Revista ALCONPAT
www.revistaalconpat.org
eISSN 2007-6835
Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción

Manifestações patológicas em edificação histórica: cenário pós-incêndio do Casarão dos Fabricantes

M. H. C. M. Bezerra[1], L. S. Lima[2], A. L. L. Magalhães[1], L. Santos Filho[1], J. S. Miyasaki[2], E. V. Carvalho[1]*
* Autor de Contato: elayne.valerio@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.766

Recebido: 01/06/2024 | Correções recebidas: 13/08/2024 | Aceito: 23/08/2024 | Publicado: 01/09/2024

RESUMO

O objetivo deste estudo é documentar as manifestações patológicas do Casarão dos Fabricantes, um dos prédios mais antigos de Fortaleza, que foi severamente danificado por um grande incêndio em 2020. Apesar de sua importância histórica, não há registros detalhando a condição do edifício antes ou depois do incêndio. As paredes internas e duas fachadas foram os únicos elementos construtivos que não foram destruídos pelo fogo. O levantamento das manifestações patológicas foi conduzido por avaliação visual e termografia infravermelha, revelando diferentes processos de degradação nas estruturas avaliadas e fornecendo uma visão sistemática da extensão dos danos ao edifício. O mapeamento desses danos forneceu uma abordagem integrada, oferecendo uma base científica para apoiar o processo de restauração.

Palavras-chave: preservação de patrimônio histórico; manifestações patológicas; mapa de danos; matriz GUT; incêndio.

Citar como: Bezerra, M. H. C. M., Lima, L. S., Magalhães, A. L. L., Santos Filho, L., Miyasaki, J. S., Carvalho, E. V. (2024), "*Manifestações patológicas em edificação histórica: cenário pós-incêndio do Casarão dos Fabricantes*", Revista ALCONPAT, 14 (3), pp. x-x., DOI: https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.766

[1] Civil Engineering Course, Christus University Center, Fortaleza, Brazil.
[2] Architecture and Urbanism Course, Christus University Center, Fortaleza, Brazil.

Contribuição de cada autor
Neste trabalho, todos os autores contribuíram igualmente para todas as atividades, representando aproximadamente 17% cada. Essas atividades incluíram: coleta de dados, visita in loco para coleta de imagens, revisão de sintomas patológicos, análise, diagnóstico, produção de imagens, redação do trabalho e discussão dos resultados.

Licença Creative Commons
Copyright (2024) é propriedade dos autores. Este trabalho é um artigo de acesso aberto publicado sob os termos e condições de uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0).

Discussões e correções pós-publicação
Qualquer disputa, incluindo as respostas dos autores, será publicada na segunda edição de 2025, desde que as informações sejam recebidas antes do fechamento da primeira edição de 2025.

© 2024 ALCONPAT Internacional

Pathological manifestations in a historic building: post-fire scenario at Casarão dos Fabricantes

ABSTRACT

The objective of this study is to document the pathological manifestations of the Casarão dos Fabricantes, one of the oldest buildings in Fortaleza, which was severely damaged by a major fire in 2020. Despite its historical significance, there are no records detailing the condition of the building either before or after the fire. The internal walls and two facades were the only construction elements that were not destroyed by the fire. The survey of the pathological manifestations was conducted by visual assessment and infrared thermography, revealing different degradation processes across the evaluated structures and providing a systematic view of the extent of the damage to the building. Mapping this damage provided an integrated approach, offering a scientific basis to support the restoration process.

Keywords: preservation of historical heritage; pathological manifestations; damage map; GUT matrix; fire.

Manifestaciones patológicas en un edificio histórico: escenario post-incendio en Casarão dos Fabricantes

RESUMEN

El objetivo de este estudio es documentar las manifestaciones patológicas del Casarão dos Fabricantes, uno de los edificios más antiguos de Fortaleza, que fue severamente dañado por un gran incendio en 2020. A pesar de su importancia histórica, no existen registros que detallen el estado del edificio ni antes ni después del incendio. Los muros interiores y las dos fachadas fueron los únicos elementos constructivos que no fueron destruidos por el fuego. El estudio de las manifestaciones patológicas se realizó mediante evaluación visual y termografía infrarroja, revelando diferentes procesos de degradación en las estructuras evaluadas y proporcionando una visión sistemática de la magnitud de los daños en el edificio. El mapeo de estos daños proporcionó un enfoque integrado, ofreciendo una base científica para respaldar el proceso de restauración.

Palabras clave: preservación del patrimonio histórico; manifestaciones patológicas; mapa de daños; matriz GUT; fuego.

Informações legais

Revista ALCONPAT é uma publicação trimestral da Associação Latino-Americana de Controle de Qualidade, Patologia e Recuperação de Construção, Internacional, A.C., Km. 6, antiga estrada para Progreso, Merida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Website: www.alconpat.org

Reserva de direitos de uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos concedidos pelo Instituto Nacional de Direitos Autorais. Editor responsável: Dr. Pedro Castro Borges. Responsável pela última atualização deste número, Unidade de Informática ALCONPAT, Eng. Elizabeth Sabido Maldonado.

As opiniões expressas pelos autores não refletem necessariamente a posição do editor.

A reprodução total ou parcial do conteúdo e das imagens da publicação é realizada de acordo com o código COPE e a licença CC BY 4.0 da Revista ALCONPAT.

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios históricos são especialmente importantes quando se considera os aspectos históricos, sociais, econômicos e ambientais inerentes a esses edifícios (Gomes e Tomé, 2023). Essas edificações são testemunhas físicas da história e cultura de um local. Dessa forma, preservá-los é fundamental para que as gerações futuras possam compreender e apreciar suas raízes e a evolução da sociedade.

Contudo, a preservação desses patrimônios arquitetônicos pode ser uma prática desafiadora, pois são expostos a várias condições ambientais comumente combinadas com deficiências estruturais que levam à deterioração e danos (Amer et al., 2024). Soma-se a isso, o fato de que, muitas vezes, essas edificações estão localizadas em áreas urbanas, onde há pressão por desenvolvimento imobiliário. A valorização do terreno pode levar à adaptação irregular de estruturas históricas para o funcionamento de centros comerciais ou outras atividades econômicas. Contudo, esses edifícios não foram concebidos para suportar as demandas de atividades comerciais, tornando-os suscetíveis a colapsos ou danos irreversíveis (Li et al., 2024).

O município Fortaleza, localizado na região Nordeste do Brasil, é um exemplo de uma cidade com casos de edifícios históricos que não foram construídos e projetados para atender as demandas de atividades contemporâneas e que não passaram por adaptações cuidadosas que poderiam viabilizar o novo uso sem comprometer a sua estrutura ou as suas características arquitetônicas. Infelizmente, as construções históricas geralmente nem sempre são verificadas, o que torna esses edifícios vulneráveis ao colapso ou danos irreversíveis. Em casos como esses, incêndios são comuns, causando não apenas grandes perdas econômicas, mas também danos permanentes ao ambiente histórico excepcionalmente valioso (Li et al., 2024).

