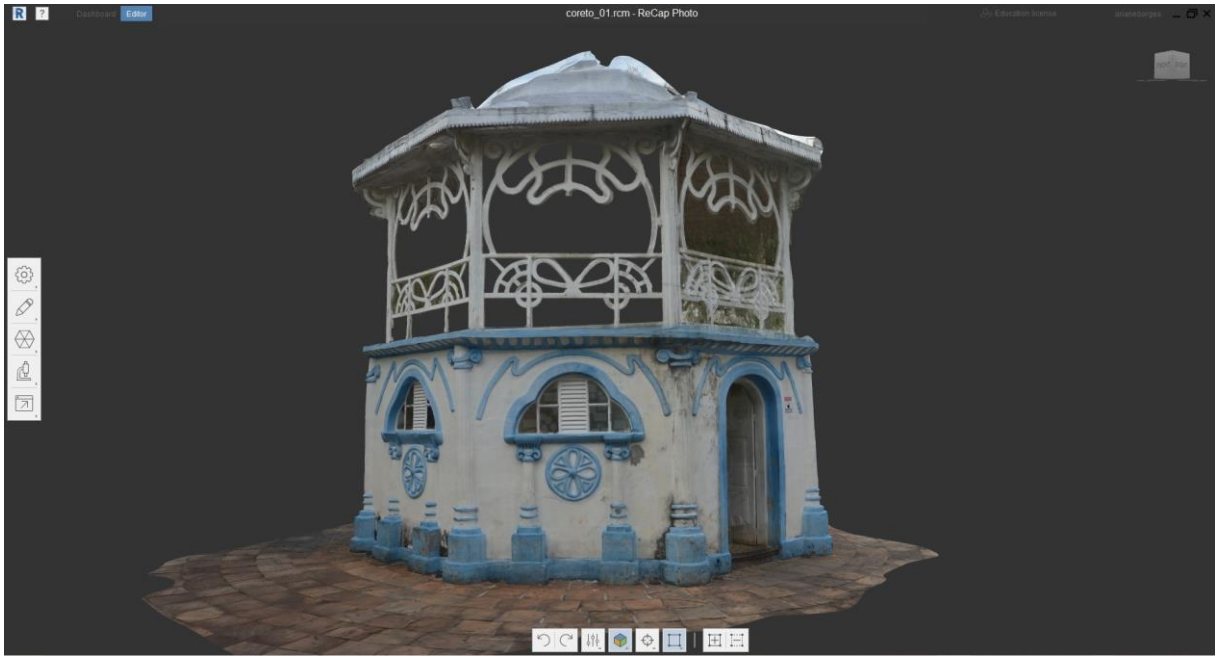


Figura 4: Malha TIN Texturizada no Recap Photo. Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda no Recap Photo é possível fazer ajustes de **edição da malha** como: esculpir, suavizar superfícies ou bordas, preencher vazios, fazer extrusão, recortar e apagar partes que estão fora da área de interesse; além de **recursos de retopologia** como: decimação, retriangulação e subdivisão de planos; **ferramentas de análise**: medição e comparação entre dois modelos; e três tipos de **exportação do arquivo**: imagem, vídeo ou modelo geométrico no formato de malha triangular ou de nuvem de pontos. A exportação do modelo pode ser feita em cinco tipos de formatos diferentes (.obj, .stl, .fbx, .pts, e .ply) no modo avançado; e no modo rápido, onde se configura apenas a qualidade da malha (resolução da textura e quantidade de faces triangulares), é possível exportar em três formatos (.obj, .stl, e .fbx). Destas funcionalidades de edição, antes da exportação no formato .obj, foi feita a eliminação das partes sem interesse.

4.1.3. Modelagem geométrica

O Blender é um software livre que possui uma ampla gama de recursos de modelagem incorporados em seu sistema, tais como: modelagem poligonal; NURBS, bezier e superfícies; modelagem de escultura; modelagem paramétrica; modelagem algorítmica; além da manipulação de nuvem de pontos por meio da instalação do *add-on* Point Cloud Visualizer. Estes são cruciais na modelagem de formas complexas e irregulares, como as que se veem presentes em ornamentos de fachadas ecléticas como a do coreto. Além disso, possui uma grande diversidade de complementos que favorecem a interoperabilidade entre ele e outras ferramentas, pela ampla variedade de formatos possíveis para importação e exportação. A principal limitação em relação à ferramenta advém da falta de expertise do usuário em conhecer os recursos que podem ser executados nele, e os caminhos mais fáceis para se chegar a determinadas soluções. No entanto, existe uma vasta gama de fóruns, vídeos e tutoriais que facilitam seu aprendizado.

A modelagem geométrica no Blender teve início com a importação do arquivo da malha poligonal obtida a partir do Recap Photo no formato .obj. A princípio a textura não acompanhou o arquivo .obj, mas ao se corrigir o erro, refazendo-se a exportação no modo avançado, a textura foi plenamente agregada ao modelo (Figura 5).

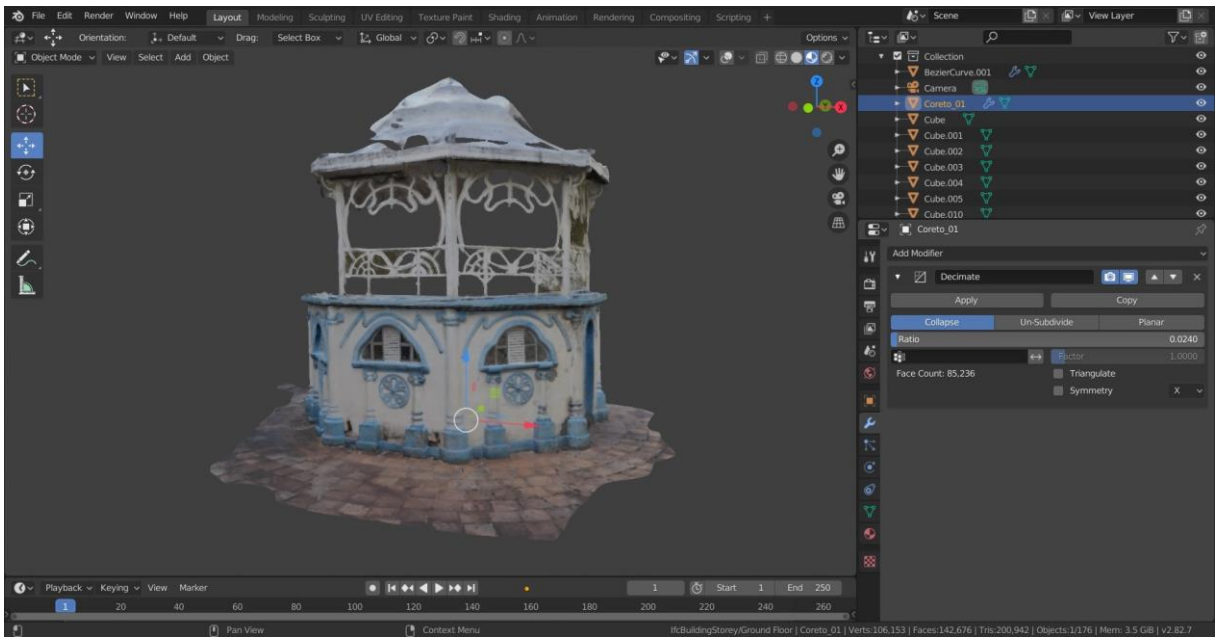


Figura 5: Malha TIN texturizada importada no Blender. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a modelagem do guarda-corpo, dos ornamentos do pavimento superior e de outras formas curvas, foram utilizados os seguintes procedimentos: com o comando "*import as a plane*" (*add-on* que já vem instalado na versão 2.82), importam-se ortofotos como planos, depois desenham-se as curvas bezier sobre elas, em seguida, usa-se o comando "*solidify*" para dar espessura às curvas. A malha TIN tem a especial função de auxiliar na determinação das

profundidades dos elementos que sobressaem do plano das paredes, assim como a visualização do diâmetro dos cilindros que representam as colunas.

A cobertura foi outro elemento que demandou criatividade para a sua resolução, pois apresenta um perfil com curvas em parte côncava e em parte convexa. Para extrair o perfil, utilizou-se uma secção da parte mais íntegra da malha TIN na parte superior; em seguida desenhou-se a silhueta da cobertura com curvas bezier e agregou-se espessura em "*solidify*"; por fim, com o comando "*screw*", foi criada a superfície de revolução com oito lados, correspondentes à forma do coreto (Figura 6).

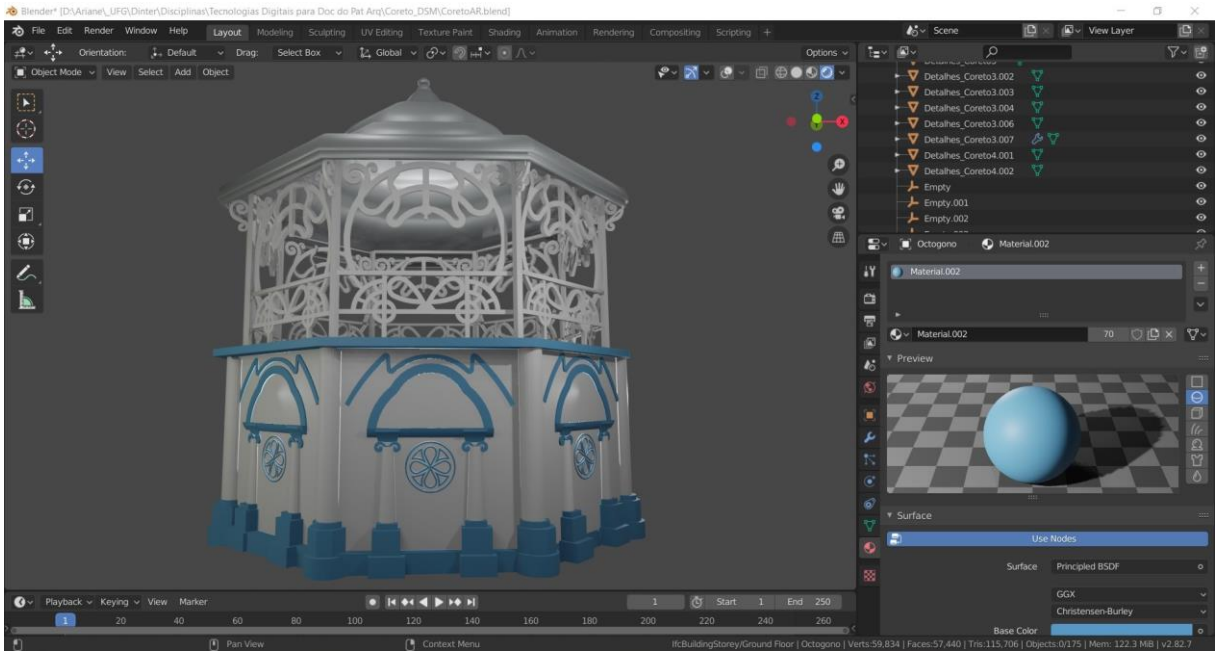


Figura 6: Coreto modelado no Blender. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.4. Armazenamento do modelo para visualização em RV e RA

Foram utilizadas três opções de visualização interativa do modelo do coreto: Sketchfab (https://skfb.ly/o6Onv), (Figura 7); Augin (https://arweb.augin.app/EJL45), (Figura 8) e Hubs.Mozilla (https://hub.link/ttLbxZe), (Figura 9). Os dois primeiros são plataformas *online* com assinaturas pagas, mas que oferecem uso limitado de forma gratuita. O terceiro, por sua vez, é uma ferramenta de colaboração virtual *open source* executada diretamente no navegador e que permite o agendamento de reuniões diretamente no espaço virtual criado de forma personalizada.

A respeito da plataforma Sketchfab, o envio de arquivos para armazenamento gratuito é limitado a um exemplar por mês. Ele admite uma vasta gama de formatos de arquivos, mas em muitos casos é necessário enviar o arquivo da textura junto com o modelo em uma pasta compactada. A conta gratuita permite que os arquivos tenham tamanho máximo de 50 Mb,

inviabilizando o armazenamento de densas malhas poligonais. Esse é um dos motivos que faz necessária a etapa da modelagem geométrica interativa a partir da malha TIN, para reduzir o tamanho do arquivo (número de polígonos), e consequentemente, a quantidade de informação dos modelos mais complexos, sem, no entanto, perder as características distintivas de sua geometria. O Sketchfab permite também a compra e a venda de modelos, ou a distribuição gratuita, de acordo com a permissão concedida por seus autores.

A Figura 7 mostra um *print* de tela do computador com o coreto armazenado no Sketchfab, mas este também poderia ser visto de forma mais imersiva por meio do uso de *smartphones* acoplados em *card boxes* que simulam óculos de RV ou por estes propriamente ditos. A plataforma não apresenta recursos de Realidade Aumentada, mas admite o armazenamento de arquivos em diversos formatos, inclusive o .stl, que é apropriado para impressão 3D, viabilizando, assim, outro tipo de interação com o patrimônio alvo da documentação.

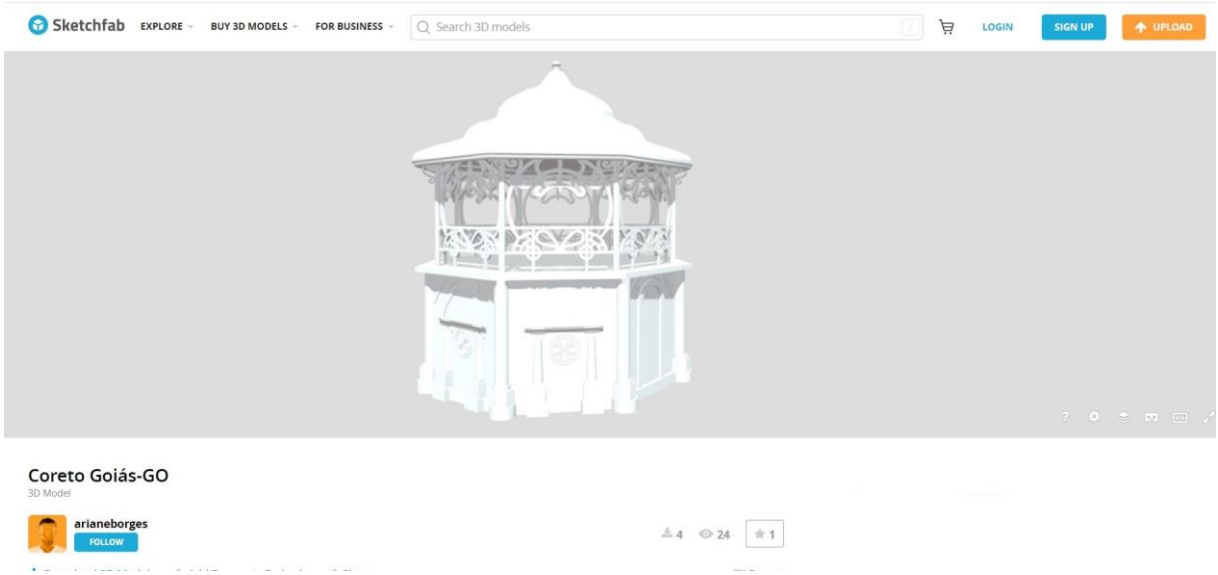


Figura 7: Modelo do Coreto em RV hospedado no Sketchfab. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Augin é uma plataforma de Realidade Aumentada (RA) que também permite a visualização sem interação com o mundo real. Nos casos de armazenamentos gratuitos, os projetos de RA permanecem *online* somente por 30 dias e com tamanho máximo de 10 Mb, o que reforça a importância da modelagem e, consequente, redução dos tamanhos dos arquivos para a utilização em aplicações de RV e RA, principalmente nos casos de hospedagens gratuitas. No caso das contas pagas, o tamanho dos arquivos oneram a hospedagem proporcionalmente em relação aos tamanhos dos mesmos.

O tipo de rastreamento executado pela aplicação é *markerless augmented reality*, o que pode dificultar um pouco o posicionamento dos objetos sobre as superfícies do mundo real, mas dá liberdade de uso em diversos ambientes. Uma das vantagens da aplicação é poder ser utilizada tanto por meio de computadores, como por intermédio de dispositivos móveis como *tablets*

e *smartphones*. A Figura 8 mostra o armazenamento do modelo geométrico do coreto na plataforma Augin e sua visualização em RA e RV.

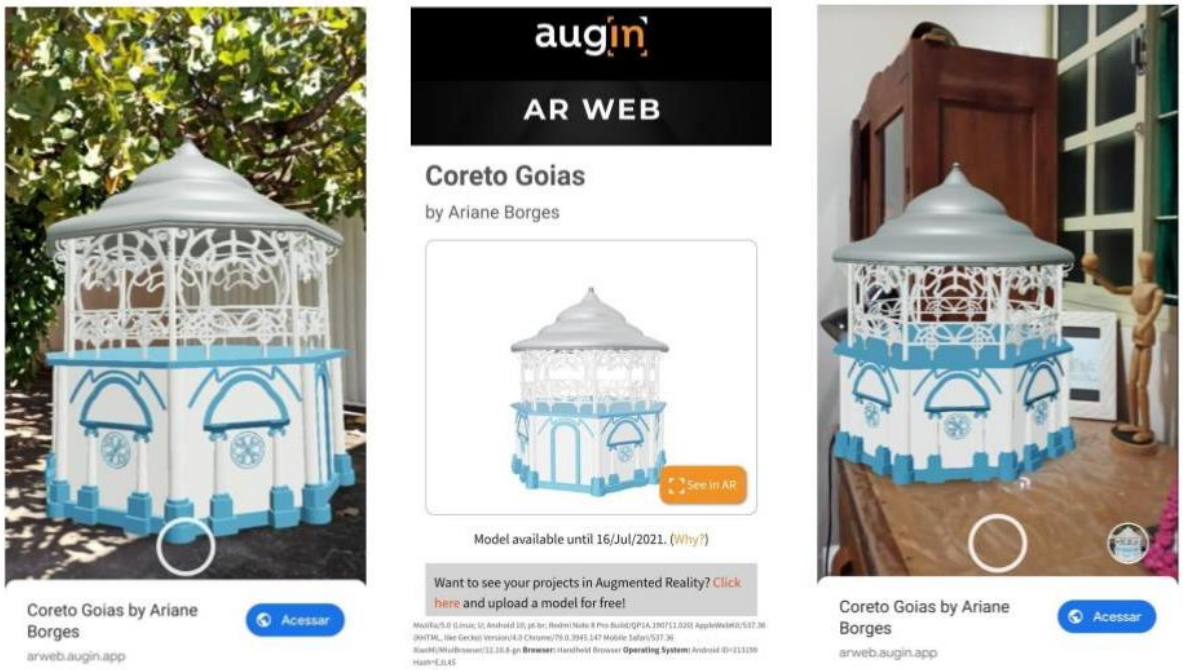


Figura 8: Modelo do Coreto em RA hospedado no Augin. Fonte: Elaborado pelos autores.

