

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

M. H. C. M. Bezerra¹ , L. S. Lima² , A. L. L. Magalhães¹ ,
L. Santos Filho¹ , J. S. Miyasaki² , E. V. Carvalho^{1*} 

*Autor de Contacto: elayne.valerio@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.21041/ra.v14i3.766>

Recibido: 01/06/2024 | Correcciones recibidas: 13/08/2024 | Aceptado: 23/08/2024 | Publicado: 01/09/2024

RESUMEN

El objetivo de este estudio es documentar las manifestaciones patológicas del edificio, 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.

Citar como: Bezerra, M. H. C. M., Lima, L. S., Magalhães, A. L. L., Santos Filho, L., Miyasaki, J. S., Carvalho, E. V. (2024), “*Manifestaciones patológicas en un edificio histórico: escenario post-incendio en 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.

Contribución de cada autor

En este trabajo, todos los autores contribuyeron por igual en todas las actividades, representando aproximadamente el 17% cada uno. Estas actividades incluyeron: recolección de datos, visita in situ para recolección de imágenes, revisión de síntomas patológicos, análisis, diagnóstico, producción de imágenes, redacción del trabajo y discusión de resultados.

Licencia Creative Commons

Los derechos de autor (2024) son propiedad de los autores. Este trabajo es un artículo de acceso abierto publicado bajo los términos y condiciones de una licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 International License ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

Discusiones y correcciones posteriores a la publicación

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el segundo número del año 2025 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del primer número del año 2025.

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

RESUMO

O objetivo deste estudo é documentar as manifestaciones 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 manifestaciones 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; manifestaciones patológicas; mapa de danos; matriz GUT; incêndio.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

La reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación se realiza en apego al código COPE y a la licencia CC BY 4.0 de la Revista ALCONPAT.

1. INTRODUCCIÓN

Los edificios históricos son especialmente importantes si se tienen en cuenta los aspectos históricos, sociales, económicos y medioambientales inherentes a estos edificios (Gomes y Tomé, 2023). Esas edificaciones son testigos físicos de la historia y la cultura de un lugar. Por lo tanto, preservarlos es esencial para que las generaciones futuras puedan comprender y apreciar sus raíces y la evolución de la sociedad.

Sin embargo, la preservación de estos sitios del patrimonio arquitectónico puede ser una práctica desafiante, ya que están expuestos a diversas condiciones ambientales comúnmente combinadas con deficiencias estructurales que conducen al deterioro y daño (Amer et al., 2024). A esto se suma el hecho de que estos edificios suelen estar ubicados en zonas urbanas, donde existe presión para el desarrollo inmobiliario. La revalorización del terreno puede llevar a la adaptación irregular de estructuras históricas para el funcionamiento de centros comerciales u otras actividades económicas. Sin embargo, estos edificios no fueron diseñados para soportar las demandas de las actividades comerciales, lo que los hace susceptibles de derrumbes o daños irreversibles (Li et al., 2024).

El municipio de Fortaleza, ubicado en la región Nordeste de Brasil, es un ejemplo de ciudad con casos de edificios históricos que no fueron construidos y diseñados para satisfacer las demandas de las actividades contemporáneas y que no sufrieron adaptaciones cuidadosas que pudieran viabilizar el nuevo uso sin comprometer su estructura o características arquitectónicas. Desafortunadamente, los edificios históricos a menudo no siempre se verifican, lo que hace que estos edificios sean vulnerables al colapso o daños irreversibles. En casos como estos, los incendios son comunes, causando no solo grandes pérdidas económicas, sino también daños permanentes al entorno histórico excepcionalmente valioso (Li et al., 2024).

En este escenario, el 5 de septiembre de 2020, un gran incendio afectó al Casarão dos Fabricantes, uno de los edificios más antiguos de Fortaleza. Como resultado, la propiedad, catalogada provisionalmente por la Ciudad de Fortaleza, sufrió daños irreversibles, a los que solo resistieron los muros externos, que fueron estabilizados con una estructura de hormigón. Después de tres años, se inició el proceso de restauración del edificio histórico.