Nesse cenário, em 5 de setembro de 2020, um incêndio de grandes proporções atingiu o Casarão dos Fabricantes, uma das edificações mais antigas de Fortaleza. Como resultado, o imóvel, tombado provisoriamente pela Prefeitura de Fortaleza, sofreu danos irreversíveis, aos quais resistiram apenas as paredes externas, as quais foram estabilizadas com uma estrutura de concreto. Após três anos, iniciou-se o processo de restauração do prédio histórico.

Antes de qualquer intervenção, inclusive trabalhos de restauração, exige-se uma análise estrutural e uma avaliação de danos completa (Amer et al., 2024). Diante disso, na área de preservação do patrimônio histórico, é amplamente reconhecida a importância de registrar o processo de degradação em edifícios históricos. Isso porque, para identificar as vulnerabilidades estruturais dessas construções de valor cultural e histórico e propor medidas adequadas para mitigá-las, é crucial ter uma visão integrada do estado de conservação das edificações, permitindo destacar pontos frágeis da estrutura e facilitando a elaboração de intervenções coordenadas (Ruiz-Jaramillo et al., 2020). Nesse sentido, métodos de diagnóstico e caracterização de danos são fundamentais para a documentação e a criação de estratégias de conservação adequadas, especialmente técnicas diagnósticas não destrutivas (Rodrigues, Dell Lama, 2013), pois podem ser aplicados no local sem a necessidade de amostragem destrutiva, que pode causar danos permanentes de diferentes proporções à construção (Bezerra, 2024).

Apesar da relevância histórica do Casarão dos Fabricantes, não se encontram estudos na literatura científica que tenham investigado e documentado as patologias apresentadas por essa edificação, antes ou após o incêndio. Portanto, toma-se como objetivo deste artigo avaliar e documentar as condições de uma das paredes internas e das duas fachadas do edifício Casarão dos Fabricantes. Para isso, em uma investigação de caráter exploratório, foram realizadas inspeções in loco e, a partir da identificação das manifestações patológicas por meio de técnicas não-destrutivas, elaborou-se um mapa de danos, detalhando detalha a localização, a extensão e o tipo de danos presentes em uma edificação. Além disso, a categorização dos danos identificados foi realizada de acordo com a gravidade, utilizando a matriz GUT (gravidade, urgência e tendência).

2. PROCEDIMENTOS

Este estudo trata de uma pesquisa científica de abordagem qualitativa e classificada quanto aos fins como descritiva e exploratória, pois busca descrever características e propriedades de variáveis específicas, além de explorar e compreender essas características, de forma ampla, sem aprofundamento em análises estatísticas complexas.
Realizou-se um estudo de caso único, no qual objeto de pesquisa é a edificação conhecida como Casarão dos Fabricantes, localizada no município de Fortaleza, Brasil. A técnica de coleta de dados escolhida foi a documentação direta, por meio de visitas de campo, onde foram identificados, registrados e mensurados os danos e patologias presentes na edificação. A pesquisa foi estruturada em duas etapas principais: (i) identificação e conhecimento do bem e (ii) diagnóstico das manifestações patológicas.

2.1 Procedimentos para coleta de dados

A primeira etapa consistiu na identificação e conhecimento do bem, etapa prevista em caso de elaboração de projetos de intervenção pelo Manual de elaboração de projetos do Programa Monumenta (Brasil, 2005), que esclarece que esta fase tem o objetivo de conhecer e analisar a edificação sob os aspectos históricos, estéticos, artísticos, formais e técnicos. Objetiva também compreender o seu significado atual e ao longo do tempo, conhecer a sua evolução e, principalmente, os valores pelos quais foi reconhecida como patrimônio cultural.
Esta fase abrange a pesquisa histórica, bem como o levantamento físico e fotográfico da propriedade. Nesse sentido, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para estudar a história do edifício, além do levantamento fotográfico. Um levantamento físico foi considerado desnecessário, uma vez que já havia sido realizado por arquitetos contratados pela Prefeitura de Fortaleza para o projeto de restauração e requalificação, e o arquivo foi disponibilizado por essa instituição.
Os testes não-destrutivos são métodos realizados in loco adequados para inspeção, monitoramento e avaliação de edifícios históricos. Os resultados são obtidos imediatamente, permitindo detectar a condição das estruturas, classificar sua condição atual e comparar diferentes propriedades com base em valores de referência. Esses métodos são geralmente econômicos, empregam tecnologia de ponta, não causam degradação dos monumentos e oferecem operação de alta velocidade (Valero, Sasso, Vicioso, 2019), tornando viável obter os parâmetros qualitativos e quantitativos necessários para planejar a recuperação e preservação de uma estrutura monumental (Fais et al., 2018). A inspeção visual e a termografia infravermelha são uns dos ensaios não-destrutivos mais comuns aplicados para inspecionar bens culturais e a escolha da aplicação dessas técnicas de avaliação depende do tipo de patologia e do material a ser inspecionado (Moropoulou et al., 2013). Nesse sentido, durante esta visita, foram efetuados registros fotográficos das condições do edifício e de seus danos, sejam eles causados pelo incêndio ou por agentes biológicos posteriores ao incidente, além de testes não-destrutivos, com o auxílio de uma câmera termográfica infravermelha. A câmera empregada neste estudo foi de modelo Flir E5, com resolução 160 × 120 (19.200 pixels), sensibilidade térmica < 0,06°C (0,11°F) / <60 mK a 30°C (86°F) e resolução de câmera digital de 5 MP. De acordo com o fabricante, a câmera tem detector do tipo Microbolômetro não refrigerado e precisão de ±2 °C (±3,6 °F) ou ±2% da leitura para temperatura ambiente 10 °C a 35 °C (50 °F a 95 °F) e temperatura do objeto acima de 0 °C (32 °F) (Teledyne FLIR LLC, 2024). Ainda de acordo com o fabricante, a faixa de temperatura de objetos é de □20 ºC a 400 ºC. As imagens foram capturadas no dia 05 de junho de 2024, às 10h05 da manhã e a temperatura de aproximadamente 29 ºC. O índice de raios ultravioletas estava 10,4, indicando níveis muito altos de radiação ultravioleta. A umidade relativa do ar variou entre 74% e 95%, deixando o tempo bastante úmido.
A elaboração do diagnóstico, composto pelo mapa de danos e pela matriz GUT, foi realizada mediante a identificação dos danos e manifestações patológicas levantados nas visitas de campo.

Neste momento, foi possível identificar e diferenciar os tipos de danos existentes, seus agentes causadores e os procedimentos necessários para a sua recuperação.

De acordo Periard (2011), a Matriz GUT se trata de uma ferramenta que auxilia na avaliação quantitativa dos problemas, permitindo a priorização das ações corretivas e preventivas para resolver completamente ou parcialmente o problema. O autor descreve os passos para montar a Matriz GUT. O primeiro passo é listar todos os problemas relacionados ao ambiente de pesquisa e avaliá-los com base nos três principais aspectos:

- Gravidade (G): representa o impacto que o problema terá caso ocorra.
- Urgência (U): o tempo disponível ou necessário para resolver o problema.
- Tendência (T): potencial de crescimento do problema ao longo do tempo.