O Hubs.Mozilla tem como vantagens ser *open source* e não limitar o tamanho dos arquivos, embora alerte os usuários sobre quais os tamanhos máximos indicados para visualização por meio de dispositivos móveis sem perda da qualidade na experiência com o ambiente virtual. A ferramenta possibilita alterações na proporção, rotação e escala da forma, além permitir a integração de vários modelos geométricos, criados em arquivos diferentes para compor um conjunto mais amplo, como um grande cenário ou contexto urbano (Figura 9). Somado a esse diferencial, permite a criação de um ambiente virtual que possibilita o agendamento de encontros e reuniões de forma interativa, nos quais as pessoas podem assumir um avatar para interagir por meio de áudio, vídeo, imagens, textos, enviando objetos 3D etc. com as outras pessoas que estiverem logadas.

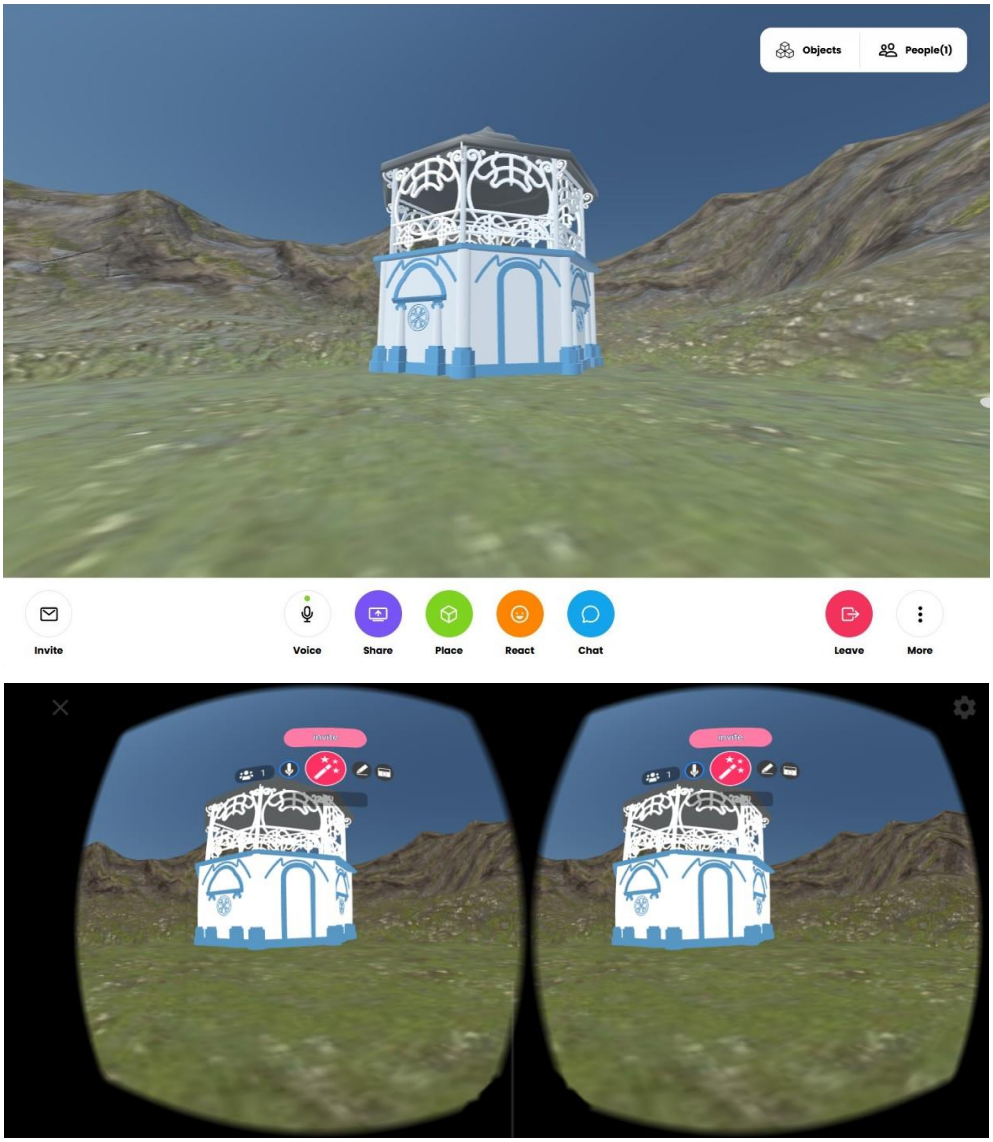


Figura 9: Modelo do Coreto em RV hospedado no Hubs.Mozilla e visualizado primeiramente na tela do computador e em seguida no smartphone para ser acoplado em cardbox de RV. Fonte: Elaborado pelos autores.

As três plataformas testadas apresentam recursos e funcionalidades que as diferenciam entre si, permitindo-se constatar que a escolha por uma ou mais delas na divulgação da documentação do patrimônio vai depender dos objetivos pretendidos com a aplicação de RV ou de RA. Caso o interesse seja pela interação do mundo virtual com o real, como acontece com a realidade aumentada, a melhor opção é a utilização do Augin. Se o objetivo for armazenar, disponibilizar para *download* (pago ou gratuito) e até mesmo permitir a impressão 3D do modelo geométrico, a opção mais apropriada é o Sketchfab. Mas se o objetivo for possibilitar maior interação e imersão em um ambiente virtual, em grupos ou

individualmente, e com maior liberdade para armazenamento do modelo, a opção mais acertada é o Hubs.Mozilla.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fotogrametria é uma técnica digital que apresenta inegáveis benefícios à documentação do patrimônio cultural, e seu potencial pode ser ampliado pelo uso combinado de outras tecnologias na etapa de pós-processamento. Como é o caso da modelagem geométrica interativa, que pode proporcionar a produção de arquivos mais leves e, com isso, favorecer a utilização do modelo em plataformas *online*, como as demonstradas neste artigo, apesar das limitações de armazenamento, quando utilizadas as versões gratuitas das ferramentas comerciais.

As três ferramentas testadas têm abordagens bem diferentes entre si, mas possuem um grande potencial de aplicação na divulgação do patrimônio cultural, permitindo ainda a interação em tempo real com o modelo geométrico do bem patrimonial, e, no caso do Hubs.Mozilla, possibilitando ainda a conexão simultânea de pessoas.

Entretanto, existe dificuldade quanto ao uso dessas plataformas em relação ao armazenamento de arquivos demasiadamente grandes e pesados como nuvens de pontos densas e malha TIN com um grande número de polígonos.

Neste artigo observa-se a conversão do modelo de pontos em um modelo de superfícies ou de sólido, isto é, a modelagem geométrica interativa, tendo como referência a malha TIN texturizada do objeto, como uma alternativa para o problema da dificuldade de armazenar, manipular e compartilhar modelos geométricos que são originalmente muito pesados. Uma vez que o produto obtido apresenta um número reduzido de pontos, arestas e superfícies, ele se torna mais leve e fácil de armazenar na nuvem ou em plataformas como as que foram testadas. A própria visualização dos modelos geométricos é mais fluida quando seus arquivos são menores, e quanto mais leves forem, mais fáceis de serem experimentados por meio de dispositivos mais simples, que é a realidade de grande parte do público-alvo, a população brasileira, sobretudo a residente no interior do estado de Goiás.

REFERÊNCIAS

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Malibu, v. 6, n. 4, p.355-385,1997.

CARTA DE LONDRES. Para a visualização computorizada do património cultural. 2009. disponível em: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_pt.pdf Acesso em: 2 jun. 2021.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, A. L. A Fotogrametria Digital na Documentação do Patrimônio Arquitetônico. Fórum Patrimônio, v. 2, p. 5, 2008.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Um estudo da fotogrametria digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. 2004. 257 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2004.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Criação de modelos BIM a partir de “nuvens de pontos”: estudo de métodos e técnicas para documentação arquitetônica. 2015. 372 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2015.

KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. Realidade Virtual e Aumentada: conceitos, projetos e aplicações. Porto Alegre: SBC, 2007.

LINHARES, G.; GROETELAARS, N. J. Tecnologias digitais para a representação do patrimônio arquitetônico: estudo de métodos para modelagem geométrica. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO E PATRIMÔNIO CULTURAL, 1., 2019, São Carlos, SP. Anais [...]. São Carlos: IAU-USP, 2019.

MILGRAN, P. et al. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In: SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies. Bellingham, WA, 1994. p. 282-292.

MOREIRA, Lorena Claudia de Souza. O manual do proprietário da edificação assistido pela Realidade Aumentada. 2018. 241 f. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2018.

OLIVEIRA, M. M. de. A Documentação como Ferramenta de Preservação da Memória: Cadastro, Fotografia, Fotogrametria e Arqueologia. Brasília: IPHAN / Programa Monumenta, 2008. 144 p.

EIXO 5



Monitoramento e simulação

Abrange pesquisas que utilizem simulação computacional e monitoramento para avaliação do desempenho térmico e energético de edificações patrimoniadas; análise de soluções para retrofit e desenvolvimento de tecnologias para monitoramento visando a conservação do patrimônio edificado, bem como a conservação de acervos.

CONFORTO TÉRMICO EM PATRIMÔNIO CULTURAL CONSTRUÍDO: AVALIAÇÃO DO GINÁSIO DE GUARULHOS

Thermal comfort in built cultural heritage: evaluation of the Guarulhos Gymnasium

Aline Prado Costa

Mestranda, Universidade Estadual de Campinas, a233484@dac.unicamp.br

Ana Regina Mizrahy Cuperschmid

Doutora, Universidade Estadual de Campinas, cuper@unicamp.br

Leticia de Oliveira Neves

Doutora, Universidade Estadual de Campinas, lneves@unicamp.br

Resumo

O presente artigo visa analisar o índice de conforto térmico nos ambientes naturalmente ventilados da Escola Estadual Conselheiro Crispiniano, antigo Ginásio de Guarulhos (1960), projetado pelos arquitetos João Batista Vilanova Artigas e Carlos Cascaldi. Ao longo das décadas, a escola sofreu modificações significativas dentro do lote onde está implantado e em seu entorno, porém manteve suas aberturas originais como única fonte de ventilação natural. Para tal análise, dois modelos de um recorte representativo do edifício foram elaborados a fim de simular momentos diferentes, o *as built* (1962) e o *as is* (2021). Os modelos e os dados necessários foram inseridos no programa Energyplus, com base no modelo adaptativo constante na ASHRAE 55-2017. Os resultados mostraram que os índices de conforto térmico mudaram no cenário atual, sendo que, com exceção dos meses de fevereiro e março, o modelo *as is* apresenta um desempenho inferior ao *as built*.

Palavras-chave: Simulação computacional; Conforto térmico; Ventilação natural

Abstract

This article analyzes the thermal comfort of naturally ventilated rooms of the Conselheiro Crispiniano State School, former Guarulhos Gymnasium (1960), designed by the architects João Batista Vilanova Artigas and Carlos Cascaldi. Over the decades, the school has undergone significant changes within the lot where it is located and around it, but it remained with its original openings as the only source of natural ventilation. For this analysis, two models of a representative section of the building were elaborated to simulate different moments, "as built" (1962) and "as is" (2021). The models and necessary data were inputted into the Energyplus, based on the adaptive model of ASHRAE 55-2017. The results indicated that the thermal comfort conditions changed in the current scenario and, except for February and March, the "as is" model presented a lower performance than the "as built".

Keywords: *Computer simulation; Thermal comfort; Natural ventilation*

1. INTRODUÇÃO

A simulação de conforto térmico em edifícios tem sido uma prática que, com o aumento de recursos tecnológicos e computacionais disponíveis, promove um maior entendimento sobre a atuação da construção sob determinadas condicionantes e limites. Para a efetiva simulação é necessário o fornecimento de dados pertencentes a categorias como a geometria do edifício, materiais, dados de ocupação, radiação solar, velocidade do vento etc. e, também, considerar o momento no tempo que se deseja simular, uma vez que isso influencia diretamente nas variáveis analisadas (BEAUSOLEIL-MORRISON, 2020).

Pensando nos edifícios históricos, a abordagem das simulações deve acontecer de maneira especial, pois todas as informações históricas e físicas que estes carregam constituem uma complexidade que deve ser levada em consideração. Esse tipo de estudo colabora para o entendimento do edifício histórico em si, além de impulsionar construções antigas, que contam com sistemas antigos, a serem mais eficientes em termos energéticos (HISTORIC ENGLAND, 2018).

Usufruir das tecnologias emergentes como meios de avaliação do comportamento bioclimático permite perceber de maneira mais clara diversos aspectos das edificações históricas frente ao microclima das áreas onde estas se localizam (GIGLIARELLI; CALCERANO; CESSARI, 2017). Isso porque essas tecnologias possibilitam reconstruir o seu processo de funcionamento natural. Pesquisas internacionais têm relatado experiências não apenas na escala do edifício, mas também na escala urbana, por meio do estudo de sítios históricos inteiros, em uma tentativa de compreender as mudanças climáticas e como elas afetam os bens e espaços históricos (EGUSQUIZA et al., 2021; GIOMBINI; PINCHI, 2015).

Em nível nacional, tais pesquisas ainda são incipientes. Almejando investigar esse assunto, esta pesquisa tem como objeto de estudo o Ginásio de Guarulhos, projetado por João Batista Vilanova Artigas em parceria com Carlos Cascaldi, em 1960.

Nomeado posteriormente como Escola Estadual Conselheiro Crispiniano, o projeto do Ginásio de Guarulhos foi realizado em um momento crucial de expansão da cidade. Apesar de Guarulhos ser apenas um pouco mais nova que a cidade de São Paulo, com 460 anos desde sua fundação (IBGE, 2014), ela possui poucos exemplares da Arquitetura Moderna Brasileira. A escola, portanto, foi associada a um símbolo de progresso no período em que foi concebida. A imponência do edifício marcou de maneira suntuosa a paisagem urbana que começava a se consolidar, o que chamou a atenção da população no geral e da imprensa, sendo chamada até mesmo de “obra única no gênero” (O GLOBO, 1962).

Implantado em um terreno com suave depressão, a escola parece ser um “edifício ponte” (BUZZAR, 2014), que organiza os blocos de salas de aula, administrativo e demais usos sob uma horizontalidade e volume únicos. As salas de aula estendem-se de um lado e o bloco de administração e a biblioteca de outro, em plano mais elevado. O grande pátio central de convivência, iluminado zenitalmente através de pequenas claraboias de vidro, exibe um mural do pintor Mário Gruber, na parede que limita com o auditório (ARTIGAS, 2019).

A Escola Estadual Conselheiro Crispiniano foi reconhecida como patrimônio edificado guarulhense, juntamente com outras 15 edificações da cidade, com a promulgação do Decreto No 21.143 de 2000 (PREFEITURA DE GUARULHOS, 2000). Em 30 de Julho de 2014 foi também determinado seu tombamento pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT) do estado de São Paulo (CONDEPHAAT, 2014).

De fato, o Ginásio de Guarulhos possui muitos dos elementos que permeiam toda a obra de Artigas: a planta livre, a fluidez de circulação, os espaços de convivência e interação do indivíduo com os elementos naturais, como arborização e espelhos d'água. Tais fatores foram pensados não só para um bom desempenho energético do edifício, mas também para o próprio conforto ambiental dos usuários.

Com a sua inauguração em 1962 (Figura 1), a Revista Acrópole, importante revista especializada em arquitetura e urbanismo que circulava entre 1938 e 1971 (ACRÓPOLE, 2014), fez uma publicação sobre o projeto em sua edição número 281. Esta publicação sugeria que as salas de aula dispensariam o uso de cortinas e que isso não traria qualquer interferência aos ambientes, pelo contrário, seria benéfico (ACRÓPOLE, 1962).

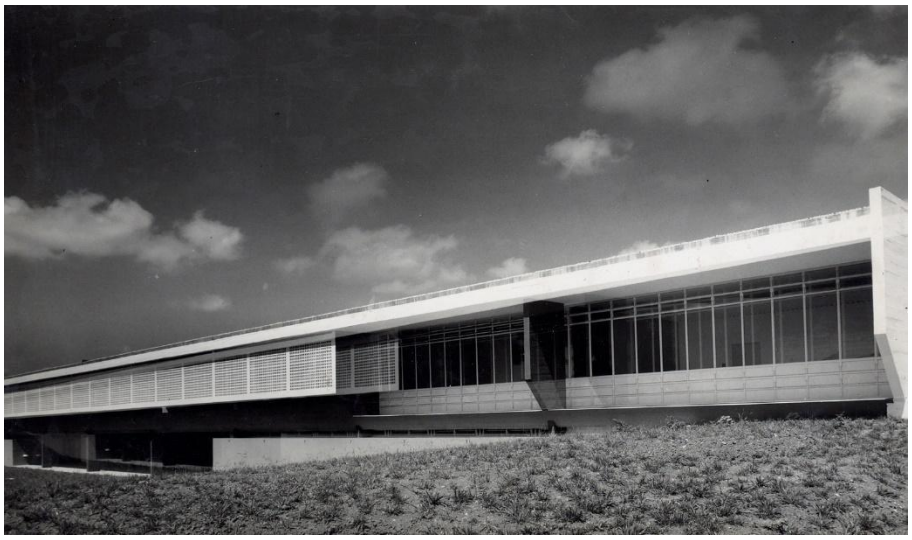


Figura 1: Ginásio de Guarulhos, 1962. Fonte: MOSCARDI, 1962.

No contexto de pós-ocupação da escola e com o passar dos anos, intervenções pontuais e de maior expressão foram realizadas na edificação e no seu terreno de implantação como um todo, sendo a principal delas a construção de um edifício anexo ao edifício original, no ano de 1992 (CAMARGO, 2016). Todas essas modificações nunca foram avaliadas em relação ao impacto e às interferências que trouxeram à escola e ao conforto térmico de seus usuários.

Este artigo visa trazer, portanto, algumas discussões acerca dessa temática, considerando um recorte da edificação em seus cenários *as built* e *as is* (Figura 2) e os fatores de maior interferência e contato com os ambientes desse mesmo recorte. Mais especificamente, o

objetivo deste artigo é buscar resultados sobre o conforto térmico dos usuários das salas de aula naturalmente ventiladas do Ginásio de Guarulhos, que fazem parte do recorte determinado para análise, no ano de inauguração da escola (1962) e atualmente (2021).