Antes de cualquier intervención, incluidos los trabajos de restauración, se requiere un análisis estructural y una evaluación completa de los daños (Amer et al., 2024). En vista de esto, en el área de la preservación del patrimonio histórico, se reconoce ampliamente la importancia de registrar el proceso de degradación en los edificios históricos. Esto se debe a que, para identificar las vulnerabilidades estructurales de estos edificios de valor cultural e histórico y proponer medidas adecuadas para mitigarlas, es crucial tener una visión integrada del estado de conservación de los edificios, que permita poner de manifiesto los puntos débiles de la estructura y facilitar la elaboración de intervenciones coordinadas (Ruiz-Jaramillo et al., 2020). En este sentido, los métodos de diagnóstico y caracterización de daños son fundamentales para la documentación y creación de estrategias de conservación adecuadas, especialmente las técnicas de diagnóstico no destructivas (Rodrigues, Dell Lama, 2013), ya que pueden ser aplicadas in situ sin necesidad de muestreos destructivos, que puede causar daños permanentes de diferentes proporciones a la construcción (Bezerra, 2024).

A pesar de la relevancia histórica del Casarão los Fabricantes, no existen estudios en la literatura científica que hayan investigado y documentado las patologías que presentaba este edificio, antes o después del incendio. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es evaluar y documentar las condiciones de uno de los muros internos y de las dos fachadas del edificio Casarão dos Fabricantes. Para ello, en una investigación exploratoria, se realizaron inspecciones in situ y, a partir de la identificación de manifestaciones patológicas mediante técnicas no destructivas, se elaboró un mapa de daños, detallando la ubicación, extensión y tipo de daño presente en un edificio.

Además, la categorización de los daños identificados se realizó según la gravedad, utilizando la matriz GUT (severidad, urgencia y tendencia).

2. PROCEDIMIENTOS

Este estudio es una investigación científica con enfoque cualitativo y clasificada en descriptiva y exploratoria, ya que busca describir características y propiedades de variables específicas, además de explorar y comprender estas características, de manera amplia, sin profundizar en análisis estadísticos complejos.

Se realizó un único estudio de caso, en el cual el objeto de investigación es el edificio conocido como Casarão dos Fabricantes, ubicado en el municipio de Fortaleza, Brasil. La técnica de recolección de datos elegida fue la documentación directa, a través de visitas de campo, donde se identificaron, registraron y midieron los daños y patologías presentes en el edificio. La investigación se estructuró en dos etapas principales: (i) identificación y conocimiento del inmueble y (ii) diagnóstico de las manifestaciones patológicas.

2.1 Procedimientos para la toma de datos

La primera etapa consistió en la identificación y conocimiento del inmueble, etapa prevista en el caso de elaboración de proyectos de intervención por el Manual para la elaboración de proyectos del Programa Monumenta (Brasil, 2005), que aclara que esta fase tiene el objetivo de conocer y analizar el edificio bajo los aspectos históricos, estéticos, artísticos, formales y técnicos. También se pretende comprender su significado actual y a lo largo del tiempo, conocer su evolución y, principalmente, los valores por los que fue reconocido como patrimonio cultural.

Esta fase abarca la investigación histórica, así como el levantamiento físico y fotográfico del inmueble. En este sentido, se realizó una investigación bibliográfica para estudiar la historia del edificio, además del relevamiento fotográfico. Se consideró innecesario un levantamiento físico, ya que ya había sido realizado por arquitectos contratados por la ciudad de Fortaleza para el proyecto de restauración y recalificación, y el archivo fue puesto a disposición por esta institución. Los ensayos no destructivos son un método realizado in situ adecuado para la inspección, el seguimiento y la evaluación de edificios históricos. Los resultados se obtienen de forma inmediata, lo que permite detectar el estado de las estructuras, clasificar su estado actual y comparar diferentes propiedades en función de valores de referencia. Estos métodos son generalmente rentables, emplean tecnología de punta, no causan degradación de los monumentos y ofrecen una operación de alta velocidad (Valero, Sasso, Vicioso, 2019), lo que permite obtener los parámetros cualitativos y cuantitativos necesarios para planificar la recuperación y preservación de una estructura monumental (Fais et al., 2018). La inspección visual y la termografía infrarroja son algunos de los ensayos no destructivos más comunes que se aplican para inspeccionar bienes culturales y la elección de la aplicación de estas técnicas de evaluación depende del tipo de patología y del material a inspeccionar (Moropoulou et al., 2013). En este sentido, durante esta visita se realizaron registros fotográficos de las condiciones del edificio y sus daños, ya sea causados por el incendio o por agentes biológicos posteriores al siniestro, además de ensayos no destructivos, con la ayuda de una cámara termográfica infrarroja. La cámara utilizada en este estudio fue un modelo Flir E5, con una resolución de 160×120 (19.200 píxeles), sensibilidad térmica $< 0,06 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0,11 \text{ }^\circ\text{F}$) / $< 60 \text{ mK}$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ($86 \text{ }^\circ\text{F}$) y una resolución de cámara digital de 5 MP. Según el fabricante, la cámara tiene un detector de tipo microbolómetro no refrigerado y una precisión de $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($\pm 3,6 \text{ }^\circ\text{F}$) o el $\pm 2\%$ de la lectura para una temperatura ambiente de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ ($50 \text{ }^\circ\text{F}$ a $95 \text{ }^\circ\text{F}$) y una temperatura del objeto superior a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($32 \text{ }^\circ\text{F}$) (Teledyne FLIR LLC, 2024). También según el fabricante, el rango de temperatura de los objetos es de $\square 20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Las imágenes fueron captadas el 5 de junio de 2024 a las 10:05 am y la temperatura era de aproximadamente $29 \text{ }^\circ\text{C}$. El índice de rayos