O segundo passo consiste em uma pontuação para cada característica do problema, utilizando uma escala que varia de 1 a 5. No terceiro passo, os valores de cada aspecto ($G \times U \times T$) são multiplicados. A manifestação patológica que obtiver o maior valor será considerada a de maior prioridade, e assim por diante.

Por fim, os danos catalogados foram mapeados. Utilizando fotografias e desenhos técnicos elaborados com a utilização do software AutoCAD® da parede e das fachadas remanescentes, foi elaborado o mapa de danos desses elementos. Este é considerado uma peça gráfica fundamental para a síntese e espacialização das informações levantadas por meio da inspeção visual, do levantamento físico e fotográfico, além dos ensaios não-destrutivos, para o registro e documentação dos danos e patologias identificados. Além disso, também foi elaborado um quadro síntese das manifestações patológicas e suas causas, possibilitando a análise do estado de conservação do imóvel. As fachadas avaliadas são identificadas como Fachada A (Rua Alberto Nepomuceno) e Fachada B (Rua Rufino de Alencar).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Contextualização histórica e descrição do objeto de estudo: o Casarão dos Fabricantes

De acordo com o relatório emitido pela Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano (Prefeitura de Fortaleza, 2022), o Casarão dos Fabricantes fica localizado na Rua Alberto Nepomuceno nº 339, no bairro Centro (Figura 1A). O edifício é um dos poucos exemplares das residências que foram construídas no local. Sua localização é uma das áreas de ocupação mais antigas da cidade, situado próximo à Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, ao Palácio do Bispo - atualmente Paço Municipal - e às margens do Riacho Pajeú, elemento hídrico em cujas margens se iniciou a ocupação do território de Fortaleza.

Figura 1. Casarão dos Fabricantes: (A) localização, conforme demarcação Matrícula CRI 2ª ZONA nº 82160 (Prefeitura de Fortaleza, 2022); (B) edificação no início do século XX, em que se observa o gradil que encerrava o jardim frontal (Almeida, 2020; Foto: Fortaleza Nobre); (C) antes do incêndio, adaptado para se tornar um espaço comercial (Custódio, 2020; Foto: Natinho Rodrigues); (D) após o incêndio (G1 CE, 2020); e (E) antes do início das obras de restauração.

A Avenida Alberto Nepomuceno era chamada de Rua Direita dos Mercadores, uma via predominantemente comercial que era comum a diversas cidades brasileiras. A edificação ainda preserva um tipo de implantação que se estabeleceu inicialmente em Fortaleza: com o fundo do terreno voltado para o Riacho e com sua fachada frontal direcionada para a rua supracitada (Andrade, 2012). Devido à escassez de informações históricas, sabe-se apenas que com o passar dos anos, foi adaptada para os novos usos demandados pelo crescimento da cidade, já tendo operado como Hotel Avenida, sede do Banco do Nordeste, Prefeitura Municipal de Fortaleza e Câmara dos Vereadores (Prefeitura de Fortaleza, 2022). O exame da iconografia permite compreender algumas das modificações arquitetônicas empreendidas em sua área externa, como a demolição do gradil que encerrava o jardim frontal do terreno (data de construção não identificada). Observa-se que ao comparar a fotografia antiga encontrada (Figura 1B) e algumas atuais (Figura 1C), pode-se verificar que as fachadas não sofreram grandes alterações ao longo do tempo. Não foi possível saber sobre a parte interna devido à escassez de documentação.

Sua arquitetura apresenta traços predominantemente neoclássicos, com a modulação dos vãos das esquadrias, fachadas simétricas, simplicidade de ornamentações com a existência de cornijas, pinhões e ornatos semelhantes a balaústres em sua fachada e molduras de argamassa em suas esquadrias e linhas predominantemente retilíneas. Apresentava uma configuração espacial característica das edificações oitocentistas brasileiras, com a coberta de telha cerâmica do tipo capa-e-canal ocultada pela platibanda, pé-direito elevado, porão alto e portas internas com bandeirolas para permitir a melhoria do conforto térmico interno (Klüppel, 2009). Após o incêndio, parte dos materiais utilizados na construção, que ficou exposta, pôde ser identificada (Figura 1D).

O uso mais recente introduziu o Casarão na tipologia predominante do bairro Centro: a tipologia comercial (Figura 1C), dando espaço ao projeto da cearense Camila Botelho, dona da marca Casarão dos Fabricantes, tornando-se um ponto de comercialização de produtos têxteis (Figura 1C), onde atuavam centenas de feirantes e permissionários, auxiliando o funcionamento do Mercado Central e da Feira da Rua José Avelino (Almeida, 2020). Para isso, a edificação foi

adaptada de forma que o layout interno foi reorganizado para otimizar a circulação e o uso do espaço, respeitando a identidade arquitetônica original, contribuindo para a valorização do patrimônio local e oferecendo um espaço de interação social para a comunidade. O lugar tornou-se referência no comércio de peças do vestuário, atraindo turistas e moradores da cidade, em busca de peças a preços populares (Bezerra, 2024).

Na noite de 05 de setembro de 2020, a rotina comercial foi interrompida por um incêndio de grandes proporções. As chamas consumiram as mercadorias e danificaram as estruturas internas do prédio, causando danos irreversíveis. A Figura 1D mostra a situação atual da edificação, após o incêndio. Logo após o incêndio, Almeida (2020) relatou que:

> [...] a unidade foi tão danificada pelo fogo que o seu teto chegou a desabar, apresentando severas rachaduras e riscos de segurança. [...] De acordo com o Anuário do Ceará, o equipamento particular estava em processo de tombamento - ação que ocorre com o objetivo de preservar "bens de valor histórico". Em nota, a Secretaria Municipal da Cultura de Fortaleza (Secultfor) afirmou que "realizará vistoria técnica para a avaliação do estado do bem e para elaboração de diretrizes específicas adequadas, visando manter as características originais históricas".

As chamas consumiram as mercadorias e danificaram as estruturas internas do prédio, causando o desabamento da coberta, do piso e da maioria das paredes internas, restando apenas algumas, cuja estrutura foi severamente comprometida, o que levou à sua demolição. Apenas as paredes externas ainda se encontravam viáveis e foram estabilizadas com uma estrutura de concreto em sua face interna. A Figura 1E mostra a situação da edificação após a intervenção.

Vale ressaltar que a proximidade do Casarão dos Fabricantes com o Mercado Central gerou o risco de que as chamas também se expandissem para o outro centro de compras, um dos principais pontos turísticos da capital cearense (Diário do Nordeste, 2020). Os laudos técnicos sugerem que o incêndio ocorreu em consequência das instalações elétricas da edificação, que não foi projetada e executada de forma a atender à demanda de um centro comercial.

A edificação em estudo apresenta uma construção tradicional de alvenaria, predominando o uso de tijolo branco. É importante destacar que essa estrutura não incorpora concreto armado ou qualquer tipo de armadura metálica, características comuns em construções contemporâneas.