Figura 2: Ginásio de Guarulhos, 2018. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Método

Pensando na importância do edifício histórico do Ginásio de Guarulhos para a cidade e para o contexto histórico da arquitetura escolar no Brasil, a análise e simulação de seus fatores de conforto térmico agregam muito ao entendimento da construção em si em momentos distintos de sua existência, primeiro em 1962, ano de sua inauguração (*as built*) e na atualidade (*as is*). A seguir é apresentado um fluxograma (Figura 3) das principais etapas do processo metodológico:

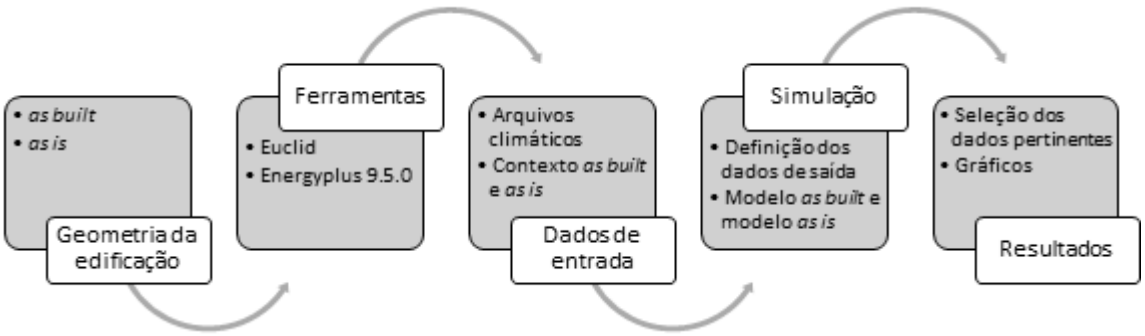


Figura 3: Fluxograma da metodologia. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Por abarcar dois modelos que propõem simular contextos diferentes de uma mesma edificação, algumas questões tiveram de ser levantadas e solucionadas de modo que a pesquisa pudesse ser encaminhada adequadamente. Tais questionamentos são discutidos nas seções seguintes, juntamente com a apresentação detalhada de todas as etapas que compõem a estrutura metodológica da pesquisa.

2.1.3 Geometria da edificação

Um recorte da edificação para elaboração dos modelos foi definido, de maneira a selecionar salas de aulas que contemplassem três orientações solares diferentes, consequentemente, três fachadas diferentes, que ficam entre nordeste e noroeste, segundo o posicionamento da edificação no lote. As salas de aula presentes no recorte foram definidas como as Zonas Térmicas (ZT) 1 a 6, (Figura 4). Tais zonas compõem a geometria do modelo simulado. O plugin Euclid para o SketchUp foi utilizado para modelagem da geometria da edificação (Figura 5).

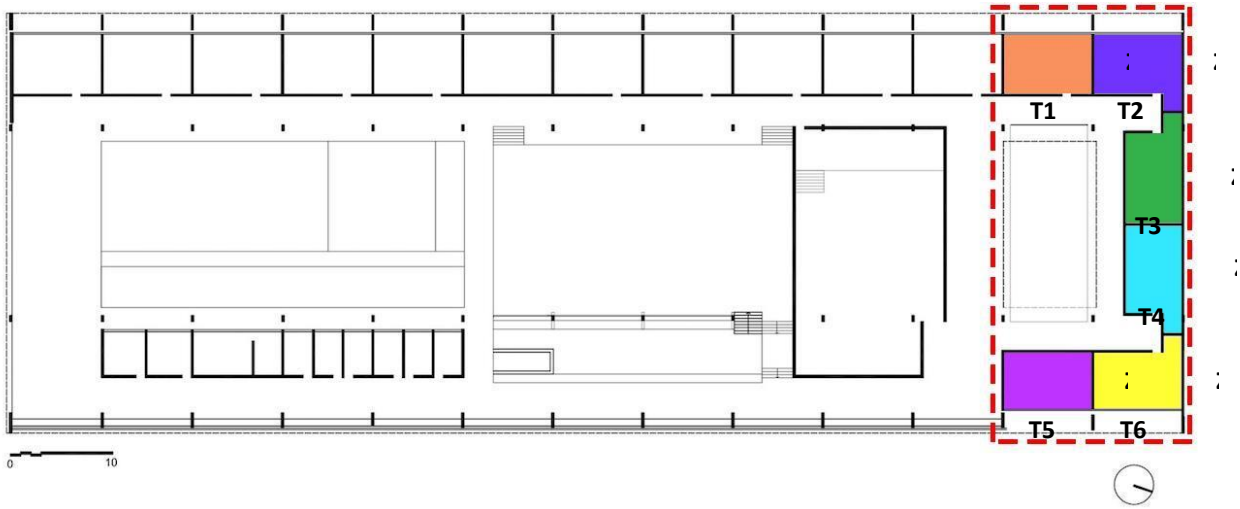


Figura 4: Zoneamento térmico do volume modelado. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Para o primeiro recorte temporal, somente a edificação isolada foi contemplada no modelo *as built*, sendo que os demais elementos do entorno foram desconsiderados (Figura 5).

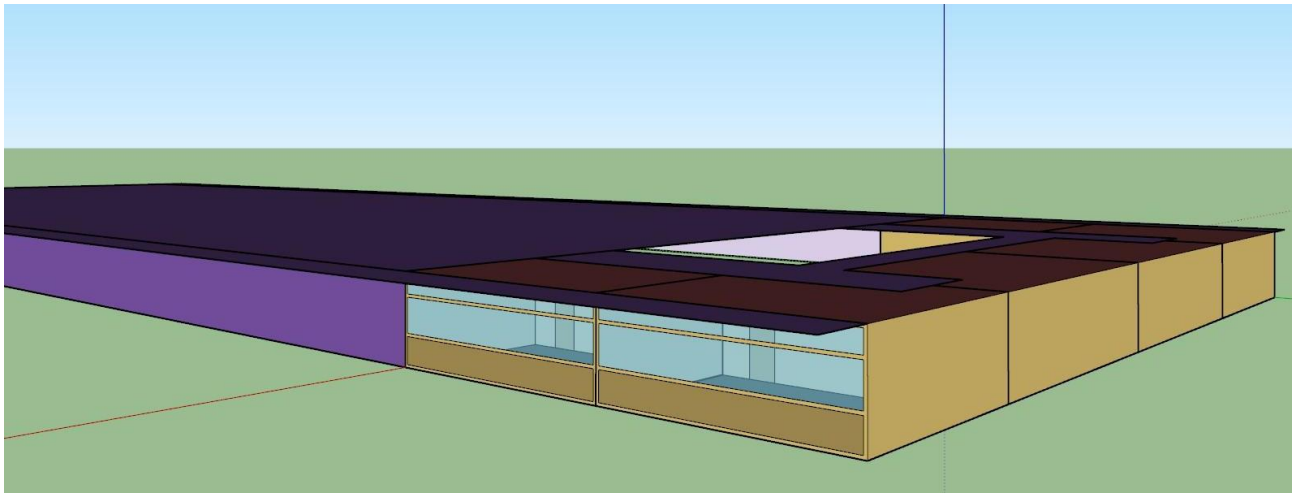


Figura 5: Modelo *as built* visualizado dentro do Euclid. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Em relação ao modelo *as is* (Figura 6), foram consideradas as modificações realizadas dentro do lote onde está implantado o edifício original, que são: (i) o anexo construído no ano de 1992 (Figura 7), dois pavimentos em alvenaria, abrigando um novo conjunto de salas de aula, biblioteca e refeitório (CAMARGO, 2016); (ii) a inserção de arborização com falsas-seringueiras (Figura 8) com cerca de 12 metros de altura e 2 metros de diâmetro, em frente às salas de aula, que configuram as zonas térmicas 1 e 2 dos modelos. A classe *ShadingSite:Detailed* foi utilizada para representar as falsas-seringueiras no modelo *as is* e a classe *ShadingBuilding:Detailed* foi utilizada para representar o sombreamento proveniente de elementos como edifícios vizinhos, muros e cercas (ENERGYPLUS DEVELOPMENT, 2015). Os dados geométricos exigidos nessa classe foram preenchidos por meio de sua modelagem no Euclid. Para a conclusão do modelo *as is*, modelou-se também uma abertura entre as zonas térmicas 4 e 6, que existe atualmente para que haja uma passagem entre o edifício da escola original e o anexo.

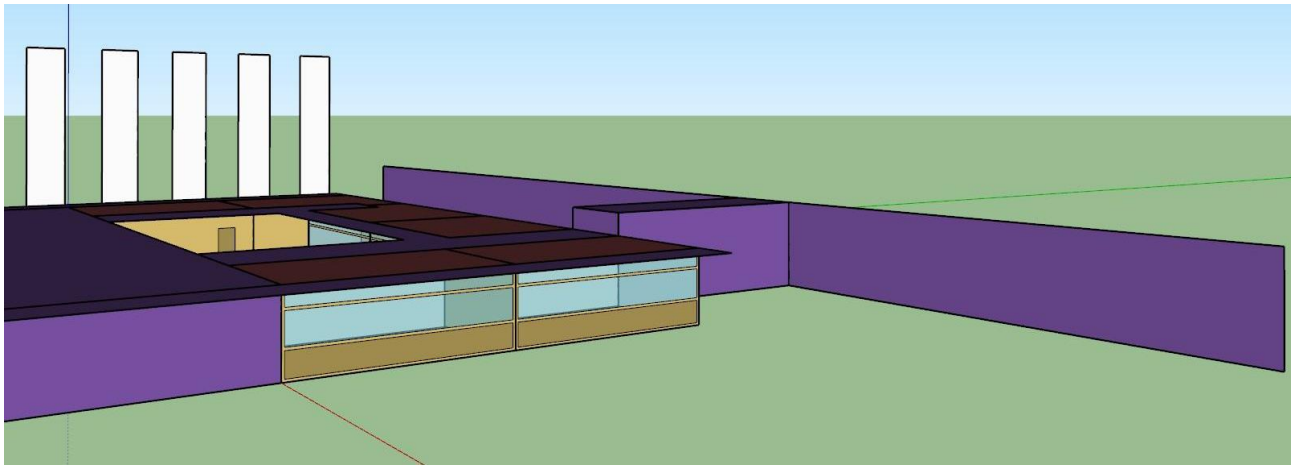


Figura 6: Modelo *as is* visualizado dentro do Euclid. Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.



Figura 7: Vista do edifício original (em azul) frente ao edifício anexo (em vermelho). Fonte: Acervo pessoal, 2018.



Figura 8: Fotografia das falsas-seringueiras plantadas no terreno da escola. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

É importante destacar que o levantamento fotográfico feito na escola no ano de 2018 (COSTA, 2018) foi essencial para que alguns detalhes acerca da sua geometria fossem levados em conta, assim como todo o levantamento do material gráfico e técnico sobre o projeto (ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP, 1960). Este material permitiu a consulta ao detalhamento dos caixilhos fixados em uma das paredes de cada zona térmica (Figura 9). Estes caixilhos são compostos por um vidro fixo, de maior dimensão, e aberturas basculantes, tanto na parte inferior quanto superior, feitas em cimento-amianto.



Figura 9: Fotografia dos caixilhos das salas de aula. Fonte: Acervo pessoal, 2018.

2.1.4 Dados de entrada

A seleção dos arquivos climáticos anuais utilizados para rodar as simulações foi feita com base no que seria mais apropriado para a simulação dos dois recortes temporais propostos. Dentre os arquivos disponíveis no LabEEE (LABEEE, 2018), para a cidade de São Paulo existem mais opções quanto ao tipo e ano. Guarulhos faz parte da mesma zona bioclimática que São Paulo, Zona 3 (ABNT, 2005), caracterizando em ambas as cidades um clima Cfa de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, ou seja, um clima subtropical úmido (CLIMATE-DATA.ORG, 2022). Portanto, para o modelo *as built* foi considerado o arquivo do tipo Test Reference Year (TRY) de São Paulo-Congonhas do ano de 1963, enquanto para o modelo *as is* foi utilizado o arquivo do tipo Typical Metereological Year (TMY) de São Paulo-Congonhas de 2018, contendo dados climáticos dos anos 2003 a 2017.

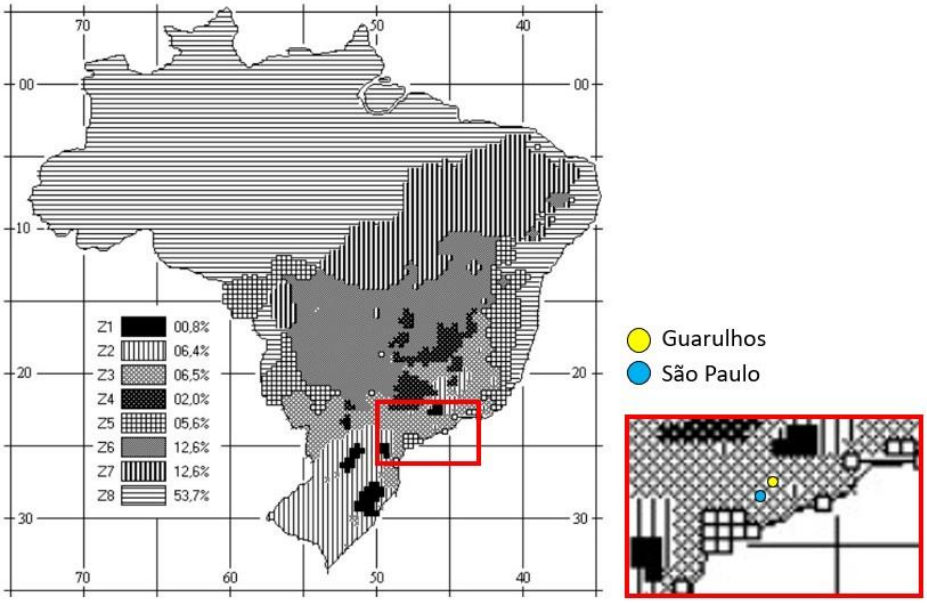


Figura 10: Guarulhos e São Paulo dentro da zona bioclimática Z3.
Fonte: Adaptado pelas autoras de ABNT, 2005.

Com relação aos dados de entrada dos modelos de simulação, uma série de classes foram alimentadas no Energyplus com as informações necessárias. As primeiras definições essenciais a serem dispostas para a simulação foram as classes de detalhamento construtivo. Para isso, as informações de densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico foram retiradas da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) e as espessuras de cada camada de material foram obtidas do projeto arquitetônico ou observação *in loco*. As partes inferior e superior dos caixilhos em abertura basculante são feitas em cimento-amianto, material que hoje em dia não é mais permitido ser utilizado na construção civil (BRASIL, 1995). Em vista disso, foram usadas as propriedades térmicas do fibrocimento, que é um material de características similares. Para o vidro fixo que faz parte desses caixilhos, foram considerados os dados de um vidro incolor comum de 6 mm de espessura. As portas das salas de aula são feitas em madeira compensada lisa (cedro) de 35 mm de espessura, de acordo com o detalhamento das portas no projeto original (ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP, 1960). A Tabela 1, a seguir, apresenta os dados de transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar dos componentes construtivos utilizados tanto no modelo do cenário *as built* quanto do cenário *as is*.

Componente construtivo	Transmitância térmica [W/(m^2 .K)]	Capacidade térmica [kJ/(m^2 .K)]	Absortância solar (α)
Paredes	3,41	222	0,30
Cobertura	1,92	600	0,65
Pisos	2,15	340	_

Tabela 1: Características dos componentes construtivos utilizados nos modelos.
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Com relação à ocupação, para o modelo *as is* foi utilizada a média dos números levantados em 2018 (COSTA, 2018), de 42 alunos em todas as salas de aula do estudo - ressalta-se que este quantitativo foi aventado antes da pandemia de COVID-19. Considerando que, no ano de sua inauguração, a escola possuía menos alunos, para o modelo *as built* foi estabelecido uma média de 1,5 m² por aluno. Com isso, utilizou-se 36 alunos para as zonas 1, 2, 5 e 6 e 32 alunos para as zonas 3 e 4, de acordo com a metragem quadrada dessas salas.

Ainda de acordo com a metragem das salas de aula, foi adotado o valor de 15,5 W/m² para a carga de iluminação e 120 W para equipamento elétrico presente em cada uma das zonas térmicas.

Os objetos referentes à classe *AirflowNetwork* foram utilizados para simulação da ventilação natural das salas de aula. Este módulo do EnergyPlus possui uma biblioteca de coeficientes de pressão que aplicável a geometria retangulares, o que permitiu que os cálculos fossem resolvidos por meio do critério *Surface Average Calculation*.

Para o padrão de ocupação das salas de aula, ou seja, horas por dia em que os alunos e professores estão efetivamente utilizando as salas de aula, foi organizado um padrão de uso horário por dia, considerando: períodos letivos de manhã e tarde, sendo manhã ocupado das 7 h às 12 h, com intervalo de uma hora desocupada, e a tarde das 13 h às 18 h. Para o restante das horas dos dias úteis, fora dos horários mencionados, as salas de aula foram dadas como desocupadas. O sábado e o domingo foram considerados como desocupados o dia inteiro.

Para o controle de abertura das janelas, foi considerado um padrão de uso binário, no qual o fator 1 equivale às janelas abertas durante as horas ocupadas das salas de aula e o fator 0 a janelas fechadas, para quando elas estiverem desocupadas. Como coeficiente de descarga foi considerado o valor de 0,6 (INMETRO, 2021).

2.1.5 Simulações computacionais

A avaliação de conforto térmico está sujeita a variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa do ar, velocidade do ar) e a variáveis pessoais (atividade física desempenhada e vestimenta), que afetam diretamente a sensação do indivíduo sobre o ambiente em que está inserido (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Desta forma, optou-se pela utilização do modelo adaptativo da ASHRAE 55 (ASHRAE, 2017), que relaciona uma faixa de temperatura operativa interna aceitável com parâmetros climáticos da região analisada (ASHRAE, 2017).

A partir dos dados de temperatura operativa interna resultante das simulações e da zona de conforto definida pelo modelo adaptativo da ASHRAE 55-2017, calculou-se o número de horas ocupadas das salas de aula, dentro de um ano, que se encontravam dentro dos limites que o modelo adaptativo indica como zona de conforto. Esses índices foram transformados em porcentagens a fim de comparar, para todos os meses do ano, como as salas de aula se comportam em termos de conforto térmico tanto no modelo *as built* quanto no *as is*. É

importante destacar que os meses de janeiro, julho e dezembro não entraram no estudo, pois foram considerados meses de férias, portanto fora do período letivo.

Os resultados das simulações foram organizados em gráficos, para maior compreensão e facilidade de leitura do comportamento das zonas térmicas e seu índice de conforto.