ultravioleta fue de 10,4, lo que indica niveles muy altos de radiación ultravioleta. La humedad relativa del aire variaba entre el 74% y el 95%, lo que hacía que el clima fuera muy húmedo.

La elaboración del diagnóstico, compuesto por el mapa de daños y la matriz GUT, se llevó a cabo a través de la identificación de los daños y manifestaciones patológicas planteadas durante las visitas de campo. En este momento, fue posible identificar y diferenciar los tipos de daño existentes, sus agentes causales y los procedimientos necesarios para su recuperación. Según Periard (2011), la Matriz GUT es una herramienta que ayuda en la evaluación cuantitativa de problemas, permitiendo la priorización de acciones correctivas y preventivas para resolver total o parcialmente el problema. El autor describe los pasos para ensamblar la Matriz GUT. El primer paso es enumerar todos los problemas relacionados con el entorno de investigación y evaluarlos en función de los tres aspectos principales:

- Severidad (G): representa el impacto que tendrá el problema si se presenta.
- Urgencia (U): el tiempo disponible o necesario para resolver el problema.
- Tendencia (T): potencial de crecimiento del problema a lo largo del tiempo.

El segundo paso consiste en una puntuación para cada característica del problema, utilizando una escala que va del 1 al 5. En el tercer paso, se multiplican los valores de cada aspecto (G \times U \times T). La manifestación patológica que obtenga mayor valor se considerará la de mayor prioridad, y así sucesivamente.

Finalmente, se mapearon los daños catalogados. A partir de fotografías y dibujos técnicos elaborados con el uso del software AutoCAD® del muro y del resto de fachadas, se elaboró el mapa de daños de estos elementos. Esta es considerada una pieza gráfica fundamental para la síntesis y espacialización de la información recolectada a través de la inspección visual, relevamiento físico y fotográfico, además de ensayos no destructivos, para el registro y documentación de los daños y patologías identificadas. Además, también se elaboró un cuadro resumen de las manifestaciones patológicas y sus causas, que permitió analizar el estado de conservación del inmueble. Las fachadas evaluadas se identifican como, fachada A (Calle Alberto Nepomuceno) y fachada B (Calle Rufino de Alencar).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Contextualización histórica y descripción del objeto de estudio: el Casarão dos Fabricantes

Según el informe emitido por la Coordinación de Desarrollo Urbano (Alcaldía o ayuntamiento de Fortaleza, 2022), la Mansión de los Fabricantes está ubicada en la calle Alberto Nepomuceno n° 339, en el barrio Centro (Figura 1A). El edificio es uno de los pocos ejemplos de residencias que se construyeron en el sitio. Su ubicación es una de las zonas de ocupación más antiguas de la ciudad, ubicada cerca de la Fortaleza de Nuestra Señora de Asunción, el Palacio Episcopal - actualmente Palacio Municipal - y a orillas del arroyo Pajeú, elemento acuático en cuyas orillas comenzó la ocupación del territorio de Fortaleza.



Figura 1. Fabricantes: (A) ubicación, segunda demarcación Matrícula CRI 2ª ZONA N° 82160 (Alcaldía de Fortaleza, 2022); (B) edificación al inicio del siglo XX, en el que se aprecia la baranda que cerraba el jardín delantero (Almeida, 2020; Foto: Fortaleza Nobre); (C) antes del incendio, adaptado para convertirse en un espacio comercial (Custódio, 2020; Foto: Natinho Rodrigues); (D) después del incendio (G1 CE, 2020); y (E) antes del inicio de los trabajos de restauración.