O uso de tijolos brancos, material típico em diversas edificações históricas, confere à construção uma resistência adequada para a época, embora limitada em comparação com os materiais modernos. A ausência de concreto e armaduras na estrutura reflete as técnicas construtivas e os materiais disponíveis no período em que a edificação foi erguida. Essa técnica de construção, baseada exclusivamente na alvenaria, depende fortemente da resistência dos próprios tijolos e da argamassa que os une. Portanto, a manutenção da integridade estrutural da edificação exige cuidados específicos, especialmente na preservação dos materiais originais e na substituição de elementos deteriorados por materiais compatíveis.

3.2 Diagnóstico das manifestações patológicas das paredes internas

Após um incêndio e considerando o tempo de uso em uma estrutura de alvenaria, diversas manifestações patológicas podem ser observadas. Essas variações dependem da intensidade e duração do incêndio, bem como da resistência dos materiais de construção empregados. Essas condições foram verificadas durante a vistoria in loco, na qual foi possível observar e registrar as manifestações patológicas presentes no casarão. Essas manifestações podem ter sido causadas pelo incêndio ou podem ter antecedido esse evento, devido às más condições de conservação da edificação. A Figura 2 identifica as manifestações patológicas nas paredes do Casarão e o mapa de danos (Figura 3) indica a localização desses e de outros processos de degradação.

Figura 2. Manifestações patológicas observadas nas paredes internas do Casarão

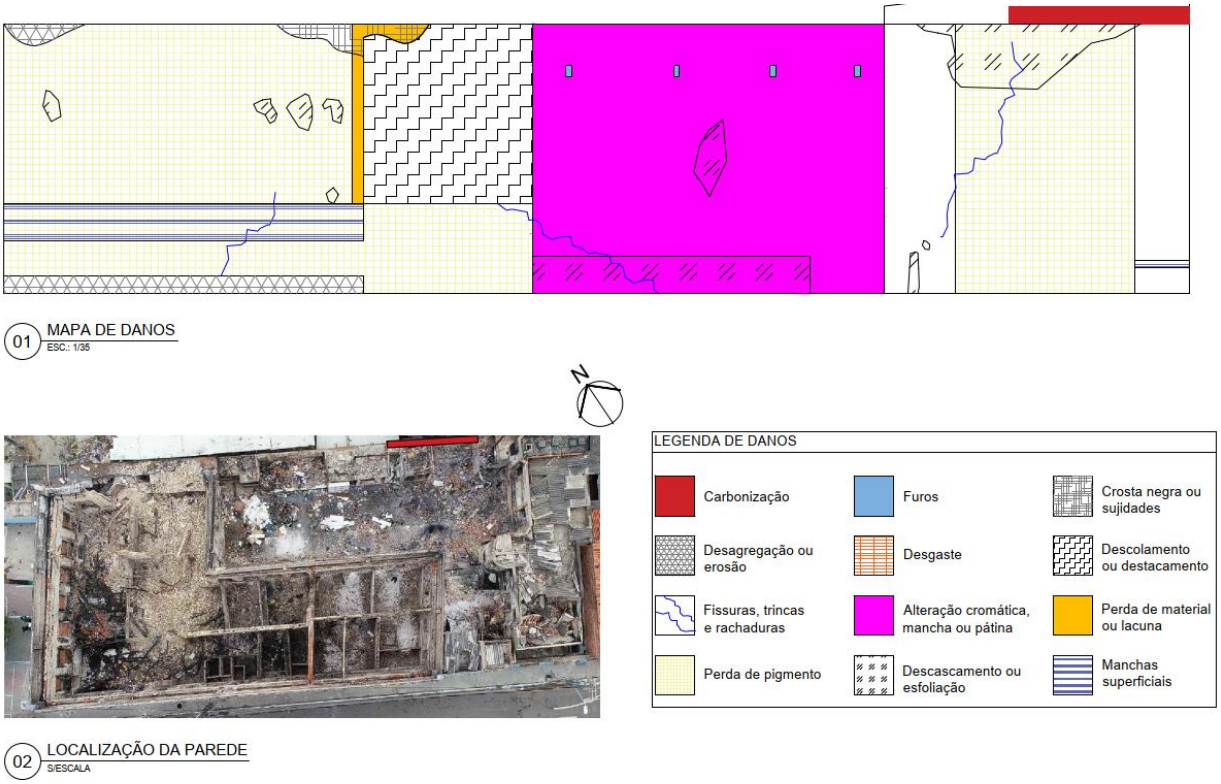

Figura 3. Mapa de danos das paredes internas do Casarão

Cada manifestação patológica apresenta características específicas que podem ser relacionadas a diferentes causas. Identificar corretamente essas manifestações e suas causas é essencial para a elaboração de estratégias eficazes de manutenção e reparo, garantindo a durabilidade e a segurança das construções (Bezerra, 2024). As principais manifestações identificadas são típicas de edifícios históricos em condições inadequadas de conservação: degradação do reboco, crosta negra, trinca, capilaridade, carbonização, rachadura, desgaste e infiltração. Por outro lado, a carbonização pode ser relacionada diretamente ao incêndio. Quando exposta ao fogo, a madeira passa por um processo

chamado pirólise, no qual os componentes orgânicos da madeira se decompõem, formando subprodutos como o carbono. Este carbono é depositado na superfície da madeira na forma de uma camada negra chamada de carbonização, também conhecida como carbonício (XU et al., 2015), que tem propriedades isolantes e pode retardar a propagação do fogo na madeira.

3.3 Manifestações patológicas das fachadas do Casarão

Assim como nas paredes internas, foram identificadas as manifestações patológicas das duas fachadas do Casarão e algumas são apresentadas na Figura 4. Observou-se a alteração cromática da superfície, que pode ser associada à exposição a intemperismos, alterando a composição química (Occhipinti et al., 2021). Esse tipo de manifestação patológica é frequentemente causado por exposição a agentes atmosféricos (como sol e chuva), poluição, presença de fungos, algas ou outros microrganismos, e reação química entre os materiais de construção e o ambiente. É valido ressaltar que o Casarão fica próximo à orla da cidade, cuja alta agressividade do ar atmosférico no que diz respeito a concentração de íons cloreto foram confirmadas por Cabral e Campos (2016). Sabe-se que elementos construtivos expostos ao ambiente marinho se deterioram mais rapidamente devido ao ambiente altamente agressivo, pois os íons cloro contidos na névoa salina se constituem na causa mais significativa das manifestações patológicas devido à sua agressividade à matriz cimentícia e armadura. Por isso, sugere-se a existência de manifestações patológicas diversificadas no Casarão são resultado não apenas do incêndio e da negligência no que diz respeito à conservação, mas também a agressividade atmosférica local.

Figura 4. Manifestações patológicas identificadas nas fachadas do Casarão

As termografías do Casarão exibem áreas de altas temperaturas (Figura 5A), indicando possível falhas no isolamento térmico ou pontos de infiltração ou umidade. Além disso, observa-se regiões de degradação do reboco, expondo os tijolos brancos da estrutura, diversas fissuras, vandalismo e crosta negra na parte superior da fachada. A infiltração danificou o reboco da parte mais baixa da fachada (Figura 5B), tornando a região mais frágil e podendo danificar a estrutura, apresenta

vandalismo, alteração cromática. Além disso, há perda de material e crosta negra, além de muitas fissuras (Figura 5C), tornando necessário o reforço estrutural antes de se iniciar as obras de restauração. As cores vermelhas e amarelas atestam a heterogeneidade das fachadas, causando problemas de isolamento térmico ou umidade. Na Figura 5D, observa-se a presença de crosta negra, apresenta perda de material, fissuras, crosta negra, alteração cromática, vandalismo, além da presença de reforço estrutural.