3. RESULTADOS

As salas de aulas representadas pelas zonas térmicas ZT1 e ZT2, assim como ZT3 e ZT4 e, por fim, ZT5 e ZT6, par a par, tiveram desempenho similar entre si, em função de possuírem mesma orientação solar. Sendo assim, apresentam-se aqui os gráficos das zonas ZT1, ZT3 e ZT5, a fim de contemplar as três orientações solares.

De maneira geral, nos meses de fevereiro e março todas as salas de aula apresentaram melhores condições de conforto térmico no modelo *as is* do que no *as built*. Mais especificamente, as salas representadas pelas ZT1 e ZT2 apresentaram resultados superiores, em termos de atendimentos às horas de conforto térmico, para estes meses em relação ao restante do ano (Figura 11).

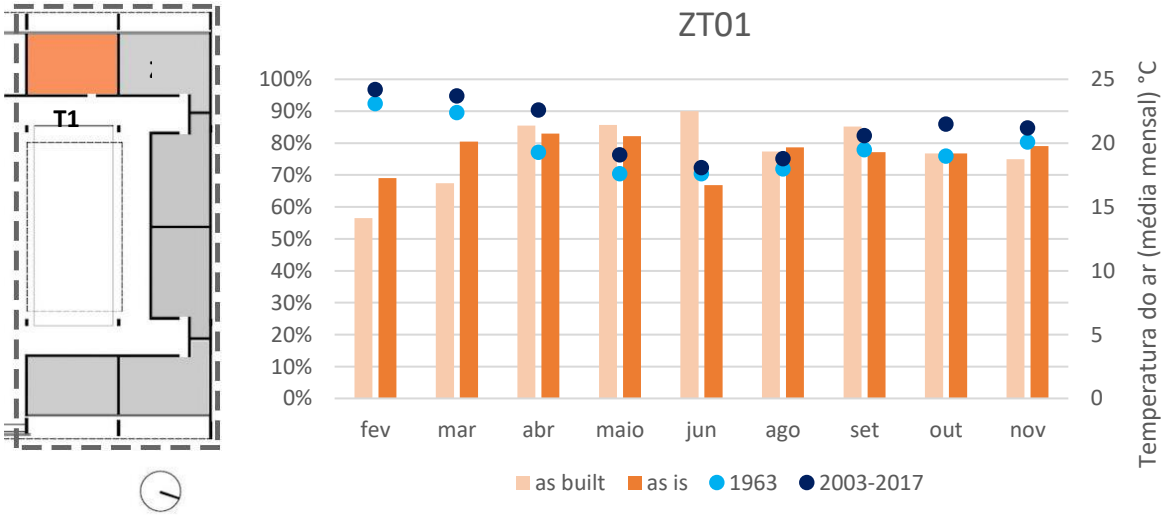


Figura 11: Infográfico ressaltando a ZT1 na edificação (esq.) e gráfico comparativo entre o modelo *as built* e o *as is* das horas de conforto térmico para cada mês do ano (dir.). Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

As salas de aula ZT3 e ZT5 também apontam resultados superiores para o modelo *as is* nos meses de fevereiro e março, porém, com menor diferença em relação ao restante do ano, se comparado com a ZT1. Na ZT3, os demais meses tiveram desempenho similar, com valores bem próximos entre os modelos *as built* e *as is*, mas sempre mais baixos para o cenário atual. Faz-se exceção ao mês de junho, em que o modelo *as is* apresentou resultados bastante inferiores, com diferenças na margem de 15% a 20%.

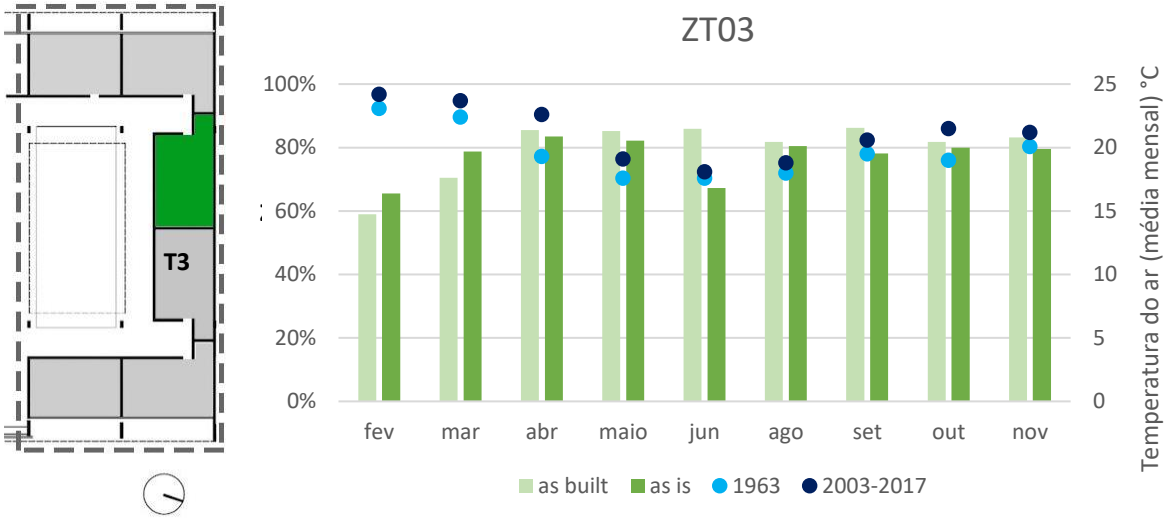


Figura 12: Infográfico ressaltando a ZT3 na edificação (esq.) e gráfico comparativo entre o modelo *as built* e o *as is* das horas de conforto térmico para cada mês do ano (dir.). Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

Para a sala de aula representada pela ZT5, os resultados dos modelos *as built* e *as is* apresentaram diferenças ligeiramente maiores nos meses de abril a novembro, se comparados aos resultados da ZT1 e ZT3. O *as built* da ZT5 apresenta melhores condições de conforto térmico em relação às demais salas de aula estudadas, fato que pode ser associado ao posicionamento da sala de aula à nordeste que conta com a incidência do sol da manhã. A mesma sala de aula apresentou, no modelo *as is,* menos horas em conforto durante o ano, com exceção dos meses de fevereiro e março já mencionados.

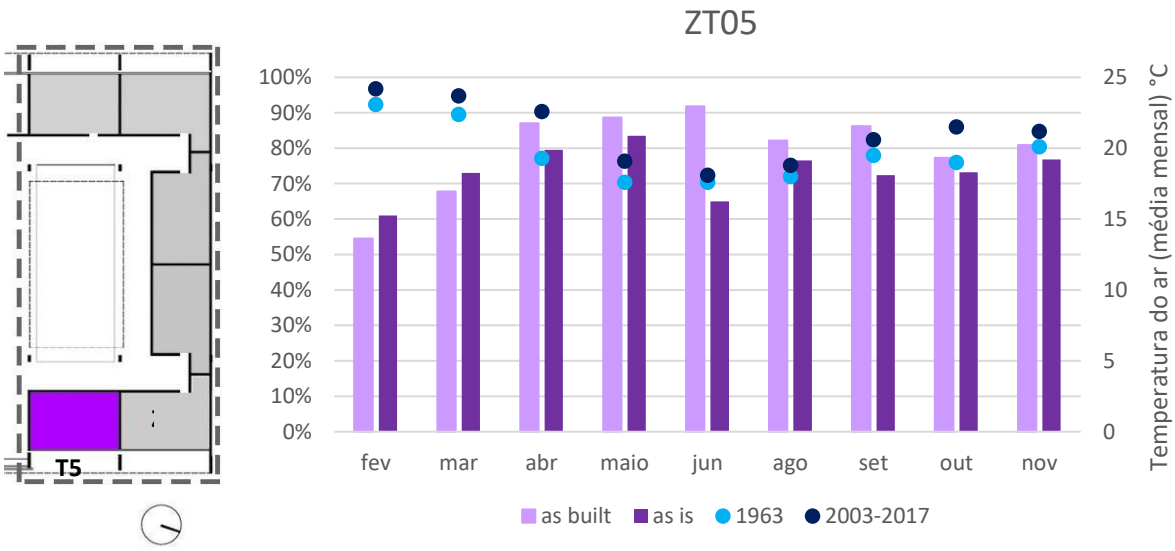


Figura 13: Infográfico ressaltando a ZT5 na edificação (esq.) e gráfico comparativo entre o modelo *as built* e o *as is* das horas de conforto térmico para cada mês do ano (dir.). Fonte: Elaborado pelas autoras, 2021.

4. DISCUSSÃO

Nos três gráficos exibidos na seção de resultados, observa-se que o mês de junho, mês de temperatura média mensal mais baixa em ambos os cenários, possui mais horas de conforto em relação ao restante dos meses letivos no cenário *as built*, sendo que o modelo *as is* apresentou menos horas de conforto. Enquanto no *as built* os resultados alcançaram cerca de 90% de horas em conforto, no *as is* esse valor não chegou a alcançar 70%. Isso pode ser interpretado como um indicativo de que a escola atualmente não possui condições de conforto térmico adequadas nesse período, caracterizando salas de aula com temperaturas baixas durante as horas ocupadas por alunos e professores.

A atual existência das falsas-seringueiras em frente às zonas ZT1 e ZT2 pode ter sido o fator crucial para a obtenção de maiores níveis de conforto térmico em ambas as zonas, visto que essas zonas foram as que tiveram mais meses em que o cenário *as is* supera o as *built* (fevereiro, março, agosto e novembro). Assim, possivelmente, os resultados foram influenciados pelo maior sombreamento existente na edificação atual, reduzindo o ganho de calor em sua envoltória.

Segundo a revista Acrópole de 1962, ano de inauguração da escola, as salas de aula não precisariam de cortinas. Entretanto, com base nos resultados das simulações, essa afirmação é questionável, principalmente considerando os meses de fevereiro e março que são meses de temperaturas mais altas durante o ano. O uso de cortinas tem pouco efeito na redução da passagem de calor em relação a elementos próprios para sombreamento como brises externos, portanto, o ideal para buscar o controle de incidência solar, seria um estudo aprofundado, o que no contexto tecnológico atual, podem ser desenvolvidas simulações que ilustrem o cenário pretendido.

Ademais, os índices obtidos nas zonas ZT1 e ZT2 nos meses de fevereiro e março foram superiores às demais zonas no mesmo cenário *as is*. Fato que corrobora com a hipótese de que a vegetação atual promoveu melhor conforto térmico.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, o conforto térmico em salas de aula do Ginásio de Guarulhos foi avaliado comparativamente por meio de simulações computacionais que abrangeram o ano de sua inauguração (*as built*) e atualmente (*as is*).

As intervenções pelas quais a escola passou ao longo das décadas de fato tiveram pouco planejamento em relação ao conforto térmico. Cabe destacar que a implantação das árvores promoveu maior proteção à incidência direta de luz solar, proporcionando maiores horas de conforto aos usuários nos meses de verão.

Almejando compreender os efeitos das intervenções de projeto realizadas no patrimônio construído, essa pesquisa contribui apontando os impactos em relação ao conforto térmico

dos usuários das salas de aula da edificação no momento de sua inauguração e após, praticamente, 60 anos de sua existência.

A estratégia adotada nesta pesquisa para analisar o conforto térmico pode ser aplicada a outros edifícios de interesse histórico. Isso porque as simulações computacionais viabilizam a testagem de diferentes cenários por meio da inserção de variáveis e dados apropriados. Tal prática tem o potencial de auxiliar no processo de tomada de decisão, possibilitando, quando necessário, a readequação dos espaços de forma consciente e criteriosa, considerando as características climáticas do momento presente.

Pesquisas futuras devem investigar o suporte de BIM para análises de desempenho energético na Escola Estadual Conselheiro Crispiniano como um todo, englobando os cenários *as is* e *as built* desse importante edifício modernista.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR15220-2-2005: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR15220-3-2005: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ACERVO DA BIBLIOTECA DA FAUUSP. Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Conselheiro Crispiniano para IPESP à Avenida Arminda de Lima esquina com Avenida Doutor Timóteo Penteado, na Vila Progresso (Ginásio de Guarulhos), 1960.

ACRÓPOLE. Ginásio Estadual de Guarulhos. Revista Acrópole, 1962.

ACRÓPOLE. Sobre a Revista Acrópole. Disponível em: http://www.acropole.fau.usp.br/. Acesso em: 11 jul. 2021.

ARTIGAS, R. Vilanova Artigas. São Paulo: Terceiro Nome, 2019.

ASHRAE. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard - 55, v. 7, n. 2017, p. 6, 2017.

BEAUSOLEIL-MORRISON, I. Fundamentals of Building Performance Simulation. Londres: Routledge, 2020.

BRASIL. LEI No 9.055, DE 1 DE JUNHO DE 1995. Disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte do asbesto/amianto e dos produtos que o contenham, bem como das fibras naturais e artificiais, de qualquer origem, utilizadas para o mes. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 02 jun. 1995. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9055.htm. Acesso em: 8 ago. 2021.

BUZZAR, M. A. João Batista Vilanova Artigas: Elementos para a compreensão de um caminho da arquitetura brasileira, 1938-1967. 1.ed. ed. São Paulo: Editora Unesp; Editora Senac São Paulo, 2014.

CAMARGO, M. J. DE. Inventário Dos Bens Culturais Relativos Ao Plano De Ação Do Governo Carvalho Pinto (1959-1963). Revista CPC, p. 164–203, 2016.

CLIMATE-DATA.ORG. Clima: São Paulo | Classificações. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo-200/. Acesso em: 2 jan. 2022.

CONDEPHAAT. EE Conselheiro Crispiniano (antigo Ginásio de Guarulhos) – Condephaat. Disponível em: http://condephaat.sp.gov.br/benstombados/ee-conselheiro-crispiniano-antigo-ginasio-de-guarulhos/. Acesso em: 11 jul. 2021.

COSTA, A.P. Patrimônio, identidade e desenho urbano: uma ação integrada pela Escola Conselheiro em Guarulhos. Orientadora: Adriane Matthes. 2018. 122pgs. TFG (Graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, PUC Minas, Poços de Caldas, 2018.

EGUSQUIZA, A. et al. Co-creation of local eco-rehabilitation strategies for energy improvement of historic urban areas. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 135, n. March 2020, p. 110332, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110332. Acesso em: 11 ago. 2021.

ENERGYPLUS DEVELOPMENT, T. EnergyPlus Input Output Reference: The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output. The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, n. c, p. 2488, 2015.

GIGLIARELLI, E.; CALCERANO, F.; CESSARI, L. Heritage Numerical Simulation and Decision Support Systems : an Integrated Approach for Historical Buildings Retrofit. Energy Procedia, v. 133, p. 135–144, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.379. Acesso em 02 jun. 2020.

GIOMBINI, M.; PINCHI, E. M. Energy functional retrofitting of historic residential buildings: The case study of the historic center of Perugia. Energy Procedia, v. 82, p. 1009–1016, 2015.

HISTORIC ENGLAND. Energy efficiency and historic buildings: How to Improve Energy Efficiency. Historic England, 2018. Disponível em: https://historicengland.org.uk/images-books/publications/eehb-how-to-improve-energy-efficiency/. Acesso em: 27 jul. 2021.

IBGE. Cidades: Guarulhos. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/guarulhos/historico. Acesso em: 11 maio. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Instrução Normativa para a classificação de eficiência energética de edificações residenciais. INMETRO, 2021.

LABEEE. Arquivos climáticos INMET 2018 | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2018. Acesso em: 8 ago. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura (3a EDIÇÃO). ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

O GLOBO. Obra única no gênero, foi inaugurado ontem Ginásio de Guarulhos. O Globo, p. 4, 22 fev. 1962. Disponível em: https://acervo.oglobo.globo.com/consulta-ao-acervo/?navegacaoPorData=196019620223. Acesso em: 11 maio. 2021.

PREFEITURA DE GUARULHOS. DECRETO No 21143 de 26 de dezembro de 2000. Tombamento do Patrimônio Cultural. Diário Oficial do Município: Guarulhos, 26 dez. 2000.

CONFORTO ACÚSTICO NO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS (UNB): SIMULANDO A INTELIGIBILIDADE

Acoustic comfort at Central Institute of Sciences (UnB): simulating Intelligibility

Guilherme Oliveira Sales

Especialista, Síntese Acústica Arquitetônica, guilherme.olisales@gmail.com.br

Caio Frederico e Silva

PhD, Universidade de Brasília, caiosilva@unb.br

Rosana Stockler Campos Clímaco

Mestre, rosanasclimaco@gmail.com

Resumo

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a inteligibilidade da fala no Atelier 01 da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) do Instituto Central de Ciências (ICC) da Universidade de Brasília (UnB), edifício histórico projetado por Oscar Niemeyer. Utilizando dados medidos *in loco* por Climaco et al (2018), foi avaliado o índice de transmissão da fala (STI) do ambiente, com auxílio de simulação computacional no *software* EASE 4.4. Os resultados mostram que a inteligibilidade obtida no Atelier 01 está em desacordo com as recomendações da ABNT NBR IEC 60268-16:2018 para a função de sala de aula, demandando intervenções arquitetônicas para ajuste da alta reverberação e melhoria da qualidade acústica do ambiente.

Palavras-chave: Edifício histórico; Atelier; Conforto acústico; Inteligibilidade; Simulação computacional

Abstract

This paper asses the speech intelligibility of Atelier 01 at Faculty of Architecture and Urbanism of University of Brasília, historical building designed by Oscar Niemeyer. Using reverberation data by Climaco et al. (2018), speech transmission index (STI) has been rated, using the software EASE 4.4. The results showed that the Atelier 01 intelligibility is not in attendance with standards such as ABNT NBR IEC 60268-16:2018 for classroom function, requiring architectural interventions to adjust reverberation time and improve the acoustic quality room.

Keywords: *Historical building; Workshop; Acoustic comfort; Intelligibility; Computer simulation*

1. INTRODUÇÃO

Uma das funções dos espaços construídos é atender ao bem-estar do usuário, para que este possa desenvolver suas atividades com conforto em todos os aspectos sensoriais (KOWALTOWSKI, 2011). Este ambiente físico, por sua vez, é composto por elementos inter-relacionados, como a luz, o som, o clima, o espaço e os seres vivos (OLGYAY, 1973). Tal inter-relação sugere que, para que um ambiente seja plenamente confortável, ele deve contemplar não só um elemento, mas o equilíbrio nesta inter-relação. Logo, o conforto ambiental, enquanto disciplina e compreendendo o estudo das condições térmicas, acústicas, luminosas e energéticas e os fenômenos físicos a elas associados, deve ser encarado como um dos condicionantes da forma e da organização do espaço (RITTER, 2014).