La Avenida Alberto Nepomuceno se llamaba Calle Direita dos Mercadores, una calle predominantemente comercial que era común a varias ciudades brasileñas. El edificio aún conserva un tipo de implantación que se estableció inicialmente en Fortaleza: con la parte posterior del terreno frente al Riacho y con su fachada frontal, frente a la calle antes mencionada (Andrade, 2012). Debido a la escasez de información histórica, solo se sabe que, con el paso de los años, se fue adaptando a los nuevos usos demandados por el crecimiento de la ciudad, habiendo funcionado ya como Hotel Avenida, sede del Banco do Nordeste, Ayuntamiento de Fortaleza y Cámara de legisladores (Ayuntamiento de Fortaleza, 2022). El examen de la iconografía permite comprender algunas de las modificaciones arquitectónicas llevadas a cabo en su área externa, como el derribo de la barandilla que cerraba el jardín delantero del terreno (fecha de construcción no identificada). Se observa que al comparar la fotografía antigua encontrada (Figura 1B) y algunas actuales (Figura 1C), Se puede observar que las fachadas no han sufrido grandes cambios a lo largo del tiempo. No fue posible conocer la parte interna debido a la escasez de documentación.

Su arquitectura tiene rasgos predominantemente neoclásicos, con la modulación de los vanos de los marcos, fachadas simétricas, simplicidad de ornamentación con la existencia de cornisas, piñones y adornos similares a balaustres en su fachada y molduras de mortero en sus marcos y líneas predominantemente rectilíneas. Tenía una configuración espacial característica de los edificios brasileños del siglo XIX, con una cubierta de teja cerámica y un canal oculto por la plataforma, techos altos, un sótano alto y puertas internas con banderas para permitir la mejora del confort térmico interno (Klüppel, 2009). Tras el incendio, se pudo identificar parte de los materiales utilizados en la construcción, que quedaron expuestos (Figura 1D).

El uso más reciente introdujo el Casarão en la tipología predominante del barrio Centro: la tipología comercial (Figura 1C), dando espacio al proyecto de Camila Botelho, de Ceará, propietaria de la marca Casarão dos Fabricantes, convirtiéndose en un punto de comercialización de productos textiles (Figura 1C), donde operaban cientos de feriantes y permisionarios, ayudando al

funcionamiento del Mercado Central y de la Feria de la Rua José Avelino (Almeida, 2020). Para ello, se adaptó el edificio de manera que se reorganizó la distribución interna para optimizar la circulación y el uso del espacio, respetando la identidad arquitectónica original, contribuyendo a la valoración del patrimonio local y ofreciendo un espacio de interacción social para la comunidad. El lugar se ha convertido en un referente en el comercio de prendas de vestir, atrayendo a turistas y habitantes de la ciudad, en busca de piezas a precios populares (Bezerra, 2024).

La noche del 5 de septiembre de 2020, la rutina comercial se vio interrumpida por un gran incendio. Las llamas consumieron los bienes y dañaron las estructuras internas del edificio, causando daños irreversibles. La figura 1D muestra la situación actual del edificio después del incendio. Poco después del incendio, Almeida (2020) reportó que:

[...] la unidad resultó tan dañada por el fuego que su techo se derrumbó, presentando graves grietas y riesgos de seguridad. [...] De acuerdo con el Anuario de Ceará, el equipo privado estaba en proceso de ser incluido en la lista, una acción que se realiza con el objetivo de preservar "activos de valor histórico". En una nota, la Secretaría Municipal de Cultura de Fortaleza (Secultfor) dijo que "llevará a cabo una inspección técnica para evaluar el estado del inmueble y elaborar directrices específicas apropiadas, con el objetivo de mantener las características históricas originales".

Las llamas consumieron los bienes y dañaron las estructuras internas del edificio, provocando el colapso del techo, el piso y la mayoría de las paredes internas, quedando solo unas pocas, cuya estructura quedó severamente comprometida, lo que llevó a su demolición. Solo los muros exteriores seguían siendo viables y se estabilizaron con una estructura de hormigón en su cara interior. La figura 1E muestra la situación del edificio después de la intervención.