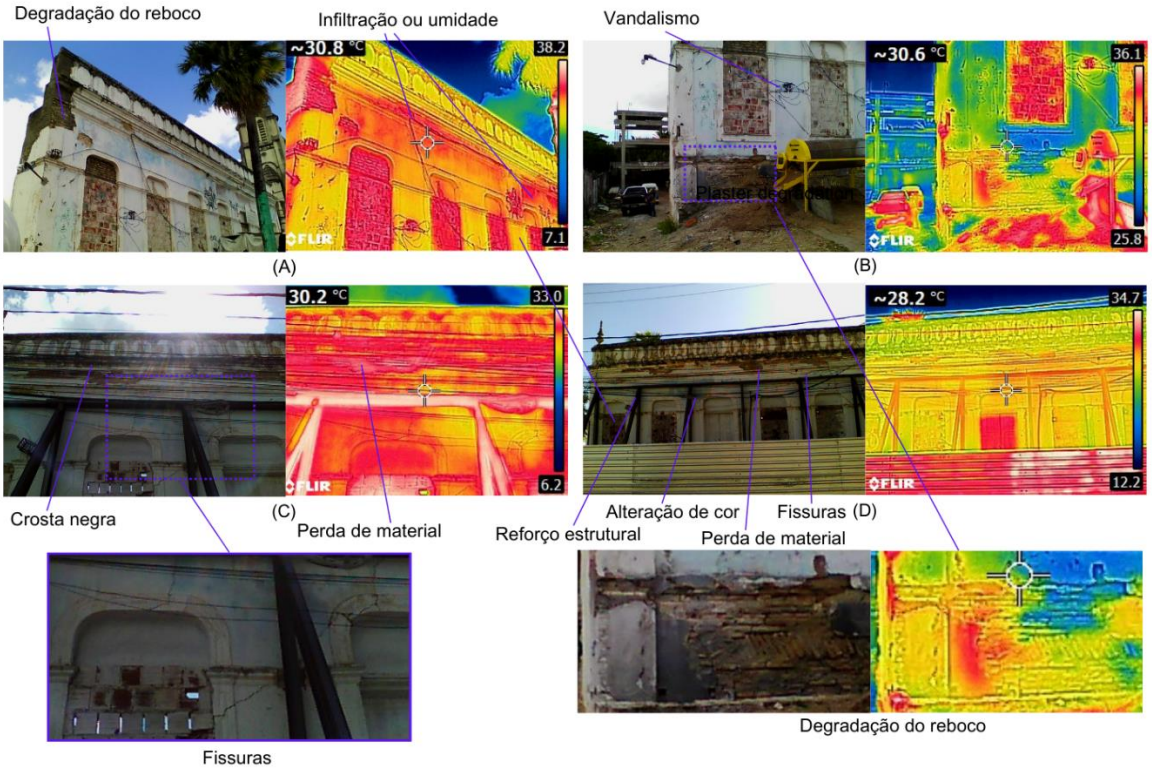

Figura 5. Imagens termográficas de áreas específicas das duas fachadas

De acordo com Valero, Sasso e Vicioso (2019), a inspeção termográfica permite observar as diferenças de temperatura que ocorrem nos materiais. Essas variações determinam possíveis anomalias, como a presença de umidade, trazendo informações importantes para a restauração e conservação dos monumentos. Além disso, esses defeitos devem ser corrigidos para evitar danos irreversíveis às edificações históricas. Para as imagens térmicas, foi utilizado o modo de paleta de cores de ferro, com cores de referência: azul para a faixa de temperatura mais fria e amarelo para a faixa de temperatura mais quente. Desta forma, o ponto mais frio pode ser identificado em cada imagem.

Da mesma forma, alguns fatores que influenciam o estudo da termografia infravermelha durante uma inspeção do comportamento térmico da cobertura de um edifício incluem: condições climáticas (insolação, vento, temperatura ambiente, umidade relativa e concentração de gases de efeito estufa), propriedades do material (emissividade/refletividade, cor), acabamento superficial do edifício ou material (rugosidade ou irregularidade, manchas e cor dos materiais ou superfície, espessura), orientação do edifício em relação ao trajeto do sol durante a inspeção, ângulo de visão e distância da inspeção, além da presença de elementos próximos que produzem calor (Plesu; Teodoriu; Taranu, 2012).

A elaboração do mapa de danos de cada fachada possibilitou a indicação precisa da localização de cada manifestação patológica identificada (Figura 6), destacando diversos tipos de patologias em ambas as fachadas. As patologias mais recorrentes na edificação, conforme indicado no mapa de

danos, incluem alterações cromáticas, manchas ou pátinas, que são frequentes especialmente ao redor das janelas e cornijas, tanto na fachada A quanto na B. O descascamento da pintura é extensivo e aparece em várias partes das fachadas. Em muitas áreas, a armadura estrutural dos elementos arquitetônicos está exposta, indicando a ausência de recobrimento de armaduras, o que é notável em ambas as fachadas. A degradação do reboco é amplamente visível em várias áreas, sinalizando um desgaste significativo. Pequenas rachaduras, conhecidas como fissuras, e rachaduras maiores, chamadas de trincas, estão distribuídas ao longo das fachadas. Problemas de infiltração são comuns em diversas áreas, especialmente na parte inferior da edificação. Além disso, a acumulação de sujeira ou formação de crostas escuras é observada em várias seções. Essas patologias indicam uma degradação generalizada da edificação, exigindo intervenções de conservação e restauração em múltiplas áreas para preservar a integridade estrutural e estética do edifício.

(A)

(B)

(C)

Figura 6. Mapa de danos do casarão: (A) fachada A, (B) Fachada B e (C) legenda com símbolos que representam as manifestações patológicas identificadas na edificação

Essas patologias evidenciam uma degradação generalizada da edificação, exigindo intervenções de conservação e restauração em diversas áreas para preservar a integridade estrutural e a estética do edifício. Durante a visita ao local, foi-se observado a presença de reforço estrutural na fachada B, isso ocorreu em decorrência as várias fissuras já presente na fachada e se agravou com a obra de restauro, provavelmente devido à movimentação de terra e às vibrações.

A Matriz GUT foi utilizada para um diagnóstico inicial das manifestações patológicas e no desenvolvimento de uma ordem de priorização, quanto à solução dos danos encontrados nestas construções, mostrando-se uma ferramenta muito útil para a gestão de manutenção de edificações para avaliar e priorizar as patologias encontradas (Braga et al., 2019). A Tabela 1 apresenta as patologias identificadas, seus respectivos valores de gravidade, urgência e tendência, bem como o produto desses valores (G×U×T), que determina a prioridade de intervenção.