Como descreve Souza et al. (2006), os requisitos necessários para que o bom desempenho acústico de uma sala ocorra correspondem à boa inteligibilidade do som, ausência de interferência de ruídos externos ao som de interesse, à distribuição sonora uniforme, à difusão sonora e ao tempo de reverberação adequado. Ambientes escolares ruidosos podem acarretar mal-estar, estresse e fadiga em estudantes e professores, na medida em que ruídos externos à escola ou internos intrusos dificultam a concentração. Estes ruídos levam o ouvinte a despender um esforço maior para conseguir compreender o que está sendo dito, assim como o interlocutor, para se expressar com maior intensidade para se fazer compreender.

Desse modo, uma sala de aula, como espaço destinado à comunicação verbal, deve garantir a clara comunicação entre interlocutor e ouvinte, fornecendo condições básicas para estudo, interação e discussão. Sendo assim, a qualidade acústica do ambiente escolar é determinante para o aprendizado de estudantes e para o exercício saudável da profissão de educador.

Normativas e documentos técnicos brasileiros assumem um papel importante ao estabelecer e orientar profissionais a definir condições ideais para salas de aula. As ABNT NBR 12.179 (1992), 10.152 (2017), 10.151 (2019) e IEC 60268-16 (2018) estabelecem requisitos e critérios acústicos que devem ser adotados no projeto e avaliação de salas de aula. Além disso, há documentos como o “Manual ProAcústica para Qualidade Acústica em Escolas”, que além de trazer estes requisitos, orienta com boas práticas na elaboração de projetos de acústica para ambientes de ensino tradicionais (PROACÚSTICA, 2019).

Com os avanços tecnológicos e as demandas por ambientes sustentáveis e eficientes, o modo como se avalia o projeto tornou-se mais complexo. Tal complexidade impulsionou o emprego de ferramentas de simulação computacional como apoio às decisões projetuais, tornando o projetista capaz de avaliar diferentes aspectos do seu projeto, entre eles o desempenho acústico (WONG et al, 2000). Como defendido por Citherlet et al. (2001), a simulação computacional é o método mais apropriado para avaliar e auxiliar na tomada de decisões de projeto, por meio de uma análise integrada do desempenho do edifício.

Baseado nesta premissa, este trabalho se aprofunda na discussão acerca da qualidade acústica na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (FAU/UnB), localizada no ICC, em Brasília, apoiando-se em medições *in loco* de tempo de reverberação de Climaco

et al. (2018). A pesquisa se desenvolve por meio de apresentação de referencial teórico e normativas, estudo de trabalhos anteriores a este, cujo objeto de estudo também foi o Instituto Central de Ciências.

2. CONFORTO ACÚSTICO EM AMBIENTES DE ENSINO

Ambientes de ensino são espaços em que as atividades desenvolvidas apresentam sensibilidade ao ruído, pois requerem concentração. Segundo a NBR 10.151 (ABNT, 2019) para área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escola, são fixados os valores de ruídos urbanos externos de 50 dB para o período diurno e 45 dB para o período noturno.

Além da avaliação do ruído externo, para uma boa qualidade acústica do ambiente de ensino, é essencial que as condições internas sejam propícias à palavra falada. Para salas destinadas ao uso educacional, sugere-se adotar “Sala de conferência” como função fim, já que a ABNT NBR 12.179:1992 não estabelece critérios específicos para o uso “Sala de aula”.

2.1 Tempo de Reverberação

De acordo com Tadeu (2000, *apud* SOUZA et. al, 2006), para salas de aula teóricas, considera-se que o Tempo de Reverberação para as frequências entre 125Hz e 250Hz, deve ser menor que 1,2 segundo e para as frequências dentre 250Hz e 4000Hz, deve ficar entre 0,8 segundos e 1,0 segundo. Já no guia sobre acústica de salas de aula da Sociedade Americana de Acústica, Seep et al. (2000) sugerem 0,6 e 0,4 como níveis mínimo e máximo, respectivamente, para avaliação de Tempo de Reverberação em salas de aula.

Além disso, a NBR 10.152 (ABNT, 2017) estabelece de 35 a 40 dB como valores de referência para níveis de pressão sonora internos, específicos para esta tipologia. A Tabela 1 apresenta valores de referências para ambientes escolares. É admitida tolerância de até 5 dB para RL_{Aeq} e RL_{ASmax} e até 5 para RL_{NC}.

Finalidade de uso	Valores de referência		
	RL_{Aeq}	RL_{ASmax}	RL_{NC}
Circulações	50 dB	55 dB	45
Salas de Aula	35 dB	40 dB	30
Biblioteca	40 dB	45 dB	35

Tabela 1: Valores de referência para escolas. Fonte: Adaptado de NBR 10152, 2017

2.2 Índice de transmissão da fala

Segundo Long (2006), a inteligibilidade da fala é um método de medição direta do entendimento da fração de palavras ou sentenças por um ouvinte. O STI (índice de transmissão da fala) é um parâmetro acústico que indica a inteligibilidade da fala em um ambiente e é condicionado principalmente pelo Tempo de Reverberação (TR) e pelo som

residual no ambiente. A norma ABNT NBR IEC 60268-16:2018 apresenta classificação dos índices de STI, variando na escala de 0 (inteligibilidade ruim) a 1 (excelente inteligibilidade), conforme Tabela 2.

Desse modo, quanto maior o índice, maior será a compreensão do sinal acústico – neste caso, do interlocutor na sala de aula. Para usos típicos de sala de aula, a Norma recomenda a categoria "D", com valor nominal de STI igual a 0,62, onde o ambiente garante o entendimento de mensagens complexas e palavras não familiares, como mostra a Tabela 3.

STI	Impressão Subjetiva
0,75 – 1,00	Excelente
0,60 – 0,75	Boa
0,45 – 0,60	Satisfatória
0,30 – 0,45	Pobre
0,00 – 0,30	Ruim

Tabela 2: Relação entre STI e Impressão Subjetiva. Fonte: Adaptado de NBR IEC 60268-16, 2018

Categoria	Valor STI nominal	Tipo de informação da mensagem	Exemplos de usos típicos
A	0,74	Mensagens complexas, palavras não familiares	Teatros, auditórios, tribunais
B	0,70		
C	0,66		
D	0,62		Sala de palestra, salas de aula, salas de música
E	0,58	Mensagens complexas, contexto familiar	Salas de música, igrejas contemporâneas

Tabela 3: Relação entre STI e Impressão Subjetiva. Fonte: Adaptado de NBR IEC 60268-16, 2018

3. CONFORTO ACÚSTICO NO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS (ICC) DA UnB

O Instituto Central de Ciências, de autoria do arquiteto Oscar Niemeyer com contribuições de João Filgueiras Lima, está localizado no campus universitário Darcy Ribeiro, na Asa Norte do Plano Piloto de Brasília, como mostra a Figura 1. O edifício de 696 metros de extensão unifica cincos institutos de ciências, abrigando salas de aula, laboratórios, anfiteatros e faculdades. Composto por pórticos pré-moldados de concreto armado, é formado por dois blocos, conectados por um átrio de 15 metros de largura, entrecortado por jardins e praças. Cada bloco possui duas partes retas – Norte e Sul – e uma curva – Central.

Segundo Schlee et al. (2014), o Instituto Central de Ciências - ICC configurou-se num símbolo do campus Darcy Ribeiro a partir de sua integração entre as unidades acadêmicas, característica que lhe conferiu o apelido de "minhocão". Esta configuração foi desenhada por Oscar Niemeyer, quando do projeto que visava reunir os institutos centrais da Universidade

em apenas um edifício. Ao aproximar o espaço acadêmico, Niemeyer reforçava “o espírito do projeto pedagógico inicial da UnB” (SCHLEE et al., 2014, p. 24).



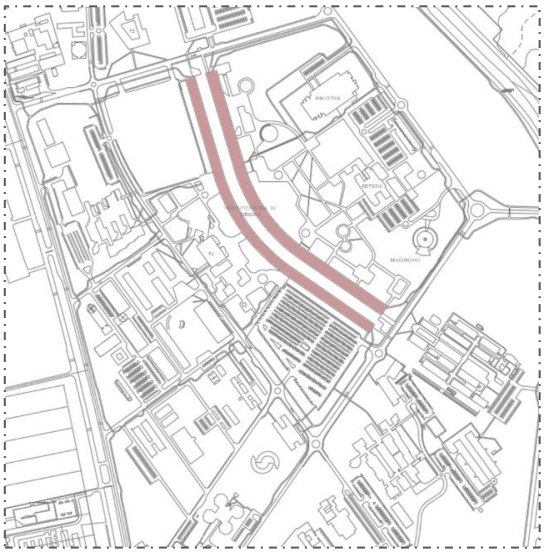


Figura 1: Localização do ICC (UnB) em Brasília. Fonte: Adaptado de *Google Earth*, 2021.
Figura 2: Campus Darcy Ribeiro (UnB), destaque ICC. Fonte: Adaptado de CEPLAN, 2021



Figura 3: Instituto Central de Ciências, *campus* Darcy Ribeiro. Fonte: Joana França, 2016

Estudos anteriores já abordaram a dimensão ambiental do ICC, avaliando e propondo soluções para a melhoria do conforto ambiental no edifício. A Avaliação Ambiental Integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília, estudo de Romero et al. (2015), elaborou um diagnóstico com diretrizes no sentido de melhorar o desempenho térmico, luminoso e acústico do ICC. Faz parte deste estudo avaliar a qualidade acústica interna e a atenuação sonora de vedações verticais de salas de aula, laboratórios e anfiteatros.

Os resultados de Romero et al. (2005) mostraram ambientes bastante reverberantes, em um cenário desfavorável ao uso da fala e às funções educativas que abrigam. Na mesma direção, Daga (2019) avaliou nove tipologias de ambientes do ICC, por meio de simulação computacional com o *software* EASE e medições *in loco*, encontrando resultados que corroboram Romero et al. (2005). Nenhum dos ambientes avaliados pela autora atende a critérios mínimos de tempo de reverberação e outros parâmetros, como o percentual de perda de articulação de consoantes (%ALCons – *Percentage Articulation Loss of Consonants*) e o índice de transmissão da fala (STI). Em menor escala, Climaco et al. (2018) também se depararam com condições acústicas desfavoráveis ao analisar um dos ateliês da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UnB.

Os dados desses estudos comprovam a necessidade de avaliar e propor soluções para garantir melhores condições de ensino-aprendizagem no ICC, apesar das intervenções propostas pelos autores, como a instalação de forros e revestimentos fonoabsorventes, muitas vezes esbarrarem na manutenção da estética brutalista do edifício.

Desse modo, a presente pesquisa utiliza-se do mesmo objeto de estudo de Climaco et al. (2018), levando os dados coletados de tempo de reverberação para o contexto da simulação computacional, avaliando assim a inteligibilidade da fala e lançando bases para possíveis intervenções de melhoria.

4. ESTUDO DE CASO: ATELIER 01 – FAU/ICC/UnB

A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - FAU é uma das regiões do ICC que melhor preservaram as condições originais do edifício. De pé direito duplo e espaço de ensino amplo e integrado, a FAU está localizada na parte norte do Instituto, abrigando salas de aula, laboratórios, auditórios e ateliês, conforme apresenta a Figura 4. A materialidade de concreto aparente e esquadrias envidraçadas de laje a teto conferem à FAU caráter plástico modernista, próprio do Instituto Central de Ciências. Entretanto, a predominância de superfícies reflexivas ao som e ausência de materiais absorvedores, aliada à total integração dos ambientes de atelier, resultam num campo sonoro extenso e propício para alta reverberação do ruído, como alerta Climaco et al. (2018).

O Atelier 01, objeto de estudo deste trabalho, tem função de atelier de arquitetura e sala de aula, com atividades de desenho arquitetônico, produção de maquetes e aulas expositivas. Possui características geométricas e de uso que o distingue dos demais ateliês da FAU, como

o pé direito simples e o uso de pranchetas direcionadas para a frente do quadro, tendo uma configuração fixa e controlada, como ilustram as Figuras 5 a 7.

Apesar das condições mais favoráveis à inteligibilidade da fala do que nos ateliês integrados, pois possui maior privacidade e menor distância entre professor e estudante, Clímaco et. al (2018) demonstram que ainda são necessárias melhorias. O tempo de reverberação encontrado pelos autores foi da ordem de 1,35 segundos para a frequência de 500 Hz, portanto mais de 100% maior do que o recomendado para o ambiente em questão em sua função de palavra falada, que segundo a ABNT NBR 12.179:1992, é de 0,6 Hz para a mesma frequência.

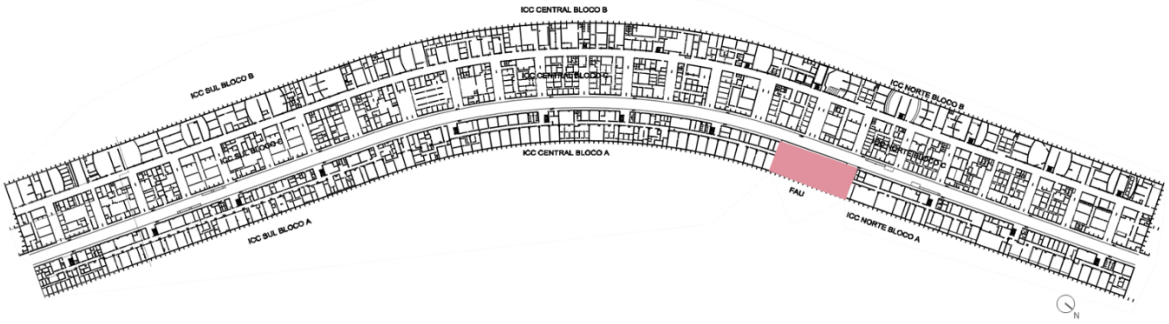


Figura 4: Planta baixa do Térreo do ICC/UnB. FAU em vermelho. Fonte: Adaptado de CEPLAN, 2021.

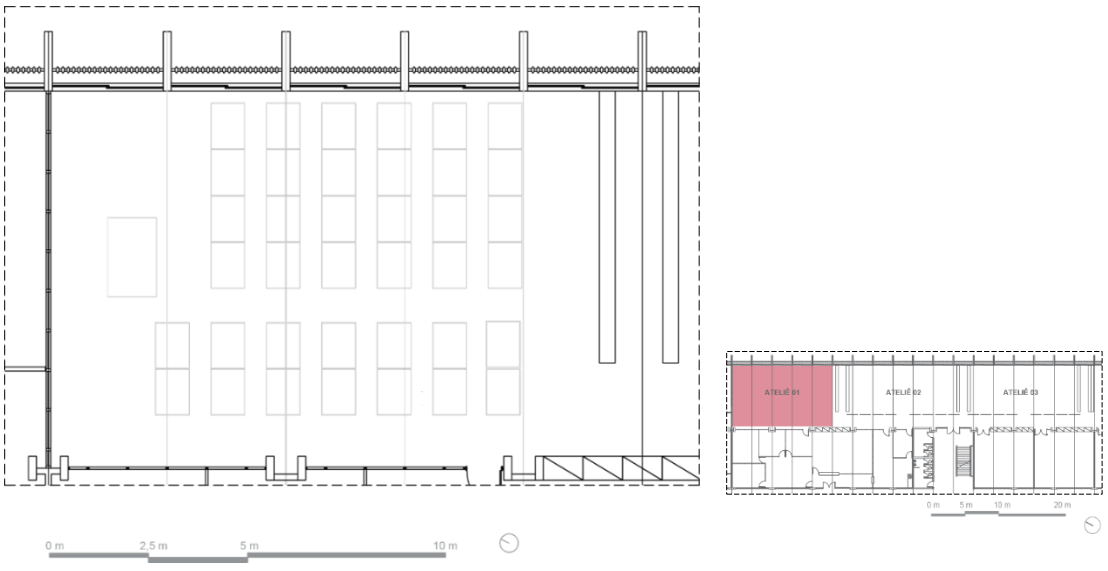


Figura 5: Planta baixa do Atelier 01 – FAU/ICC/UnB. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.





Figuras 6 e 7: Visão do ouvinte e do professor no Atelier 01, respectivamente. Fonte: Autores (2021).

A forma do atelier 01 é retangular, de 9,20 metros de largura por 13,70 metros de comprimento. O pé direito da sala é de 2,56 metros, com área útil de 128,50 m² e volume igual a 381 m³.

4.1 Dados de entrada

Para verificação do tempo de reverberação do Atelier 01, elaborou-se um modelo virtual a partir de dados extraídos de arquivos CAD, cedidos pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer – CEPLAN, assim como o modelo *as built* modelado na ferramenta *Sketchup*, cedido pela FAU/UnB. Cada superfície que compõe a materialidade do atelier foi separada com uma cor e camada diferente, conforme apresenta a Figura 8, permitindo uma diferenciação de suas características de absorção acústica.

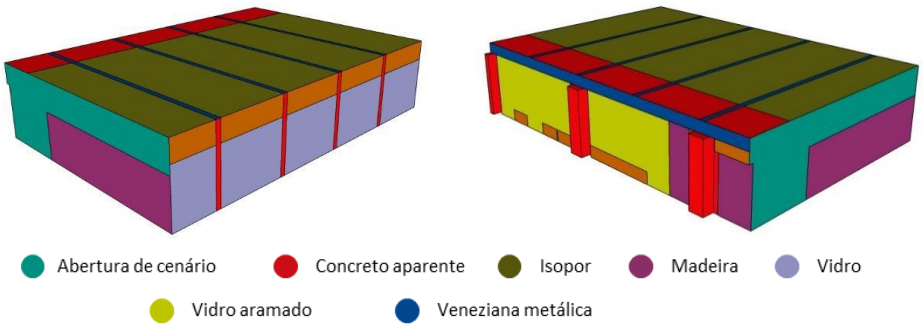


Figura 8: Modelagem 3D no *Sketchup*. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O modelo 3D então foi exportado para o *EASE* 4.4 – *software* para modelagem e previsão acústica, inserindo dados de absorção para cada superfície do ambiente. Criou-se um banco de dados a partir dos materiais e seus coeficientes de absorção apresentados na Tabela 3. Para definição dos coeficientes de absorção, adotaram-se valores constantes em normativas e bibliografia técnica.

Coeficientes de absorção sonora por frequência								
Material	Área (m²)	100 Hz	125 Hz	**250 Hz**	**500 Hz**	**1000 Hz**	**2000 Hz**	**4000 Hz**
Abertura de cenário	15,54	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,60	0,50
Alvenaria pintada	28,46	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Concreto aparente	39,61	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Granitina (mármore)	128,48	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Isopor	98,29	0,10	0,18	0,11	0,19	0,61	0,58	0,49
Madeira	60,38	0,15	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Veneziana metálica	13,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03
Vidro	27,96	0,18	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Vidro aramado 6 mm com área pequena	20,56	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Superfícies metálicas	13,19	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabela 3: Dados de coeficiente de absorção utilizados. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Com auxílio de simulação computacional, foi feita a avaliação do parâmetro de STI, de forma a avaliar a inteligibilidade da fala no atelier 01. Para a simulação, estabeleceram-se duas áreas de audiência diferentes, compreendendo os dois conjuntos de pranchetas existentes. No total, há 42 pranchetas para desenho. O *input* de fonte utilizado para as simulações foi voz humana masculina, conforme diretriz da ABNT NBR IEC 60268-16:2018, tom normal, locada a 1,60 metros do solo. O som residual utilizado foi de 35 dB, de acordo com nível estabelecido pela ABNT NBR 10.152:2017 para ambientes de sala de aula.