Cabe mencionar que la proximidad del Casarão dos Fabricantes al Mercado Central generó el riesgo de que las llamas también se extendieran al otro centro comercial, uno de los principales atractivos turísticos de la capital de Ceará (Diário do Nordeste, 2020). Los informes técnicos sugieren que el incendio se produjo como consecuencia de las instalaciones eléctricas del edificio, que no fueron diseñadas y ejecutadas para satisfacer la demanda de un centro comercial.

El edificio en estudio tiene una construcción tradicional de mampostería, predominando el uso del ladrillo blanco. Es importante destacar que esta estructura no incorpora hormigón armado ni ningún tipo de refuerzo metálico, características comunes en las construcciones contemporáneas.

El uso de ladrillos blancos, material típico en varios edificios históricos, confiere a la construcción una resistencia adecuada para la época, aunque limitada en comparación con los materiales modernos. La ausencia de hormigón y armaduras en la estructura refleja las técnicas constructivas y los materiales disponibles en la época en la que se erigió el edificio. Esta técnica de construcción, basada exclusivamente en la mampostería, depende en gran medida de la resistencia de los propios ladrillos y del mortero que los une. Por lo tanto, mantener la integridad estructural del edificio requiere un cuidado específico, especialmente en la conservación de los materiales originales y la sustitución de elementos deteriorados por materiales compatibles.

3.2 Diagnóstico de las manifestaciones patológicas de las paredes internas

Después de un incendio y considerando el tiempo de uso en una estructura de mampostería, se pueden observar varias manifestaciones patológicas. Estas variaciones dependen de la intensidad y duración del fuego, así como de la resistencia de los materiales de construcción empleados. Estas condiciones fueron verificadas durante la inspección in situ, en la que fue posible observar y registrar las manifestaciones patológicas presentes en la mansión. Estas manifestaciones pueden haber sido causadas por el incendio o pueden haber precedido a este evento, debido a las malas condiciones de conservación del edificio. En la Figura 2 se identifican las manifestaciones patológicas en las paredes de la Mansión y el mapa de daños (Figura 3) indica la ubicación de estos y otros procesos de degradación.



Figura 2. Manifestaciones patológicas observadas en las paredes internas del Casarão.

