

Anais

PATRIMÔNIO

conectando dimensões

da realidade 4.0

2022

Organização

Instituições

Apoio



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 Grazielle 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.



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

O EVENTO

O impacto disruptivo da Indústria 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.





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

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 Folea 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]





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

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. Marta Adriana Bustos Romero [UnB]
Profa. Dra. Ana Clara Mourão Moura [UFGM]	Prof. Dr. Márcio Albuquerque Buson [UnB]
Prof. Dra. Ana Regina M. Cuperschmid [UNICAMP]	Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício [USP]
Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim [UnB]	Prof. Dr. Mauricio Azuma [UEM]
Profa. Dra. Cláudia T. de Andrade Oliveira [USP]	Profa. Dra. Mônica M. Andrade Tolentino [UFVJM]
Profa. Dr. Eloisa Dezen Kempter [Unicamp]	Profa. Dra. Mônica Santos Salgado [UFRJ]
Prof. Dr. Esequiel Fernandes Teixeira Mesquita [UFC]	Profa. Dra. Natalie Johanna Groetelaars [UFBA]
Profa. Dra. Fabiana Lopes de Oliveira [USP]	Prof. Dr. Neander Furtado Silva [UnB]
Prof. Dr. Fabiano M. de Souza Nogueira [UFBA]	Prof. Dr. Pedro Paulo Palazzo [UnB]
Profa. Dra. Fabíolla Xavier Rocha Ferreira Lima [UFG]	Prof. Dr. Pedro Henrique Gonçalves [UFG]
Prof. Dr. Gustavo de Luna Sales [UnB]	Prof. Dr. Regina Coeli Ruschel [UNICAMP]
Prof. Dr. Hélio Takashi Maciel de Farias [UFRN]	Profa. Dra. Regina Tirello [UNICAMP]
Profa. Dra. Joára Cronemberger [UnB]	Prof. Dr. Ricardo Codinhoto [BATH UK]
Profa. Dr. Lorena Claudia de Souza Moreira [UFBA]	

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 igreja: 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



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

- 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
Alcilia 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





PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade **4.0**

[24] - [26] de março [2022]

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 Cerávol, 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





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).



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 escoamento 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 Nouveau*, protegida a nível municipal pela Lei do Tombamento - Lei Complementar 275 de 6 de abril de 1992 (PORTO ALEGRE, 1992), sob processo nº 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: Sokolowski et al. (2018)

A infiltração proveniente do extravasamento da água das calhas, subdimensionadas em período de forte chuva, conforme descrito em Sokolowski *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.