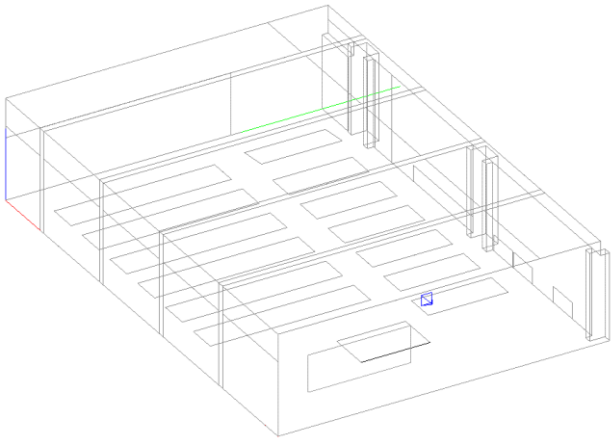


Figura 9: Modelagem EASE. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para a obtenção do TR ótimo, seguiram-se os procedimentos da ABNT NBR 12.179:1992. Sendo assim, considerou-se, para a frequência de 500Hz, o valor de 0,6 segundos. Para as demais frequências, foi feita a correção dos valores segundo SILVA (2002). Com o tempo de reverberação calculado em simulação, procedeu-se à comparação entre o TR simulado e o TR medido por Climaco et al. (2018).

5. RESULTADOS

A Tabela 4 apresenta um quadro comparativo entre o TR medido *in loco* e o TR simulado para o atelier 01. Os dados coletados foram tabelados em terço de banda de oitava, nas frequências de 100 a 5000 Hz. A banda de 63 Hz não foi comparada por uma limitação do *software* utilizado, apesar de ter sido captada em medição de campo. Entretanto, as bandas de 125 a 4000 Hz já satisfazem o estudo de STI.

Ambos resultados de TR se mostraram superiores aos valores normativos. Além disso, o modelo simulado apresentou tempos inferiores aos coletados por medição, o que pode indicar contribuição dos materiais inseridos no banco de dados do modelo virtual, sobretudo em médias e altas frequências, importantes para a palavra falada.

Para aproximar o TR simulado com a situação real do ambiente, optou-se por utilizar os valores medidos *in loco*, ajustando o parâmetro TR diretamente no *EASE*. Após a calibragem, foi simulado o STI. Os resultados são apresentados nas figuras 9, 10 e 11.

Comparativo dos Tempos de Reverberação estudados			
Frequência (Hz)	**TR medido *in loco* (s) (Climaco et al. 2018)**	**TR simulado (s)**	**TR ótimo (s)**
100	1,41	1,33	0,96
125	1,51	1,14	0,90
160	1,50	1,49	0,78
200	1,68	1,88	0,72
250	1,57	1,48	0,69
315	1,37	1,44	0,65
400	1,34	1,27	0,63
500	1,35	1,24	0,60
630	1,39	1,10	0,60
800	1,3	0,93	0,60
1000	1,15	0,74	0,60
1250	0,89	0,66	0,60
1600	0,93	0,72	0,60
2000	0,88	0,76	0,60
2500	0,86	0,75	0,60
3150	0,78	0,73	0,60
4000	0,69	0,78	0,60
5000	0,62	0,77	0,60

Tabela 4: Dados de coeficiente de absorção utilizados. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

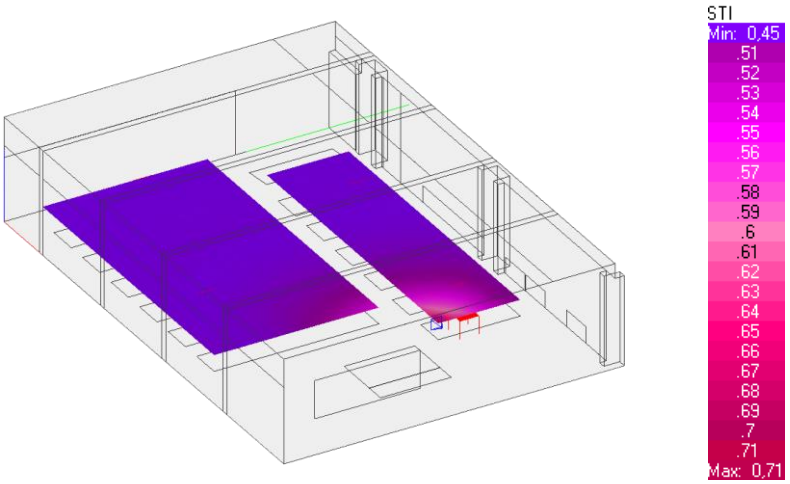


Figura 10: Mapa de STI do Atelier 01 – Perspectiva. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

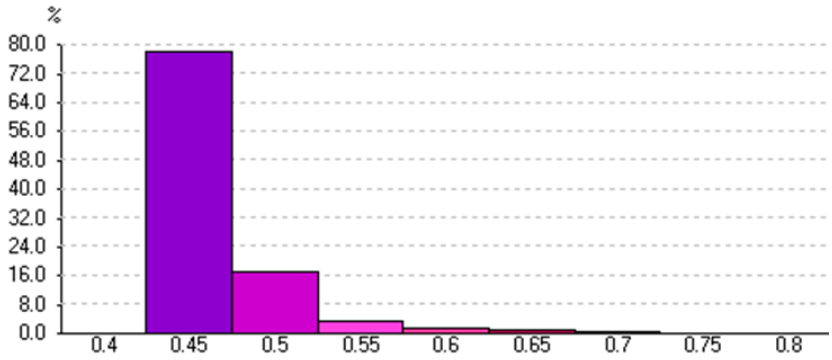


Figura 11: Porcentagem de STI pela área do Atelier 01. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

A tabela 5 apresenta os resultados de índice de transmissão da fala do Atelier 01 e a classificação segundo a ABNT NBR IEC 60268-16:2018.

Resultados de índice de transmissão da fala					
STI (Mínimo)	**STI (Máximo)**	**STI (Média)**	**Classificação para salas de aula (IEC 60268-16)**	**Classificação atingida**	**Impressão Subjetiva**
0,45	0,70	0,46	0,62 (Classe D)	E	Satisfatória

Tabela 5: Resultados de índice de inteligibilidade da fala. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Conforme apresentado, a distribuição de porcentagem do índice de transmissão da fala – STI se mostra não uniforme, sobretudo a partir da segunda fileira de pranchetas do atelier. Os maiores índices estão limitados às pranchetas mais próximas à fonte emissora [professor(a)]. Apesar da impressão subjetiva em função do STI encontrado ser considerada como "satisfatória", a classificação segundo a ABNT NBR IEC 60268-16:2018 se enquadra na categoria "E", estando desconforme critérios normativos. O recomendado seria a classificação "D" (STI ≥ 0,62) para a função de sala de aula.

Tal fato se deve à alta reverberação devido às superfícies reflexivas, além da ausência de reforços sonoros que poderiam direcionar a energia sonora para regiões mais distantes do interlocutor. Portanto, a inteligibilidade da fala no atelier 01 se mostra prejudicada, justificando a necessidade de intervenções acústicas no ambiente.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho dedicou-se a avaliar a qualidade acústica de um dos ateliês da FAU/ICC/UnB. O ateliê 01 foi escolhido, dentre os demais ateliês da FAU, por suas características semelhantes às de uma sala de aula tradicional e que, a princípio, favoreceriam a inteligibilidade da fala. Para a avaliação, utilizaram-se dados obtidos em pesquisas anteriores para calibração de simulação computacional, avaliando os parâmetros de Tempo de Reverberação (TR) e Índice de Transmissão da Fala (*Speech Transmission Index* – STI).

Por meio da comparação com os valores fixados pela ABNT NBR IEC 60268-16:2018, foi possível constatar que a inteligibilidade encontrada no atelier 01 está em desacordo com o recomendado para a função de sala de aula que abriga, demandando intervenção para melhoria da qualidade acústica do ambiente.

Os resultados de STI deste trabalho sugerem o uso de materiais acústicos para diminuir a alta reverberação no ambiente, ajustando o TR e consequentemente a inteligibilidade da fala. Além disso, em trabalhos futuros, sugere-se que sejam feitas medições *in loco* para comprovar o STI do atelier, afinando a tomada de decisões de intervenção. Tais resultados também abrem precedentes para estudos dos demais ateliês, que podem apresentar uma qualidade acústica ainda mais desfavorável, pelo pé-direito duplo e integração dos ambientes, facilitando a propagação do som residual.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a contribuição técnica dada pela Síntese Acústica Arquitetônica, no auxílio com o *software* EASE nas simulações apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12.179: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60268-16: International Standard: Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Suíça: ABNT, 2018.

CITHERLET, S.; CLARKE, J.A.; HAND, Jon Integration in building physics simulation. Energy and Buildings, 33 (5), 2001. pp. 451-461. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778800001080. Acesso em: 12 agosto. 2021.

CLÍMACO, R. S. C.; COELHO, F. C; OLIVEIRA, G; LOBO, V. et al. Ateliês abertos: integração x conforto sonoro, um estudo de caso - FAU/UnB. In: XXVIII ENCONTRO DA SOBRAC, 2018, Porto Alegre. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: https://proceedings.science/sobrac/papers/atelies-abertos--integracao-x-conforto-sonoro-um-estudo-de-caso---fau-unb Acesso em: 12 agosto. 2021.

DAGA, Clarice Cavalcante. Avaliação do conforto acústico em ambientes de ensino e aprendizagem: estudo de caso de salas de aula do Instituto Central de Ciências – ICC. 2019. xv, 106 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

KOWALTOWSKI, D. Arquitetura escolar. O projeto do ambiente de ensino. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.

LONG, M. Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, San Diego, 2006.

OLGYAY, V. Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. 4a ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA, 1973.

PROACÚSTICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA. Manual ProAcústica para a qualidade acústica em escolas. [S. l.: s. n.]: 2019. 39 p. Disponível em: https://www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-proacustica-qualidade-acustica-em-escolas/. Acesso em: 21 out. 2021.

RITTER, V. M. Avaliação das condições de conforto térmico, lumínico e acústico no ambiente escolar, no período do inverno: o caso do Campus Pelotas Visconde da Graça. Dissertação de Mestrado. Universidade de Pelotas, Pelotas, 2014.

ROMERO, M. A. B, et al. Relatório – Avaliação ambiental integrada do Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília. Brasília: Centro de Planejamento Oscar Niemeyer - CEPLAN, 2015.

SCHLEE, Andrey Rosenthal...[et al.]. Registro Arquitetônico da Universidade de Brasília. Brasília: Editora UnB, 2014.

SEEP, B; GLOSEMEYER, R; HULCE, E; LINN, M; AYTAR, P. Classroom Acoustics I, a resource for creating learning environments with desirable listening conditions. Acoustical Society of America, 2013.

SILVA, Conrado de Marco. Elementos de Acústica Arquitetônica. São Paulo: Nobel, 2002.

SOUZA, L.C.L.; ALMEIDA, M.G.; BRAGAN, A.L. Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura. São Carlos: EdUFSCar, 2006.

WONG, N. H.; LAM, K. P.; HENRY, F. The use of performance-based simulation tools for building design and evaluation: a Singapore perspective. Building and Environment, v. 35, p. 709-736, 2000.

EIXO 6

PATRIMÔNIO
4.0

Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA)

Envolve objetos inteligentes, sensores, serviços e aplicativos para o monitoramento de sítios históricos e instituições culturais; tecnologias pervasivas, ubíquas e ou de inteligência artificial para integração, gerenciamento e análise de grande volume de dados, voltadas à segurança física, à eficiência dos processos, à produção de metadados descritivos, ao enriquecimento semântico e da experiência do usuário, e à divulgação do patrimônio cultural.

RECONHECIMENTO DE ESTILOS E ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS COM IA: UMA FERRAMENTA DE ENGAJAMENTO PARA A ARQUITETURA DE MADEIRA DA COLONIZAÇÃO NORTE PARANAENSE

Recognition of architectural styles and elements with AI: an engagement tool for wooden architecture of the colonization in the North of Paraná

Gabriela Oliveira Wedekin

Mestranda, Universidade Estadual de Londrina, gabriela.wedekin@uel.br

Ricardo Cesar Rodrigues

Mestrando, Universidade Estadual de Londrina, ricardo.rodrigues@uel.br

Eloisa Ramos Ribeiro Rodrigues

Professora Doutora, Universidade Estadual de Londrina, eloribeiro@uel.br

Priscila Henning

Professora Doutora, Universidade Pitágoras & Universidade Norte do Paraná, prihenning1@gmail.com

Rovenir Bertola Duarte

Professor Doutor, Universidade Estadual de Londrina, rovenir@uel.br

Resumo

A pesquisa visa estimular o cidadão no engajamento, participação e percepção da arquitetura de madeira da colonização na região norte paranaense, através de um artefato de reconhecimento de estilos e elementos arquitetônicos por Inteligência Artificial com redes neurais convolucionais, associado à geração de dados georreferenciados para mapeamento patrimonial. A pesquisa faz parte do Smart Campus da Universidade Estadual de Londrina (UEL), do tipo quase-experimental em Living Lab. Em relação ao artefato, a metodologia se aproxima do Design Science Research e sua avaliação é baseada no teste de usabilidade utilizando critérios tais como: Capacidade de aprendizado, Eficiência, Memorabilidade e Efetividade. Os resultados mostram que o artefato obteve uma acurácia compatível com as apontadas no estado da arte, e apresenta potencial para uma leitura e valorização mais participativa e integrada sobre a conservação do patrimônio no desenvolvimento urbano.

Palavras-chave: Inteligência artificial; Aprendizado Profundo; *Crowdsourcing*; Patrimônio edificado; Norte do Paraná

Abstract

The research aims to encourage the citizen in the engagement, participation and perception of the wooden architecture of the colonization in the north region of Paraná, through an artifact of recognition of architectural styles and elements by Artificial Intelligence with convolutional neural networks, associated with the generation of georeferenced data for heritage mapping. The research is part of the Smart Campus of the State University of Londrina (UEL), of the quasi-experimental type in Living Lab. Regarding the artifact, the methodology is close to Design Science Research and its evaluation is based on usability testing using criteria such as: Learnability, Efficiency, Memorability, Effectiveness, among others. The results show that the artifact obtained an accuracy compatible with those pointed out in the state of the art, and presents potential for a more participative and integrated reading and appreciation of heritage conservation in urban development.

Keywords: *Artificial intelligence; Deep Learning; Crowdsourcing; Built Heritage; North of Paraná*

1. INTRODUÇÃO

Com o propósito de evitar possíveis desconexões entre o patrimônio e a vida contemporânea, emergiram nas últimas décadas alguns movimentos que buscam trabalhar a paisagem urbana de modo holístico, integrando meio ambiente, patrimônio material e imaterial. Mais recentemente, em 2011, a UNESCO editou os Princípios de La Valletta, propondo estratégias aplicáveis a qualquer intervenção nas cidades de modo a "salvaguardar os valores de cidades históricas e as suas configurações, bem como a sua integração na vida social, cultural e econômica dos nossos tempos" (ICOMOS, 2011, preâmbulo). Em 2013, a cartilha intitulada *New Life for Historic Cities*, editada também pela UNESCO, apresentou a *Historic Urban Landscape Approach*, onde trata a cidade como um *continuum*, postulando a integração do patrimônio histórico à vida cotidiana, à economia, e ao desenvolvimento urbano. Este último livreto destaca o papel de usos de aplicativos para a difusão, mapeamento e apreensão do patrimônio urbano pelos usuários. Destaca-se ali uma abordagem que promove a educação patrimonial, com a participação popular no mapeamento e direcionamento de medidas de proteção, além de estimular a compreensão e apropriação das cidades históricas não apenas pelos turistas, mas pelos próprios moradores (UNESCO, 2013). Nesta direção este trabalho discorre sobre o desenvolvimento de um artefato tecnológico de reconhecimento em Inteligência Artificial (IA), com objetivo de reconhecer traços estilísticos e elementos arquitetônicos, com ênfase na arquitetura de madeira da colonização na região norte paranaense.

Este artefato é proposto dentro do contexto conceitual do *Smart Heritage*, que pode ser explicado como um sistema ou modo de responder aos desafios da conservação do patrimônio cultural na era da *Smart City* (ADRIAN; KURNIAWAN, 2020). Nesta ideia, o *smart* é pensado como um caminho para a construção de formas de tratar com o patrimônio com a ativa participação dos habitantes (AMATO; BEVILACQUA; URAS, 2018). O cidadão, sendo turista ou morador, tornar-se-ia assim um sujeito protagonista de uma experiência, onde respostas afetivas e participativas surgem em prol de um maior entendimento do patrimônio

(DHONJU et al., 2018). O artefato aqui relatado se caracteriza como uma "*community engagement tools*" (LIANG; LU; MARTIN, 2021), que com o envolvimento do cidadão procura produzir dados do tipo "*user-generated contente*" (UGC) e "*volunteered geographic information* (VGI), voltados para as fases de "pré-conservação" (ADRIAN; KURNIAWAN, 2020). Este artefato busca explorar, como observam Adrian e Kurniawan (2020), o grande interesse das gerações contemporâneas em gadgets e sua próxima relação com a tecnologia digital, mais especificamente o smartphone. Para isso, foram treinados três modelos de IA utilizando redes neurais convolucionais (Convolutional Neural Network - CNN), de modo que fizessem o reconhecimento de estilos e elementos arquitetônicos, com específico interesse na apreensão da arquitetura de madeira da colonização na região Norte Paranaense. Acredita-se na potencialidade do caráter interativo e curioso do modelo de reconhecimento da IA como um estímulo ao engajamento e à sensibilização para o patrimônio, próximo às estratégias de gamificação (RIGANTI, 2017; CHANDA, CHAUDURI, CHAUDURY, 2018).