Tabela 1. Matriz GUT

Manifestação patológica	Gravidade	Urgência	Tendência	G×U×T	Prioridade
Alteração cromática	1	1	1	1	7°
Ausência de recobrimento de armadura	2	1	2	4	6°
Crosta negra	1	1	1	1	7°
Descascamento da pintura	1	1	1	1	7°
Descolamento ou destacamento	2	2	2	8	5°
Desgaste	1	1	1	1	7°
Degradação do reboco	3	3	4	36	3°
Fissura	5	5	5	125	1°
Trinca	4	4	4	64	2°
Infiltração	2	3	3	18	4°
Perda de material ou lacuna	1	1	4	4	6°
Perfuração	1	1	1	1	7°
Vandalismo (pichação)	1	1	1	1	7°
Ondulação na pintura	1	1	1	1	7°

A degradação do reboco, fissuras, trincas e infiltrações possuem altas classificações de gravidade, urgência e tendência, indicando a necessidade de atenção imediata para evitar maiores danos ao patrimônio. Essas patologias são especialmente críticas, pois podem comprometer a integridade estrutural do edifício. A ausência de recobrimento de armadura, o descolamento ou destacamento, e a perda de material ou lacuna apresentam uma combinação de valores que sugere uma necessidade de intervenção moderada. Embora não sejam imediatamente críticos, esses problemas podem levar a consequências mais graves se não forem tratados. A ausência de recobrimento de armadura, o descolamento ou destacamento, e a perda de material ou lacuna apresentam uma combinação de valores que sugere uma necessidade de intervenção moderada. Embora não sejam imediatamente críticos, esses problemas podem levar a consequências mais graves se não forem tratados. Portanto, a análise da Matriz GUT indica que o foco inicial deve ser nas patologias com os produtos mais altos, especialmente fissuras, trincas e degradação do reboco, devido ao seu potencial de causar danos significativos. Em seguida, devem ser tratadas as patologias de prioridade média para evitar que se agravem. Por fim, as patologias de baixa prioridade pode ser abordadas conforme os recursos permitirem.

A Tabela 2 apresenta as possíveis causas, assim como as estratégias de mitigação e remediação, para as principais manifestações patológicas identificadas nos elementos construtivos do Casarão avaliados neste estudo.

Tabela 2. Causas e estratégias de remediação para manifestações patológicas no edifício.

Manifestação patológica	Causas potenciais	Estratégias de remediação
Alteração cromática	A alteração cromática das superfícies pode estar ligada à exposição às intempéries, que alteram sua composição química (Occhipinti et al., 2021). Este tipo de manifestação patológica é frequentemente causado pela exposição a agentes atmosféricos, poluição, presença de agentes biológicos e reações químicas entre os materiais de construção e o ambiente.	Substituição total ou parcial das peças, anastilose (reconstrução por meio da montagem de elementos originais) de peças quebradas, limpeza e polimento mecânico (Molla et al., 2018).
Ausência de cobertura de reforço	Pode ser causada por erros na execução (como cobertura insuficiente durante a construção), degradação do concreto devido a agentes agressivos, carbonatação do concreto ou corrosão das armaduras, levando à delaminação do concreto (Palm et al., 2020). Além disso, a natureza explosiva do lascamento induzido por fogo provoca a desintegração de camadas ou peças de concreto, reduzindo a área da seção transversal e a perda da cobertura do aço de reforço, expondo-o ao ambiente (Manzoor, Bhat, Shah, 2024).	Remoção do concreto danificado, tratamento da armadura para interromper a corrosão e aplicação de uma argamassa ou concreto de reparo adequado (Sánchez, Alonso, 2011).
Crosta negra	Origina-se de transformações físico-químicas resultantes da sulfatação do calcário (Vazques et al., 2016). Essas transformações ocorrem devido à poluição atmosférica ou a incêndios (Fitzner, Heinrichs, La Bouchardiere, 2002).	Lavar a área cuidadosamente com água e agentes químicos apropriados, seguido de escovação. Em casos mais graves, pode ser necessário lixar a superfície, remover partículas soltas e reaplicar o revestimento de tinta (Costa, Silva, 2022).
Descascamento da pintura	Pode ser devido à má preparação da superfície antes da pintura, uso de tintas de baixa qualidade, exposição a umidade excessiva, variações térmicas ou incompatibilidade entre as camadas de tinta.	Remover completamente as seções soltas ou mal aderidas da superfície por meio de raspagem ou escovação. Em seguida, limpar toda a superfície para eliminar quaisquer resíduos de poeira. Aplicar uma camada de primer de parede. Por fim, aplicar a tinta de acabamento de acordo com as instruções do fabricante (Lima et al., 2022).

Descolamento	Pode ocorrer devido a falhas na adesão entre o revestimento e o substrato, movimento estrutural, penetração de umidade ou uso de materiais inadequados ou defeituosos.	Remoção do material danificado ao redor do descolamento, preparação adequada da superfície e substituição da argamassa ou concreto.
Desgaste	Causado principalmente por abrasão mecânica (tráfego de pessoas ou veículos), ação dos elementos (chuva, vento) ou uso prolongado sem manutenção adequada (Charola, 2000).	Para materiais como pedra ou tijolo que sofreram desgaste, usar compostos de reparo ou preenchimentos compatíveis. Para gesso ou estuque, aplicar uma argamassa de reparo que imite a textura e aparência originais.
Degradação do reboco	Efeitos da água, agentes biológicos, ações mecânicas, atividades humanas e presença de sais na argamassa (Pavlik et al., 2023).	Remover todo o revestimento degradado, lavar com água limpa para remover todos os resíduos soltos e, em seguida, reparar a área com novo reboco. De acordo com Pavlík et al. (2023), a escolha correta do aglutinante é essencial para o desempenho das argamassas de reparo, mas deve sempre ser considerada em conjunto com critérios de compatibilidade. O uso de cimento em práticas de restauração tem sido criticado por especialistas em conservação e não é mais recomendado.
Fissura	As causas das fissuras em estruturas de concreto incluem não apenas as cargas de tração nos elementos, mas também muitos outros fatores, como a retração plástica dos materiais durante a cura e os gradientes térmicos resultantes da hidratação do cimento (Zhang et al., 2024).	O reparo tradicional de fissuras aplica agentes de cura química, como resina epóxi, metacrilato de metila, etc. Eles são aplicados na superfície das fissuras por pulverização e espalhamento (Zhang et al., 2024).
Trinca	Absorção e perda de água causando expansão e contração de materiais higroscópicos. Além disso, as trincas são fáceis de gerar quando a tensão térmica é maior que a resistência à tração do concreto (Li et al., 2024).	O processo pode envolver a abertura das trincas com espátulas, aplicação de um selante de trinca, que é um material de silicone emborrachado, seguido da aplicação de um preenchimento forte e de um composto de acabamento. Para trincas maiores, é necessário abri-las em 10 a 15 cm, inserir uma malha para trabalhar em conjunto com a trinca e, em seguida, proceder ao selamento da trinca (Ferreira, 2020).