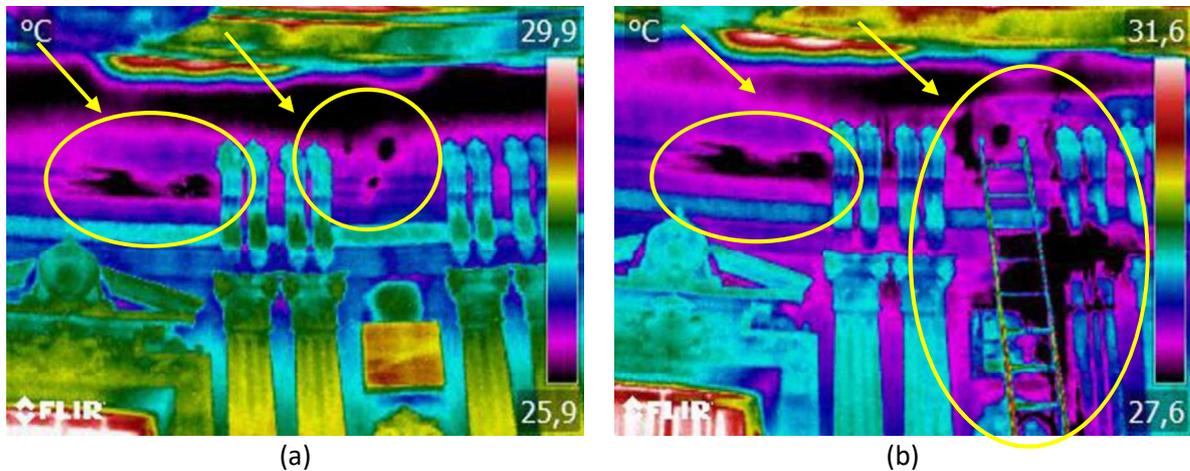
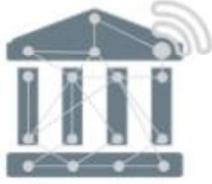
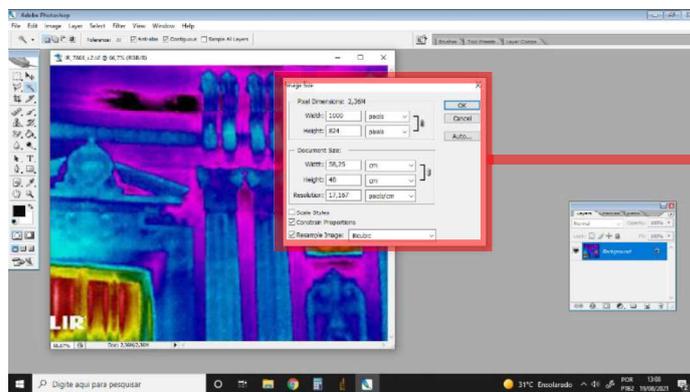


Figura 4: Imagens termográficas obtidas para análise de infiltração: (a) mancha inicial; (b) evolução da mancha ao longo do dia. Fonte: Sokolowski *et al.* (2018)

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.

- file > open: as imagens termográficas selecionadas foram abertas lado a lado, permitindo a visualização comparativa para a realização do recorte;
- ferramenta “crop tool”: localização do ponto exato para recortar, considerando a área a ser quantificada a mancha;
- 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®.

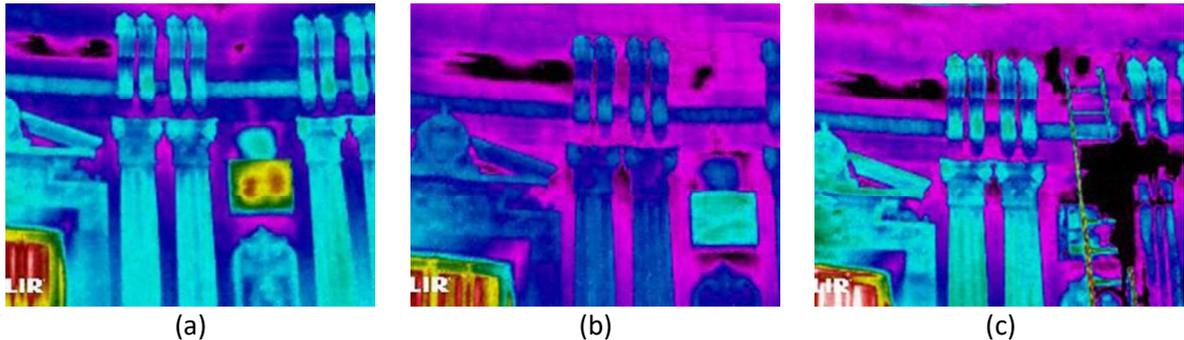


Figura 6: Termogramas selecionados a partir da análise no prédio do ICBS: (a) mancha inicial; (b) aumento da extensão da mancha; (c) mancha máxima verificada. Fonte: Elaborado pelos autores.

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.