Deve-se destacar ainda que, embora se reconheça a penetração destes dispositivos na sociedade mundial, alguns estudos já apontam o impacto na percepção das pessoas causado pelos smartphones (WILMER; SHERMAN; CHEIN, 2017). Entre tais estudos, destacam-se os voltados para o chamado efeito "*photo-taking-impairment*" (HENKEL, 2013; SOARES; STORM, 2018), que é caracterizado pela perda de percepção quando se observa por meio de câmeras, digitais ou não. Contudo, Henkel (2013) levanta a questão do emprego do zoom no processo de entendimento dos objetos observados, podendo minimizar tal perda. Desta forma, esta característica é explorada no artefato aqui apresentado por meio da utilização do reconhecimento de elementos arquitetônicos através da câmera, fazendo com que as pessoas prestem mais atenção nas partes dos edifícios e usem zoom. A continuação desta pesquisa buscará investigar a potencialidade atrativa do reconhecimento por IA e se o emprego do zoom aumenta a capacidade de percepção em relação ao emprego comum da câmera de smartphone.

Deste modo, o artigo é estruturado em: apresentação do Contexto Metodológico da pesquisa (ITEM 2), Descrição do artefato (ITEM 3), Resultados do Aprendizado da Máquina (ITEM 4), Discussão de Resultados (ITEM 5) e Conclusão (ITEM 6).

2. CONTEXTO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Esta pesquisa faz parte do *Smart Campus* da Universidade Estadual de Londrina (UEL), que se enquadra metodologicamente como quase-experimental em *Living Lab* (EVANS et al, 2017), buscando no ambiente universitário o *locus* para simulação, desenvolvimento e testagem de soluções inovadoras e artefatos tecnológicos. Deve-se destacar que o Campus da UEL conta com 3 casas reconstruídas originárias de cerca de 1940 e uma réplica da primeira catedral de Omitido dos anos 1930 (Figura 1), formando um ambiente onde serão realizadas as próximas etapas da pesquisa.

A representação deste acervo está no fato que, em 1940, aproximadamente 98% das casas de Londrina eram de madeira (BONI, 2009). No entanto, atualmente estas edificações estão cada vez mais escassas, e são pouco reconhecidas como patrimônio arquitetônico pela população. Portanto, a proposta é desenvolver um artefato de reconhecimento de estilos e elementos arquitetônicos, que permita inserir imagens (capturas de tela do aplicativo e fotografias) dos edifícios em madeira com localização georreferenciada em um mapa, como um modo de empregar tecnologias, fomentando a curiosidade, o engajamento e a participação da população em relação ao patrimônio arquitetônico nas *Smart Cities*.



Figura 1: Mapa da região do Campus da Universidade Estadual de Londrina com a reconstrução de 3 edifícios da época da colonização na região norte paranaense. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Em relação ao dispositivo, a metodologia se volta para o Design Science Research (DSR), uma estratégia de pesquisa derivada da chamada "ciência do artificial" (SIMON, 1996). Trata-se de um tipo de pesquisa baseada na produção de artefatos com objetivos claros, com a explícita intenção de entender melhor o funcionamento das soluções e como estas operam no mundo prático (PEFFERS et al., 2008). A avaliação do artefato é baseada no teste de usabilidade proposto por Zhang e Adipat (2005), sobre os itens de Capacidade de aprendizado, Eficiência, Memorabilidade, Número de erros, Efetividade, Simplicidade e/ou Complexidade e Legibilidade.

O contexto de fundamentação teórica da pesquisa se ancora de modo mais específico em discussões sobre o *Smart Heritage* e em uma perspectiva mais ampla no resgate da noção de "patrimônio ambiental urbano" (YÁZIGI, 2012). Esta última noção busca superar os limites taxonômicos e compreender o patrimônio cultural de forma integrada, entendendo a cidade como um fato social dinâmico, frente à fragmentação do patrimônio em diversas categorias e suas medidas de salvaguarda próprias (MENESES, 2006).

O *Smart Heritage*, como foco mais específico, segundo Liang, Lu e Martin (2021), se aproxima de uma manifestação *bottom-up* de valores sociais, reconhecendo mais facilmente a diversidade cultural e a natureza dinâmica do patrimônio no contexto de rápida globalização. Assim, é possível engajar residentes que vivem no local ou nas proximidades do patrimônio, a fim de obter sua colaboração, como também, o empoderamento da comunidade (ADRIAN; KURNIAWAN, 2020; LIANG; LU; MARTIN, 2021). O *Smart Heritage*, para Adrian e Kurniawan (2020), deve desempenhar um papel importante na conscientização da importância da

conservação, contando com a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para a conservação do Patrimônio Cultural. Por estas razões, a Comissão Europeia (2021), conforme se pode ver no relatório "*Cordis results pack on digital cultural heritage*", apresenta diversos projetos de *Smart Heritage* promovidos no âmbito desta cooperação. Como destacam Amato, Bevilacqua e Uras (2018), é necessário que a preservação patrimonial ande ao lado da inovação presente na vida atual. Contudo, não se pode esquecer que o patrimônio histórico ainda é pouco estudado nos ambientes de *Smart City* (DAMGAARD et al., 2015; DUTRA; PORTO, 2019; ANGELIDOU; STYLIANIDIS, 2020; BATCHELOR; SCHNABEL, 2021), e que o *Smart Heritage* é um conceito relativamente novo (ADRIAN; KURNIAWAN, 2020), de modo a exigir cautela e visão crítica em um processo ainda prematuro.

Deste modo, neste campo, o avanço das TICs e das ações em *crowdsourcing* têm sido importantes para mapear, registrar, reinterpretar, armazenar dados ou promover atividades de difusão e educação patrimonial. Estes recursos ajudam a explorar sítios culturais e museus virtualmente, produção de comunidades engajadas em redes sociais na conservação do patrimônio, educação patrimonial de modo remoto (E-educação), construção de meios para participação e diálogo com as autoridades competentes nas tomadas de decisão relativas à preservação patrimonial, entre inúmeras outras estratégias (RIGANTI, 2017; CHANDA, CHAUDURI, CHAUDURY, 2018; LIANG; LU; MARTIN, 2021). Como observam Adrian e Kurniawan (2020), o emprego de TICs no processo de conservação do patrimônio, na era da *Smart City*, pode ser dividida em três fases: pré-conservação, conservação e pós-conservação. A pesquisa aqui relatada se volta para a fase de pré-conservação, com dedicação ao processo de engajamento, percepção e compreensão inicial do patrimônio com o uso de reconhecimento por IA, associado a possibilidade de produzir mapeamento de edifícios com características específicas para equipes de planejamento de conservação patrimonial.

3. DESCRIÇÃO DO ARTEFATO

O artefato se caracteriza por um aplicativo que funcionará no smartphone com quatro funções básicas: (a) reconhecimento de estilo arquitetônico, com inclusão do tema de arquitetura de madeira do Norte do Paraná; (b) reconhecimento de partes arquitetônicas do edifício, com objetivo de fazer o usuário empregar o zoom e investir mais tempo na observação deste; (c) reconhecimento de ambos, estilos e elementos, para estimular a observação das partes e do todo; e (d) fotografia do edifício com envio de dados georreferenciados, podendo produzir um acervo de dados de arquitetura de madeira na cidade de Londrina ou da região. Desta forma seu desenho combina ações de reconhecimento de monumentos, empregadas por exemplo por Palma (2019), e de reconhecimento de elementos arquitetônicos, usadas por Abed, Al-Asfoor e Hussain (2020), somando ainda a ideia de jogos móveis baseados em localização espacial (LIANG; LU; MARTIN, 2021).

De modo simplificado, o procedimento de uso foi delineado para passeios dirigidos, onde se instala o aplicativo e o usuário inicia a busca por este tipo de arquitetura. O aplicativo de fácil

uso pode ser empregado por pessoas de diversas idades, ainda que se imagine poder gerar maior atração no público jovem. Como observam Koukopoulos e Jung (2017), é necessário o desenvolvimento de ferramentas de fácil acesso, que despertem a curiosidade do usuário e ofereçam novas formas de interação com o meio urbano e o patrimônio cultural edificado. Assim, para usá-lo basta voltar o celular para o edifício em processo de percepção que este através da IA irá buscar reconhecer o estilo ou as partes do edifício. O processo mecânico da IA poderá despertar a curiosidade e engajamento, como citado acima, ainda que se reconheça riscos de automatização e alienação no processo de leitura do patrimônio. A seguir destaca-se o funcionamento técnico do artefato.

3.1 A descrição técnica do aplicativo de reconhecimento do artefato

O aplicativo foi desenvolvido no *Android Studio,* sendo que os três modelos foram treinados na plataforma de processamento em nuvem *Teacheable Machine* da Google. Esta plataforma utiliza a técnica de "transferência de aprendizado" da Rede Neural Convolucional (CNN) MobileNet em *TensorflowJS*, este modelo possui ~4.2 milhões de parâmetros, e foi pré-treinado com o banco de dados de "larga escala" da ImageNet por Howard et al. (2017). É importante destacar que esta plataforma utiliza 85% dos dados para o treinamento de máquina e 15% para teste, de modo que as imagens de teste são selecionadas aleatoriamente e a acurácia é medida através do cálculo de porcentagem de acertos que a rede neural obteve após a etapa de treinamento. Os três modelos de reconhecimento são: de estilos (01), de elementos (02) e a fusão dos dois (03).

O Modelo 01 estruturou-se em 16 classes, que consistem nos estilos arquitetônicos: *Art Déco*, *Art Nouveau*, Barroco, Bizantino, Romântico, Paladiano, Neogrego, Estilo mimético, Escola de Bauhaus, Escola de Chicago, Escola Belas Artes, Pós-modernismo, Desconstrutivismo, Estilo Internacional e a Arquitetura da Colonização do Norte Paranaense.

Os dados de treinamento dos 15 primeiros estilos derivaram dos conjuntos de dados coletados por Xu et al. (2014) e Danci (2019). O conjunto do último estilo surge das imagens dos edifícios de madeira obtidas através de páginas de blogs, vídeos do Youtube ("José Carlos Farina", 2021a, 2021b) e do acervo digital do patrimônio histórico do Governo do Paraná (PARANÁ, 2009).

O Modelo 02 utilizou de dados raspados de motores de pesquisa como Google, Bing, Flickr e Pinterest, além das imagens do banco de dados da ImageNet (RUSSAKOVSKY et al., 2015). Neste modelo foram consideradas 11 classes: Balaústras, Bancos, Portas, Janelas, Pilares, Escadas, Rampas, Sacadas, Telhados, Bandeiras e Placas.

Já o Modelo 03 é uma fusão dos dois anteriores, desse modo, o primeiro modelo utilizou um total de 6348 imagens, o segundo utilizou 5249 imagens e o terceiro foi treinado com 11.597 imagens. Ainda que este último modelo, em tese, tivesse sua complexidade aumentada

devido ao número de classes, a acurácia de teste não foi bruscamente afetada, demonstrando então a capacidade da máquina em diferenciar as partes de um todo.

Por fim, a plataforma escolhida para o mapeamento coletivo (*data-crowdsourcing*) foi o *Google My Maps* devido a facilidade de uso, pois esta permite que os usuários desenvolvam mapas de forma colaborativa inserindo pontos, trajetos, fotos e informações textuais. Abaixo (Figura 2) a interface do aplicativo.

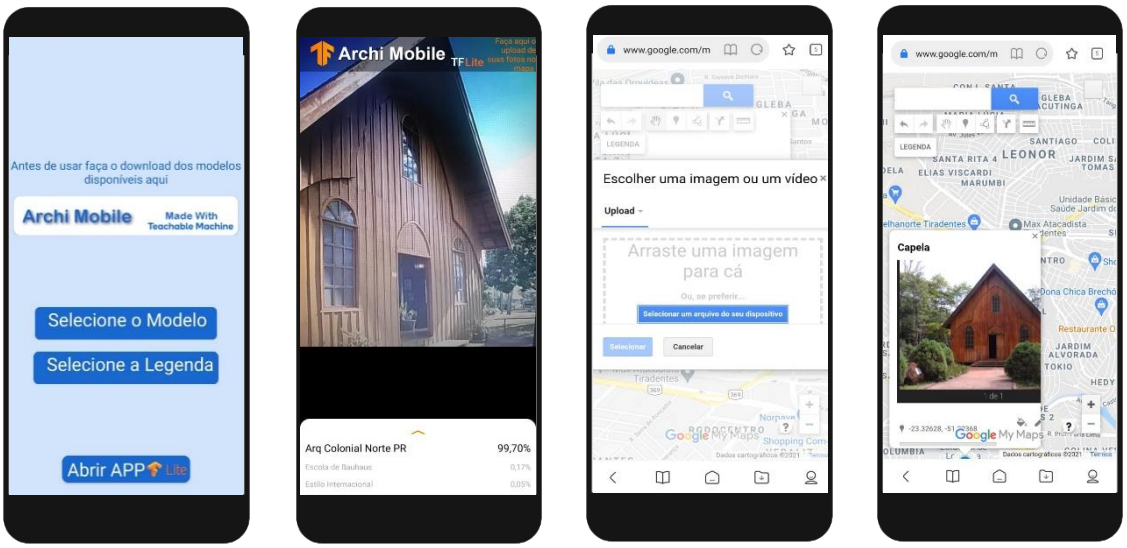


Figura 2: Interface do Aplicativo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

O aplicativo funciona com três modelos diferentes, porém antes de ser inicializado, ou seja, abrir o aplicativo (botão inferior da primeira tela na Figura 2), é necessário fazer o download dos modelos que estão localizados em uma pasta do Google Drive e em seguida selecionar um dos modelos e sua respectiva legenda. Feito estes passos, o aplicativo pode ser aberto e ser feito as predições dos estilos e/ou elementos em tempo real, através da imagem da câmera traseira do smartphone (ver exemplo da imagem na segunda tela da Figura 2, a qual mostra a predição do estilo "Arquitetura Colonial Norte do Paraná" realizada pela IA). Já o botão superior direito na segunda tela (Figura 2), serve para abrir o site de edição de mapa no *Google My Maps*, onde os usuários podem realizar o mapeamento coletivo de imagens dos edifícios.

4. RESULTADOS: APRENDIZADO DA MÁQUINA

O tipo de rede neural empregado neste artefato, que usa resoluções de 224x224 pixels, quando comparado aos principais modelos do estado da arte, se mostra menos intenso computacionalmente (HOWARD et al., 2017). Contudo, devido ao uso da técnica de transferência de aprendizado na CNN MobileNet, há um grande reaproveitamento de parâmetros já treinados pela rede neural, diminuindo muito o esforço computacional. Assim,

apesar de suas limitações, tais características tornam este tipo de rede ideal e eficaz para o processamento em dispositivos mobile, como no caso deste artefato.

Sobre os resultados de reconhecimento, como é possível observar na Figura 3, os modelos treinados obtiveram boas acurácias para os dados de teste: Modelo 01 – 92.1%, Modelo 02 – 97.6% e Modelo 03 – 90.9%. Os hiper parâmetros de treinamento em todos modelos utilizam lotes de 16 imagens (*batch size*) e taxa de aprendizado (*learning rate*) de 0,001.

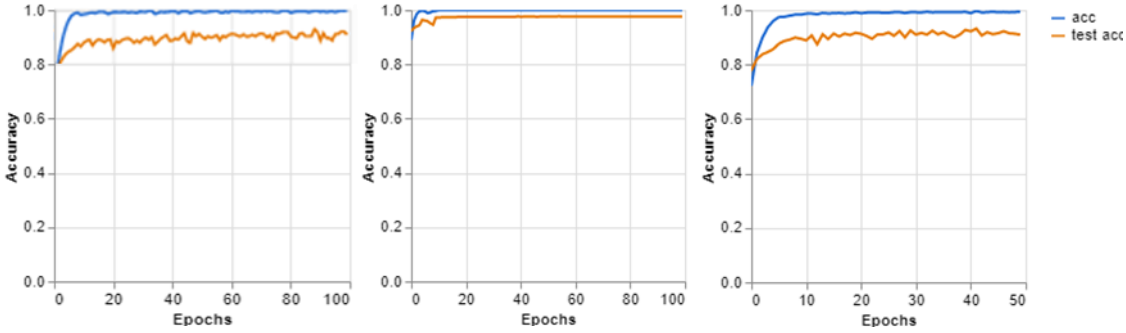


Figura 3: Acurácia dos Modelos 01, 02 e 03 respectivamente. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No entanto, apenas estas métricas não conseguem comprovar a efetividade do aprendizado, pois existe um limite ideal de otimização que pode ser encontrado observando as curvas de perda (*loss function*) (GOODFELLOW; BENGIO e COURVILLE, 2016). Quando as perdas declinam pouco nos ciclos de treinamento, indica que o modelo sofreu sub-ajuste (*underfitting*) e não conseguiu "aprender" o suficiente, possivelmente pela falta de dados. Por outro lado, nos casos onde as curvas de perda ascendem, o modelo sofre sobre-ajuste (*overfitting*) e não conseguirá fazer boas predições em novos dados. Portanto idealmente ambas devem declinar até se estabilizarem.

Para evitar que as métricas indiquem tanto sub-ajustes quanto sobreajustes, foi optado por realizar apenas transformações de aumento de dados simples, feitas unicamente por espelhamento horizontal em todas as imagens. Esta conseguiu aumentar o ruído nos dados de forma que aumentassem a acurácia e mantivessem as curvas de perda estabilizadas após o declínio, conforme demonstrado na Figura 4.

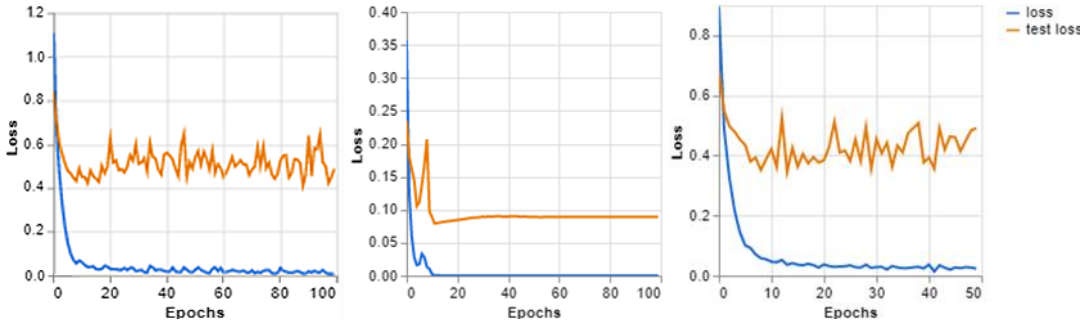


Figura 4: Função de Perda dos Modelo 01, 02 e 03 Respectivamente. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Outra leitura válida dos resultados é a distância entre as perdas de treinamento e as de teste, pois se os dados de treino se mostrarem idênticos aos de teste, as perdas seriam zero, mas o fato de existir uma certa discrepância entre esses valores significam que há uma diferença entre os dados de treinamento e os de teste.