Infiltração	A causa da infiltração é atribuída principalmente a falhas no sistema de impermeabilização (Rocha et al., 2018), mas também pode resultar de vazamento de tubulações ou danos no telhado.	As intervenções mais comuns envolvem a remoção da argamassa danificada para aplicar produtos impermeabilizantes ou argamassas poliméricas, dependendo do material usado na construção das paredes (Righi, 2009).
Perda ou lacuna de material	Água corrente ou partículas abrasivas erodindo gradualmente o material. Oxidação e subsequente deterioração de materiais metálicos, levando à perda de massa e formação de cavidades, reação de materiais de construção com produtos químicos atmosféricos agressivos ou atividade biológica.	Usar argamassas de reparo ou preenchimentos compatíveis para preencher lacunas ou perda de material. Para alvenaria, selecionar uma mistura de argamassa que corresponda à original em composição e cor. Para áreas maiores de perda de material, aplicar um composto de preenchimento ou material de substituição que se integre à fachada existente.
Perfuração	Ataque biológico, vandalismo, corrosão, erros de construção ou trabalhos inacabados.	Para pequenas perfurações, aplicar uma argamassa de reparo ou preenchimento que corresponda ao material original. Garantir a adesão adequada e alisar a superfície. Para perfurações maiores, reconstruir a área afetada usando materiais e técnicas correspondentes. Reforçar se necessário.
Vandalismo (grafite)	Atos intencionais de vandalismo por indivíduos ou grupos usando tintas ou outros materiais para grafites. Esses atos são motivados por várias razões, incluindo expressão artística, protesto, rebelião ou simples vandalismo.	Após a limpeza, avaliar se a superfície precisa de reparo ou restauração. Se necessário, aplicar um material de reparo correspondente ou retocar com tinta compatível.
Ondulação da pintura	Reações químicas entre a nova tinta e a camada existente, particularmente se produtos incompatíveis forem usados.	Lixar as áreas onduladas para criar uma superfície lisa. Aplicar um primer se necessário e, em seguida, repintar com tinta compatível. Garantir uma aplicação adequada para evitar futuras ondulações.

É importante reconhecer que, ao aplicar os métodos de reparo específicos para cada tipo de manifestação patológica descritos na Tabela 2, esses métodos devem ser adaptados às condições específicas e ao tipo de material utilizado na construção original. A escolha de técnicas e materiais de reparo adequados é fundamental para garantir que os reparos sejam tanto eficazes quanto sustentáveis.

4. CONCLUSIONS

O monitoramento das condições apresentadas pelas edificações históricas é fundamental para compreender o seu estado de conservação, identificar as causas relacionadas ao processo de degradação e, por fim, sugerir ações de intervenção quando necessárias. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi documentar as manifestações patológicas de uma importante edificação para a preservação da história da capital cearense: o Casarão dos Fabricantes; produzindo um registro exploratório e qualitativo dos elementos construtivos que não foram destruídos por um incêndio: as paredes internas e duas fachadas.

A investigação das condições do edifício ocorreu após 44 meses de um incêndio, que destruiu grande parte da estrutura, e no início da obra de restauração. As imagens térmicas infravermelhas revelaram alterações significativas no padrão do termograma, indicando modificações no comportamento dos componentes construtivos e permitindo a identificação das regiões danificadas de maneira mais eficiente em comparação com as imagens convencionais. Entre os danos identificados nas fachadas, destacam-se alterações cromáticas, descascamento da pintura, exposição de armaduras, degradação do reboco, fissuras, trincas, infiltrações e crosta negra. Adicionalmente, foi possível identificar elementos construtivos compostos por diferentes materiais. Nas regiões com degradação do reboco a temperatura é maior porque o transporte de calor por condução é maior, devido à menor capacidade térmica dos materiais degradados.

Esses resultados são reforçados pelo mapa de danos, que mostrou uma degradação generalizada, destacando os problemas já mencionados. Os dados da matriz GUT, por usa vez, classificam as manifestações patológicas identificadas de acordo com o grau de gravidade e prioridade, auxiliando a compreensão o projeto de restauro em andamento. Concluiu-se que a prioridade máxima configura o reparo das fissuras.

Nesse contexto, a avaliação das fachadas inspecionadas possibilitou a identificação das áreas mais degradadas por manifestações patológicas, viabilizando a realização de estudos comparativos futuros, com foco no processo de restauração. Estudos como este permitem verificar os quão acelerados ou estagnados estão ocorrendo os processos de degradação de construções. Contudo, nesta pesquisa, o Casarão já está em processo de restauro. Assim, apesar de não permitir o monitoramento da evolução das manifestações patológicas ao longo dos anos da construção, o estudo lança base para futuras investigações. Sugere-se, portanto, como perspectiva de pesquisa um estudo que relacione os dados documentados neste trabalho com as medidas corretivas adotadas durante a obra de restauração do Casarão.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Empresa Fujita Engenharia pela colaboração neste estudo, disponibilizando a câmera de termografia infravermelha para a coleta de dados. Também expressamos nossa gratidão aos colaboradores envolvidos na obra de restauração da edificação, por gentilmente permitirem o acesso às instalações.

6. REFERÊNCIAS

Almeida, G. (2022), *Incêndio no Casarão dos Fabricantes: o fogo que consumiu sonhos e uma parte da história de Fortaleza*. O Povo, Fortaleza, 17 September. Available at: https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2020/09/17/incendio-no-casarao-dos-fabricantes--o-fogo-que-consumiu-sonhos-e-uma-parte-da-historia-de-fortaleza.html. Accessed at: 04 April 2024.

Amer, O., Aita, D., Bompa, D. V., Mohamed, E. k., Hussein, Y. M., Torky, A., Mansour, M. M. A. (2024), *Conservation-oriented integrated approach for structural stability assessment of complex historic masonry structures*, Journal of Engineering Research, ISSN 2307-1877, https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.03.002.

Bezerra, M. H. C. M. (2024), "*Avaliação de manifestações patológicas em fachadas de edificação histórica por ensaio não-destrutivo: Casarão dos Fabricantes*". Thesis, Christus University Center.

Braga, I. C., Brandão, F. S., Ribeiro, F. R. C., Diógenes, A. G. (2019), "*Application of GUT Matrix in theassessment of pathological manifestations in heritage constructions*", Revista ALCONPAT, 9(3), pp.320–335, DOI: http://dx.doi.org/10.21041/ra.v9i3.400

Brasil. Ministério da Cultura (2005), *Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural*. Elaboração Gomide, J. H., Silva, P. R. da, Braga, S. M. N. Brasilia: Ministério da Cultura, Instituto do Programa Monumenta.

Cabral, A. E. B., Campos, A. M. da R. (2016), *Estudo da agressividade do ar em Fortaleza/CE*. Available at: http://www.pec.ufc.br/images/Edital/16-11-Cartilha-Agressividade-do-Ar-Small-Spreads.pdf. Accessed at: 13 March 2024.

Charola, A.E. (2000) *Salts in the Deterioration of Porous Materials: An Overview*. Journal of the American Institute for Conservation, 39: 327-343. https://doi.org/10.1179/019713600806113176.

Costa, L. da S., Silva, W. A. da. (2022), *Manifestações patológicas em fachadas de construções históricas: estudo de caso da Igreja de Nossa Senhora do Carmo em São Luís – MA*. Research, Society and Development. 11(2): e24011225819. http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25819.