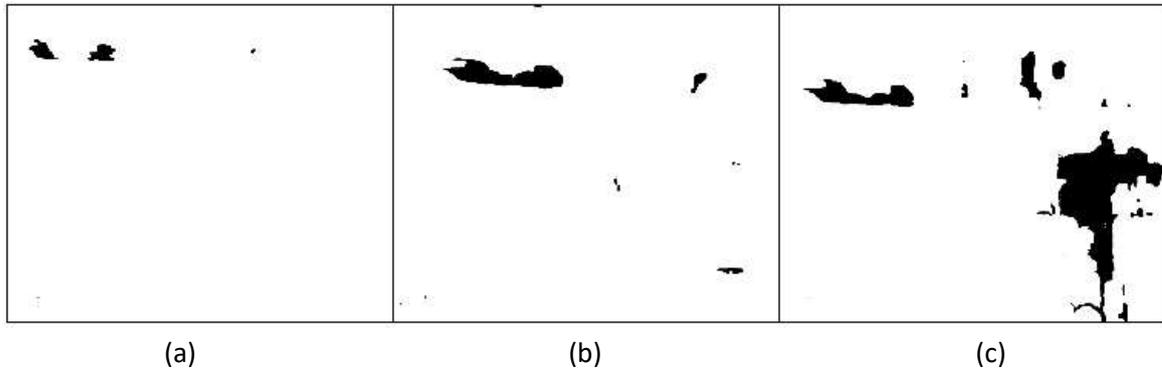


Figura 7: Rastreamento de pixels pretos para quantificação da mancha, desconsiderando-se o manchamento próximo da escada: (a) mancha inicial; (b) aumento da extensão da mancha; (c) mancha máxima verificada.

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.

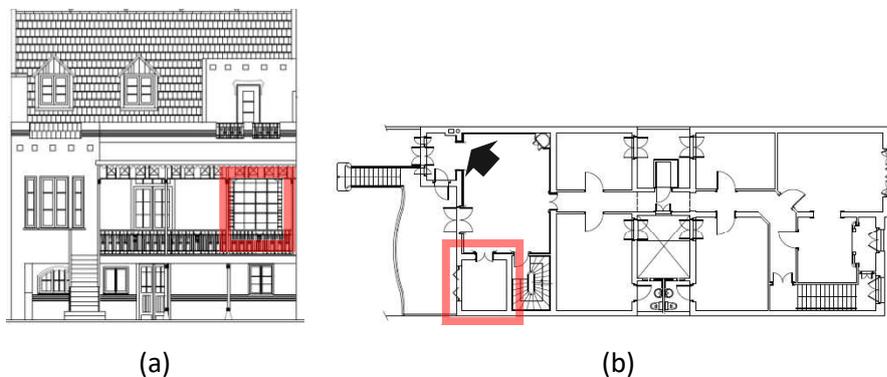


Figura 8: Casa Godoy: (a) fachada posterior (Norte); (b) planta baixa do segundo pavimento. Fonte: Elaborado pelos autores.

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.



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 > adjustment > brightness/contrast*: 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.

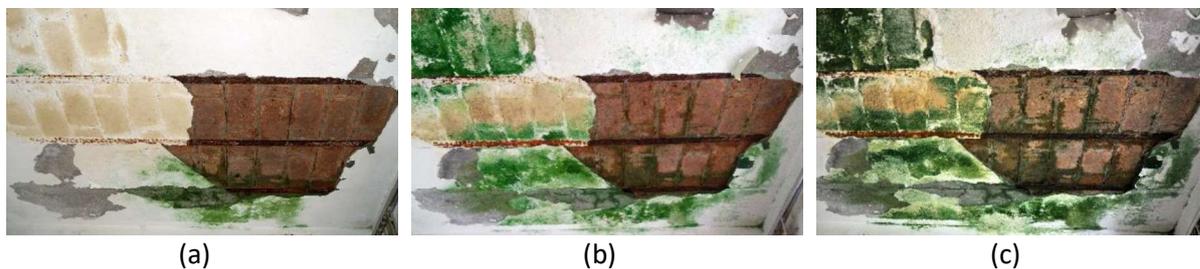
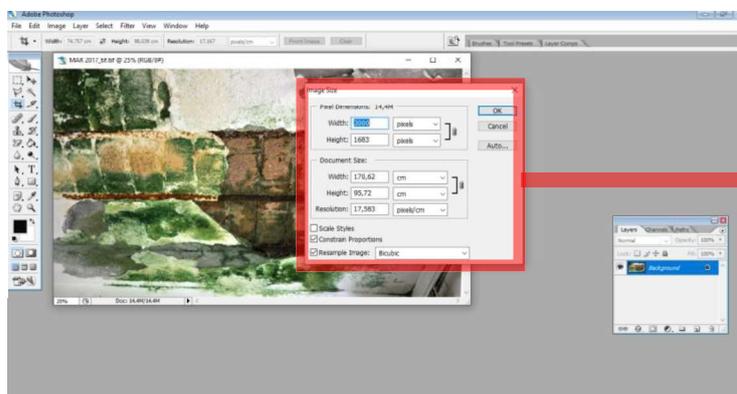