Por fim, para interpretar se o modelo conseguiu fazer ou não a generalização dos dados, foram verificados os resultados das predições com matrizes de confusão demonstradas nas Figuras 5 e 6. Estes resultados demonstram que a rede neural não criou nenhum viés em nenhuma classe em específico, fazendo predições de forma consistente com os resultados de acurácia.

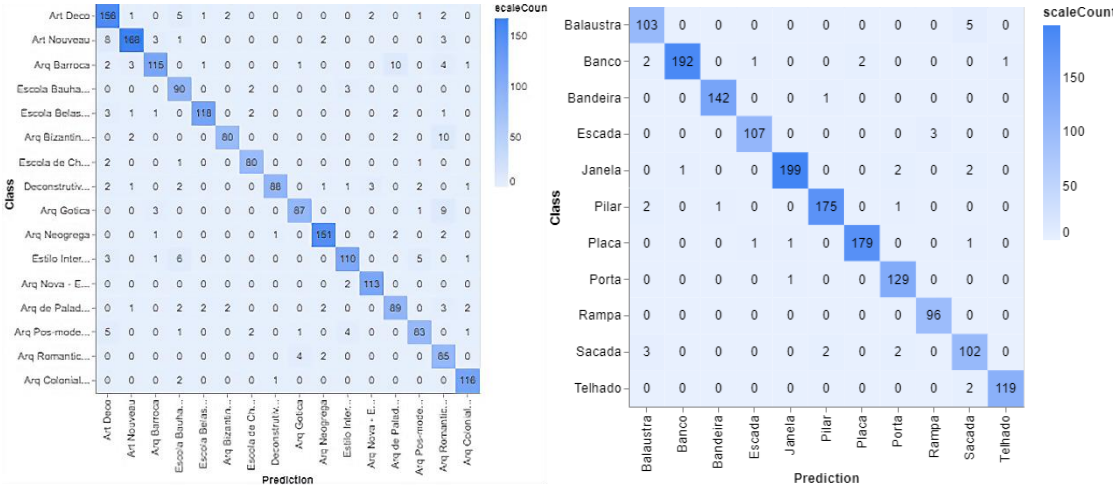


Figura 5: Matriz de Confusão do Modelo 01 e 02, Respectivamente. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

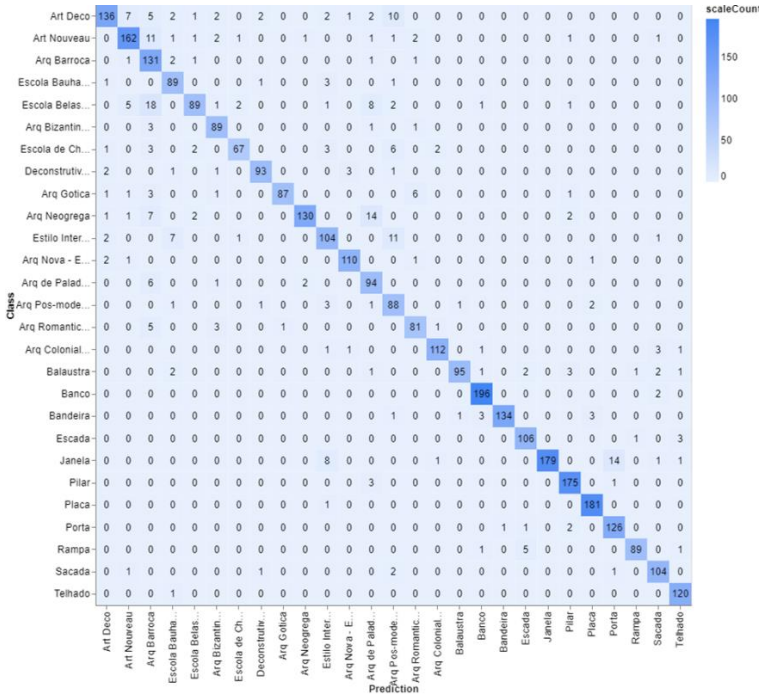


Figura 6: Matriz de Confusão do Modelo 3. Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Inicialmente, para se discutir tais resultados, é importante destacar que as perdas e a acurácia são diretamente afetadas pelo método de separação de dados de teste feito na plataforma do *Teacheable Machine*. Esta plataforma não permite que se faça a separação entre o banco de imagens de treinamento e teste, o que interfere diretamente nas métrica de aprendizagem e revela uma limitação. Assim, o ideal seria não utilizar técnicas de aumento de dados, pois estes dados poderiam ser selecionados para a etapa de teste, ainda assim, o espelhamento horizontal das imagens mostrou-se eficiente no aumento da acurácia e na melhora da generalização das predições.

Observando os resultados de treinamento dos modelos de reconhecimento é possível afirmar que obtiveram uma boa acurácia nas predições em todos os três casos, sendo superiores a 90%. Outro modo de dizer que o treinamento foi efetivo é através das métricas de função de perda e matrizes de confusão, que demonstraram boa capacidade dos modelos em generalizar as informações para fazer predições em novos dados.

No Modelo 03, o mais complexo pelo número de classes, houve pequenos desvios nas predições, por exemplo, entre Barroco, Paladiana e Neogrega, ou ainda, das Belas Artes e *Art Nouveau*. Essas confusões podem ser consideradas aceitáveis, até pela proximidade de suas características formais, e não interferem substancialmente na proposta da *engagement tool*. Contudo, um ganho importante desta pesquisa é a comparação entre as predições feitas pela máquina em uma série de estilos arquitetônicos e as realizadas com os típicos edifícios de madeira da arquitetura colonial do Norte do Paraná. Para esta classe alcançou-se uma acurácia que varia entre 97 e 94% nos Modelos 01 e 03 respectivamente. Esses resultados reforçam a eficácia da ferramenta para o fim determinado, como demonstra a qualidade e consistência do conjunto de dados coletados.

Sobre o reconhecimento dos elementos, detectou-se pequenos desvios nas predições entre portas e janelas (valor 14 na Matriz de confusão, ver Figura 6), que também pode ser justificado pela sua similaridade geométrica. Um dado ainda relevante para este modelo, é o fato de a máquina não confundir os elementos (detalhes) com o todo (edifícios). O Modelo 01 não confundiu classes de estilos clássicos com estilos mais modernos, e no Modelo 02 houve pequenos erros de predição entre sacadas e balaústras.

Por fim, em uma pré-avaliação de usabilidade do artefato, realizada pelos desenvolvedores e baseada nas diretrizes de Zhang e Adipat (2005), foram selecionados sete atributos: Capacidade de aprendizado (quanto tempo se demora para fazer alguma tarefa pela primeira vez); Eficiência (quanto tempo se demora para realizar tarefas); Memorabilidade (número de clicks até se terminar uma tarefa); Número de erros; Efetividade; Simplicidade e / ou Complexidade e por fim Legibilidade. Assim, foi possível observar algumas potencialidades e limitações da solução proposta:

- Para que o aplicativo consiga ser executado é necessário o download dos modelos em uma pasta do Google Drive, o que aumenta o número de clicks até se conseguir utilizar a ferramenta de IA;

- Outra característica negativa da solução é a sensibilidade de predições. Em outras palavras, o aplicativo faz os cálculos tão rápido que se a câmera estiver um pouco trêmula, as predições podem ficar variando entre dois ou três estilos diferentes;

- Outro ponto que pode ser melhorado é a interoperabilidade entre a câmera e a galeria, pois, por mais que o aplicativo possa usar a câmera, ele não consegue salvar as imagens na galeria. No entanto, esse problema pôde ser contornado através da captura de tela (*print screen*);

- O aplicativo possui uma interface Simples, Legível e Eficiente com instruções de uso claras e bem destacadas, além disso o aplicativo ainda permite que tanto os modelos quanto o mapa sejam atualizados de forma remota;

- Outro ponto positivo da solução é a variedade de estilos e elementos arquitetônicos com que o modelo foi treinado, selecionados de forma a facilitar o usuário na busca em sua memória de referências similares para que façam uma comparação entre sua percepção e a predição do modelo de inteligência artificial;

- A interface de reconhecimento de padrões tem um botão que dá acesso a plataforma de mapeamento colaborativo do *Google My Maps*, redirecionando o usuário para fazer upload de suas fotos e inserir suas informações georreferenciadas;

- O aplicativo não exige conexão com a internet quando é utilizado o reconhecimento de estilos e elementos arquitetônicos (para inserção das imagens geolocalizadas no *My Maps* é necessário internet), o que é visto como um ponto positivo, já que muitos dos edifícios de madeira a serem registrados podem se encontrar em regiões afastadas da cidade, lugares onde a conexão com a internet geralmente é mais precária;

- O aplicativo pode reconhecer um estilo arquitetônico e um elemento arquitetônico ao mesmo tempo, como apresentado no item (c). Dessa forma, é uma característica positiva, pois possibilita uma visão mais completa e detalhada do edifício observado.

6. CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou um artefato do tipo "*community engagement tools*" (LIANG; LU; MARTIN, 2021), que visa estimular os cidadãos a perceber e mapear a arquitetura de madeira no Norte do Paraná através de um aplicativo de reconhecimento baseado em IA – Aprendizado Profundo por CNN. Esse aplicativo foi capaz de reconhecer este tipo de arquitetura com uma acurácia entre 94 e 97%, como também, identificar elementos arquitetônicos com uma acurácia média de 97.6% (Modelo 02). Deve-se também destacar a qualidade dos dados em imagens deste tipo de arquitetura, que também é uma resultante

desta pesquisa. O artefato apresentou boas condições de usabilidade em uma pré-avaliação, com pontos positivos em: Simplicidade, Eficiência e Legibilidade. Além do fato de não exigir conexão com a internet, que viabiliza ainda mais seu uso. Em relação ao mapeamento digital por *crowdsourcing*, ainda não se tem a produção cartográfica em si, mas o dispositivo mostrou-se potencialmente aplicável para tal finalidade.

Avaliações mais aprofundadas de usabilidade e de poder de engajamento necessitarão ser desenvolvidas na continuidade, em ambiente de *Living Lab*. Algumas melhorias de interoperabilidade da câmera e integração com plataformas de mapeamento digital por *crowdsourcing* também serão necessárias, pois o levantamento de tais dados pode ser útil para a delineação de planos de conservação. Outra etapa prevista é verificar se o emprego do zoom aumenta a capacidade de percepção em relação ao emprego comum da câmera de smartphone, como apontado por Henkel (2013). Deve-se observar a importância de estimular a percepção das especificidades da arquitetura de madeira da colonização na região norte paranaense, pois como explicam Hoffmann e Piveta (2009), ainda que estes edifícios possam parecer semelhantes, existem importante variações conforme tradição e origem de cada construtor.

Em resumo, o artefato se mostrou aplicável para o reconhecimento de estilo e partes da arquitetura de madeira da colonização na região norte paranaense, sendo um passo técnico importante para a verificação da potencialidade de uma *community engagement tool*, almejando uma leitura e valorização mais responsável, participativa e integrada sobre a conservação do patrimônio na cidade.

REFERÊNCIAS

ABED, M. H., AL-ASFOOR, M., HUSSAIN, Z. M. "Architectural heritage images classification using deep learning with CNN", CEUR Workshop Proceedings, v. 2602, n. May, p. 1–12, 2020.

ADRIAN, S. M.; KURNIAWAN, K. R. Smart Heritage: Media for Realizing Cultural Heritage Conservation in The Smart City Era. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 452, IOP Publishing, 2020.

AMATO, C.; BEVILACQUA, G.; URUAS, S. Smart Heritage Strategy: a new intelligence for resilient historical centers. In: WORLD HERITAGE and KNOWLEDGE, Representation, Restoration, Redesign, Resilience - Le Vie dei Mercanti, XVI International Forum di Studi, 2018, Napoli, Capri. Anais eletrônicos [...]. Napoli, Capri, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341541246_Smart_Heritage_Strategy_a_new_intelligence_for_resilient_historical_centers. Acesso em: 22 jul 2021.

ANGELIDOU, M.; STYLIANIDIS, E. Cultural Heritage in Smart City Environments: The Update. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 2, p. 957-964, 2020.

BATCHELOR, D., SCHNABEL, M. A. "Opportunities and Recommendations for Local Governments Delivering Smart Heritage". 2, 2021. Anais [...] Hong Kong, PROJECTIONS, Proceedings of the 26th

International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, 2021. p. 749–758.

BONI, P. C., "As transformações geográficas e populacionais de Londrina na década de 40". In: BONI, P. C. (Org.), Certidões de Nascimento da História: O surgimento dos municípios no eixo Londrina-Maringá. Londrina: Planográfica, 2009. p. 51–66.

CHANDA, B.; CHAUDHURI, S.; CHAUDHURY, S. Heritage Preservation: a computational approach. Cingapura: Springer, 2018.

COMISSÃO EUROPEIA (European Comission). Cordis Results Pack on digital cultural heritage – How digital technologies can play a vital role for the preservation of Europe's cultural heritage. A thematic collection of innovative EU-funded research results. União Europeia (UE). Fevereiro de 2021. Disponível em: https://cordis.europa.eu/article/id/413473-how-digital-technologies-can-play-a-vital-role-for-the-preservation-of-cultural-heritage. Acesso em 23 julho 2021.

DANCI, M. D. ArchitecturalStyle Recognition. 2019. Disponível em: <https://github.com/dumitrux/architectural-style-recognition>.

DAMGAARD, M. L. et al. "Preserving heritage through technology in a city undergoing change". 2015. Anais [...] 2015 International Conference on Culture and Computing (Culture Computing), 2015. p. 183–186.

DHONJU, H.K. et al. Share our cultural heritage (SOCH): Worldwide 3D heritage reconstruction and visualization via web and mobile GIS. ISPRS. Int. J. Geo. Inf. 2018, 7, 360.

DUTRA, L. F., PORTO, R. M. A. B. "Alternativas inteligentes para a preservação do patrimônio cultural no contexto das smart cities", Revista Ibero-Americana De Ciência Da Informação, v. 1, n. 13, p. 72–390, 2019.

EVANS, P., et al. Living Lab Methodology Handbook. Zenodo, 2017.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. Deep Learning. Disponível em: <www.deeplearningbook.org>. Acesso em: 10 jul. 2020.

HENKEL, L. A. Point-and-shoot memories: The influence of taking photos on memory for a museum tour. Psychological science, v. 25, n. 2, p. 396-402, 2014.

HOFFMANN, M. L., PIVETA, P., "O nascimento de Londrina deu início ao processo de colonização do Norte do Paraná". In: BONI, P. C. (Org.), Certidões de Nascimento da História: O surgimento dos municipios no eixo Londrina–Maringá. Londrina: Planográfica, 2009. p. 17–50.

HOWARD, A. G. et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications. 2017.

ICOMOS. Princípios de La Valletta para a Salvaguarda e Gestão de Cidades e Conjuntos Urbanos Históricos. 17a Assembleia Geral do ICOMOS, Paris, 2011. Disponível em: https://www.icomos.org/images/DOCUMENTS/Charters/Valletta_Principles_Portugese.pdf. Acesso em 20 julho 2021.

José Carlos Farina. 2021a. Blogspot. Disponível em: <https://blogdojosecarlosfarina.blogspot.com/> Acesso em: 5 mai. 2021

José Carlos Farina. 2021b. Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/channel/UCy_v3LN7kAKk1HfGxrQ4pJA> Acesso em: 5 mai. 2021

KOUKOPOULOS, Z., KOUKOPOULOS, D., JUNG, J. J. A trustworthy multimedia participatory platform for cultural heritage management in smart city environments. Multimedia Tools and Applications, 2017. v. 76.

LIANG, X.; LU, Y.; MARTIN, J. A review of the role of social media for the cultural heritage sustainability. Sustainability, v. 13, n. 3, p. 1055, 2021.

MENESES, U. T. B. A cidade com bem cultural – áreas envoltórias e outros dilemas, equívocos e alcance na preservação do patrimônio ambiental urbano. In MORI, Victor Hugo; SOUZA, Marise Campos de; BASTOS, Rossano Lopes; GALLO, Haroldo (Orgs.). Patrimônio: atualizando o debate. São Paulo, Iphan, 2006, p. 33-76.

PALMA, V. "TOWARDS DEEP LEARNING FOR ARCHITECTURE: A MONUMENT RECOGNITION MOBILE APP", ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLII-2/W9, n. 2/W9, p. 551–556, 31 jan. 2019.

PARANÁ, G. do. MUSEUS PARANÁ. Brasil, 2009. Disponível em: http://www.memoria.pr.gov.br. Acesso em: 5 mai. 2021.

PEFFERS, K. et al. A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2008. http://dx.doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302

RIGANTI, P. Smart cities and heritage conservation: developing a smartheritage agenda for sustainable inclusive communities. International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 16, 22 nov. 2017. Emerald. http://dx.doi.org/10.26687/archnet-ijar.v11i3.1398.

RUSSAKOVSKY, O. et al. ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. International Journal of Computer Vision (IJCV), v. 115, n. 3, p. 211–252, 2015.

SIMON, H. A. The Sciences of the Artificial. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1996.

SOARES, J. S.; STORM, B. C. Forget in a Flash: A Further Investigation of the Photo-Taking-Impairment Effect. Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 7(1), p. 154–160, 2018.

UNESCO. New Life for Historic Cities: the historic urban landscape approach explained. Paris: Unesco, 2013. Disponível em: https://whc.unesco.org/en/news/1026. Acesso em: 20 jul. 2021.

WILMER, H. H.; SHERMAN, L. E.; CHEIN, J. M. Smartphones and Cognition: A Review of Research Exploring the Links between Mobile Technology Habits and Cognitive Functioning. Frontiers in Psychology, 8, 2017.

XU, Z. et al. "Architectural Style Classification Using Multinomial Latent Logistic Regression". Computer Vision – ECCV 2014, [S.l: s.n.], 2014. v. 8689. p. 600–615. DOI: 10.1007/978-3-319-10590-1_39.

YÁZIGI, E. O patrimônio ambiental urbano: uma conceituação ampliada e aperfeiçoada. Hospitalidade. São Paulo, v. IX, n. 1, p. 22 - 51, junho 2012.

ZHANG, D.; ADIPAT, B. Challenges, methodologies, and issues in the usability testing of mobile applications. International journal of human-computer interaction, v. 18, n. 3, p. 293-308, 2005.

Tecnologia 4.0
na divulgação
patrimonial

Levantamento
de dados in loco

Monitoramento
e simulação

Internet das Coisas (IoT)
e Inteligência Artificial (IA)

Manufatura avançada
aplicada ao patrimônio

Tecnologias
imersivas

ISBN: 978-65-992384-9-9

HBIM e
HCIM

Organização
LabAm LABORATÓRIO DO AMBIENTE
SiCAC Simulação Computacional do Ambiente Construído

Instituições
UFG UFRGS UFFS UnB

Apoio
LaSUS Lacam ARQUITEC