Custódio, G. (2023), *Prédio histórico Casarão dos Fabricantes começa a ser restaurado*, Diário do Nordeste, Fortaleza. Available at: https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/predio-historico-casarao-dos-fabricantes-comeca-a-ser-restaurado-veja-projeto-e-como-ira-funcionar-1.3400921. Accessed at: 13 March 2024.

Diário do Nordeste (2020), *Casarão dos Fabricantes amanhece com estrutura interna destruída após incêndio*. Available at: https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/casarao-dos-fabricantes-amanhece-com-estrutura-interna-destruida-apos-incendio-1.2985611. Accessed at:13 March 2024.

Fais, S., Casula, G., Cuccuru, F., Ligas, P., Bianchi, M. G. (2018), *An innovative methodology for the non-destructive diagnosis of architectural elements of ancient historical buildings*. Scientific Reports. 8 (4334). https://doi.org/10.1038/s41598-018-22601-5

Ferreira, G. H. (2020), "*Fissuras em edificações de concreto armado: revisão e estudo de caso*", Monografia e, Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

Fitzner, B., Heinrichs, K., La Bourchardiere, D. (2002). "*Damage index for stone monuments. 5th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin"* in: Galan, E., Zezza, F. (Eds.), Protection and Conservation of the Cultural Heritage of the Mediterranean Cities, Proceedings of the 5th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin, Sevilla (SPA), pp. 315-326.

G1 CE (2020), *Feirantes do Casarão dos Fabricantes procuram por mercadorias que resistiram a incêndio*, em Fortaleza. Available at: https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/09/06/feirantes-do-casarao-dos-fabricantes-procuram-por-mercadorias-que-resistiram-a-incendio-em-fortaleza.ghtml. Accessed at:20 July 2024.

Gomes, M. G., Tomé, A. (2023), *A digital and non-destructive integrated methodology for heritage modelling and deterioration mapping. The case study of the Moorish Castle in Sintra*. Developments in the Built Environment. 14: 100145. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100145

Klüppel, G. P. (2009), "*A casa e o clima: (trans)formações da arquitetura habitacional no Brasil (Século XVII – Século XIX)*". Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal da Bahia.

Li, Y. et al. (2024). *Effect of fly ash content on the performance of hardened cement-based materials suffered from high temperatures*. Case Studies in Construction Materials. 20: e03217. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03217.

Li, Y., Zhou, Q., Guo, J., Huang, Z., Zhan, D., Zhou, W., Liang, Y., Wang, B. (2024), *Assessing fire resilience of historic districts: An approach combining space structure and tourists' behavior*, International Journal of Disaster Risk Reduction, Volume 100, 104191, ISSN 2212-4209, https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104191.

Lima, F. F. de S., Monteiro, E. C. B., Silva, A. J. da C., Vasconcelos Filho, A. G. F. de, Lemos, A. R., Tenório, A. F. B., Rêgo, C. M. do, Borba, L. F. F., Barreto, L. M. (2022), *Pathological manifestations in façades of historic buildings – damage map: case study of the church Santuário Nossa Senhora de Fátima*. Research, Society and Development, 11(11), e124111133394. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.33394

Mollá, L. D. et al. (2018), *Systematic alteration survey and stone provenance for restoring heritage buildings: Punta Begoña Galleries (Basque-Country, Spain)*. Engineering Geology. 247: 12-26. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2018.10.009.

Manzoor, T., Bhat, J. A., Shah, A. H. (2024), *Performance of geopolymer concrete at elevated temperature – A critical review*. Materials. 420: 135578. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135578.

Moropoulou, A., Labropoulos, K. C., Delegou, E. T., Karoglou, M., Bakolas, A. (2013), *Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage*. Construction and Building Materials. 48: 1222-1239. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.044.

Occhipinti, R., Stroscio, A., Belfiore, C. M., Barone, G., Mazzoleni, P. (2021), *Chemical and colorimetric analysis for the characterization of degradation forms and surface colour modification of building stone materials*, Construction and Building Materials, Volume 302, 124356, ISSN 0950-0618, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124356.

Palm, V. et al. (2020), *Influência da distribuição de espaçadores no cobrimento e na vida útil de lajes maciças*. Ambiente Construído. 20 (3): 671–686. https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300452 .

Pavlík, Z. et al. (2023), *Lightweight pumice mortars for repair of historic buildings –Assessment of physical parameters, engineering properties and durability*. Materials. 404: 133275. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133275.

Periard, G. (2011), *Matriz GUT: Guia Completo*. Available at: http://www.sobreadministracao.com/matriz-gut-guia-completo/. Accessed at:16 April 2024.

Prefeitura de Fortaleza (2022), Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano. *Relatório de apresentação da pauta: análise de orientação prévia para projeto especial*.

Righi, G. V. (2009), "*Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções - análise de casos*". Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Rocha, J. H. A. et al. (2018), *Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso*. Ambiente Construído. 18(4): 329–340. https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400308.

Rodrigues, N. M., Lama, E. A. del. (2013), "*Ensaios não destrutivos em monumentos pétreos paulistanos*" in: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, ABGE, Fortaleza (Brasil). Available at: https://repositorio.usp.br/directbitstream/346c9d02-f9c3-4cfc-9d82-16f6fec5c71d/2886786.pdf. Accessed at:30 March 2024.

Ruiz-Jaramillo, J., Muñoz-González, C., Joyanes-Díaz, M. D., Jiménez-Morales, E., López-Osorio, J. M., Barrios-Pérez, R., Rosa-Jiménez, C. (2020), *Heritage risk index: A multi-criteria decision-making tool to prioritize municipal historic preservation projects*, Frontiers of Architectural

Research, Volume 9, Issue 2, Pages 403-418, ISSN 2095-2635, https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.10.003.

Sánchez, M., Alonso, M. C. (2011), *Electrochemical chloride removal in reinforced concrete structures: Improvement of effectiveness by simultaneous migration of calcium nitrite*. Construction and Building Materials. 25 (2): 873-878. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.06.099.

Teledyne FLIR LLC (2024). "*Câmera de infravermelho Série Pro*". Available at: https://www.flir.com.br/. Accessed at:30 March 2024.

Valero, L. R., Sasso, F. V., Vicioso, E. P. (2019), *In situ assessment of superficial moisture condition in façades of historic building using non-destructive techniques*. Case Studies in Construction Materials. 10. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00228.

Vazquez, P. et al. (2016), *Influence of surface finish and composition on the deterioration of building stones exposed to acid atmospheres*. Construction and Building Materials. 106: 392-403. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.125.

Zein, R. V., Marco, A. D. (2007), "*A rosa por outro nome tão doce...seria?"* in: Anais do 7 seminário DO.CO.MO.MO Brasil. Porto Alegre, 2007. Available at: http://www.docomomo.org.br/seminario%207%20pdfs/049.pdf. Accessed at: 30 March 2024.

Zhang, Y. S. et al. (2024), *Application of microbially induced calcium carbonate precipitation (MICP) technique in concrete crack repair: A review*. Construction and Building Materials. 411: 134313. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134313