Figura 10: Imagens sequenciais após tratamento para equalização em Photoshop®: (a) imagem obtida em março de 2016; (b) imagem obtida em novembro de 2016 e (c) imagem obtida em março de 2017. Fonte: Elaborado pelos autores.



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.

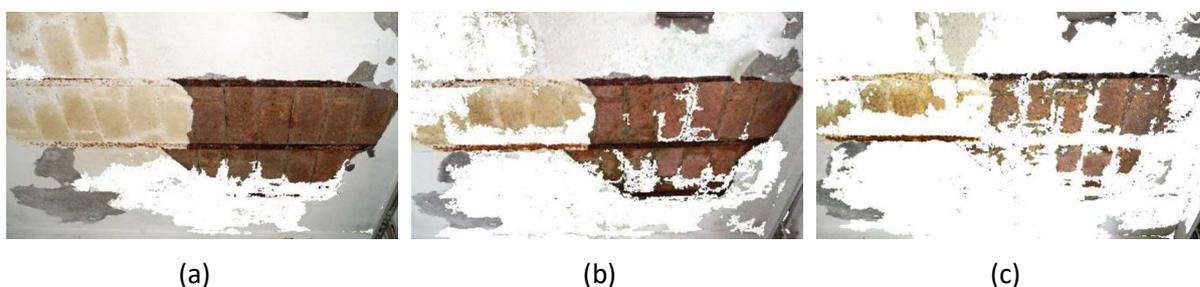
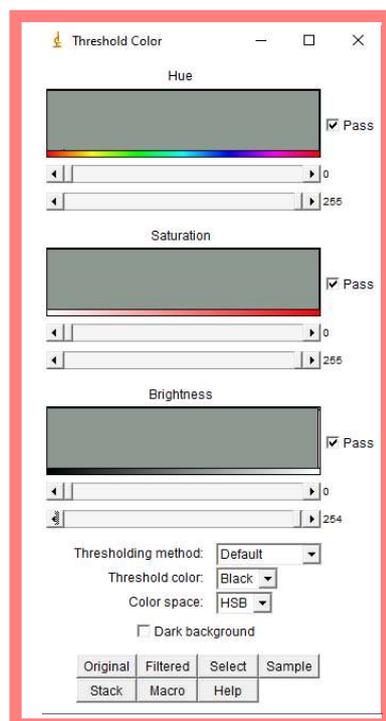


Figura 12: Imagens sequenciais após rastreamento e exclusão da região da mancha: (a) março de 2016; (b) novembro de 2016 e (c) março de 2017, Fonte: Elaborado pelos autores.



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:

- file > open* (foi selecionada a imagem em que havia sido removida a mancha a ser quantificada);
- 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.

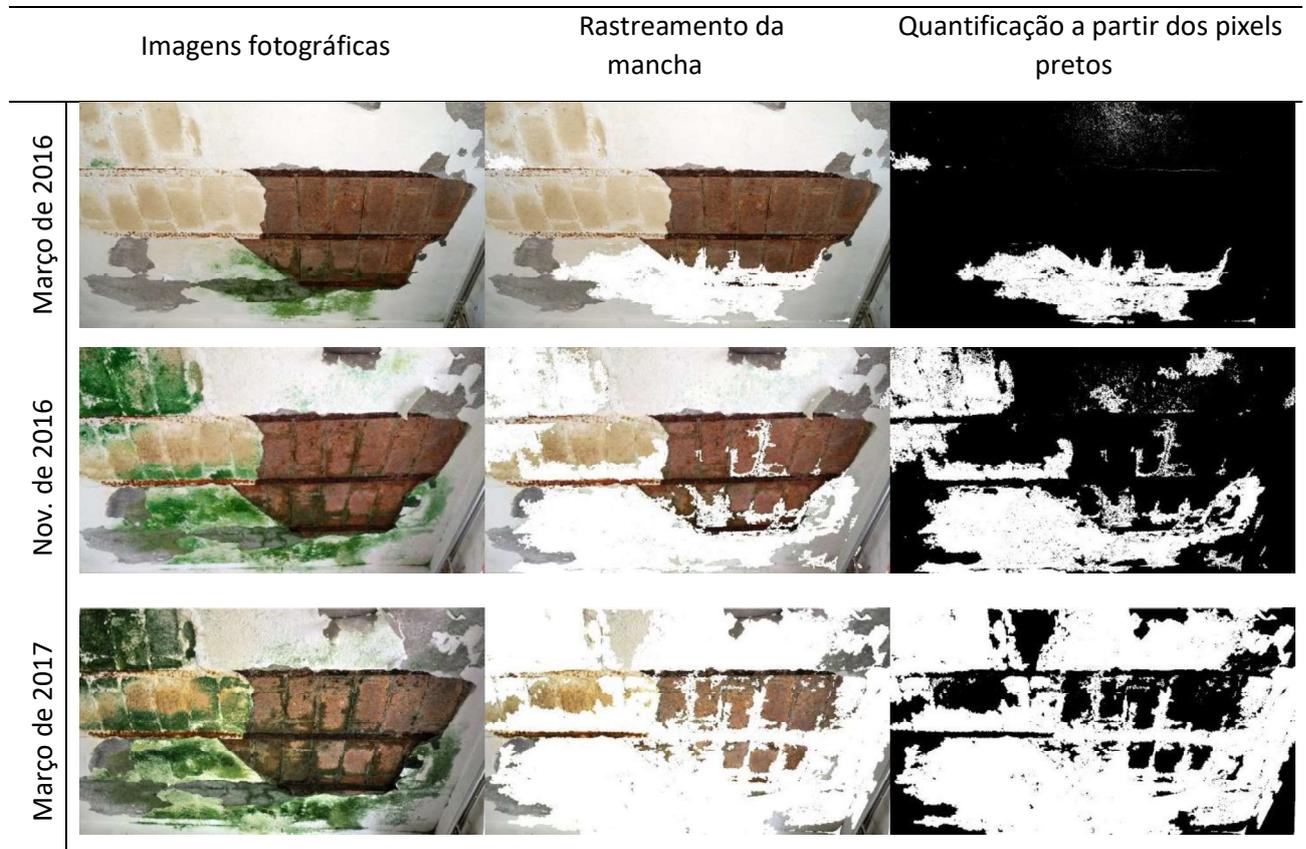


Figura 14: Sequenciamento de imagens com processamento no Image J®. Fonte: Elaborado pelos autores.

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 conseqüente 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: http://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.



PATRIMÔNIO

conectando dimensões
da realidade 4.0

[24] - [26] de março [2022]

RASBAND, W. S. IMAGEJ: Image Processing and Analysis in Java, versão 1.53k, 6 jul. 2021. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA. Disponível em: <<https://imagej.nih.gov/ij/download.html>>. Acesso em: 29 ago. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Lei nº 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.