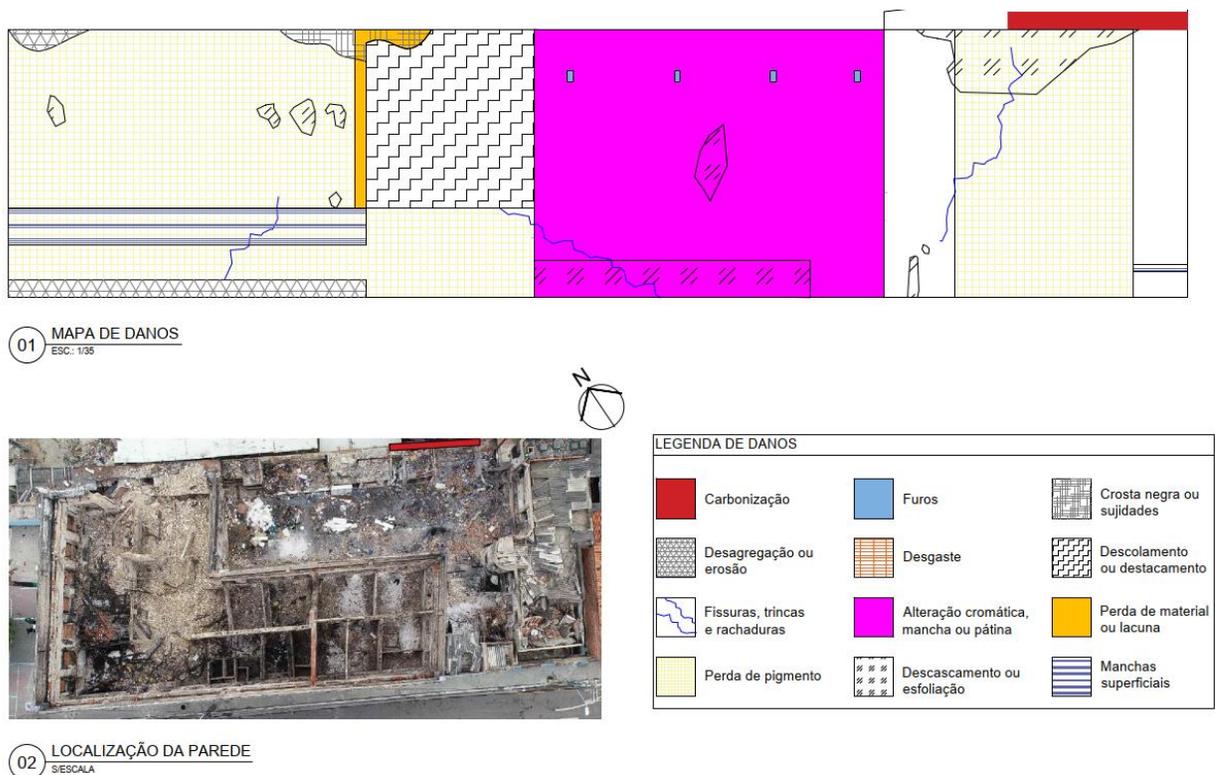


Figura 3. Mapa de daños de las paredes internas del Casarão

Cada manifestación patológica tiene características específicas que pueden estar relacionadas con diferentes causas. La correcta identificación de estas manifestaciones y sus causas es fundamental para el desarrollo de estrategias efectivas de mantenimiento y reparación, que garantizan la durabilidad y seguridad de los edificios (Bezerra, 2024). Las principales manifestaciones identificadas son propias de edificios históricos en condiciones inadecuadas de conservación: degradación del yeso, costra negra, grieta, capilaridad, carbonización, agrietamiento, desgaste e

infiltración. Por otro lado, la carbonización puede estar directamente relacionada con el fuego. Cuando se expone al fuego, la madera pasa por un proceso llamado pirólisis, en el que los componentes orgánicos de la madera se descomponen, formando subproductos como el carbono. Este carbono se deposita en la superficie de la madera en forma de una capa negra llamada carbonización, también conocida como carbonicio (XU et al., 2015), que tiene propiedades aislantes y puede ralentizarse.

3.3 Manifestaciones patológicas de las fachadas en el edificio del Casarão

Al igual que con los muros internos, se identificaron las manifestaciones patológicas de las dos fachadas de la Mansión y algunas se muestran en la Figura 4. Se observó el cambio cromático de la superficie, que puede estar asociado a la exposición a la intemperie, modificando la composición química (Occhipinti et al., 2021). Este tipo de manifestación patológica suele estar causada por la exposición a agentes atmosféricos (como el sol y la lluvia), la contaminación, la presencia de hongos, algas u otros microorganismos, y la reacción química entre los materiales de construcción y el medio ambiente. Cabe destacar que el Casarão se encuentra cerca del borde de la ciudad, cuya alta agresividad del aire atmosférico con respecto a la concentración de iones cloruro fue confirmada por Cabral y Campos (2016). Se sabe que los elementos constructivos expuestos al medio marino se deterioran más rápidamente debido al ambiente altamente agresivo, ya que los iones de cloro contenidos en la niebla salina son la causa más importante de las manifestaciones del medio marino por su agresividad a la matriz cementosa y al refuerzo. Por lo tanto, se sugiere que la existencia de diversas manifestaciones patológicas en el Casarão son el resultado no solo del incendio y la negligencia en lo que respecta a la conservación, sino también de la agresividad atmosférica local.



Figura 4. Manifestaciones patológicas identificadas en las fachadas del Casarão

Los termógrafos del Casarão, muestran zonas de altas temperaturas (Figura 5A), indicando posibles fallos en el aislamiento térmico o puntos de infiltración o humedad. Además, se observan regiones

de degradación del yeso, dejando al descubierto los ladrillos blancos de la estructura, varias grietas, vandalismo y costras negras en la parte superior de la fachada. La infiltración dañó el yeso de la parte más baja de la fachada (Figura 5B), haciendo más frágil la región y potencialmente dañando la estructura, con vandalismo, alteración cromática. Además, hay pérdida de material y costra negra, además de muchas grietas (Figura 5C), lo que hace necesario un refuerzo estructural antes de iniciar los trabajos de restauración. Los colores rojo y amarillo dan fe de la heterogeneidad de las fachadas, causando problemas de aislamiento térmico o humedad. La Figura 5D muestra la presencia de costra negra, pérdida de material, grietas, costra negra, alteración cromática, vandalismo y presencia de refuerzo estructural.

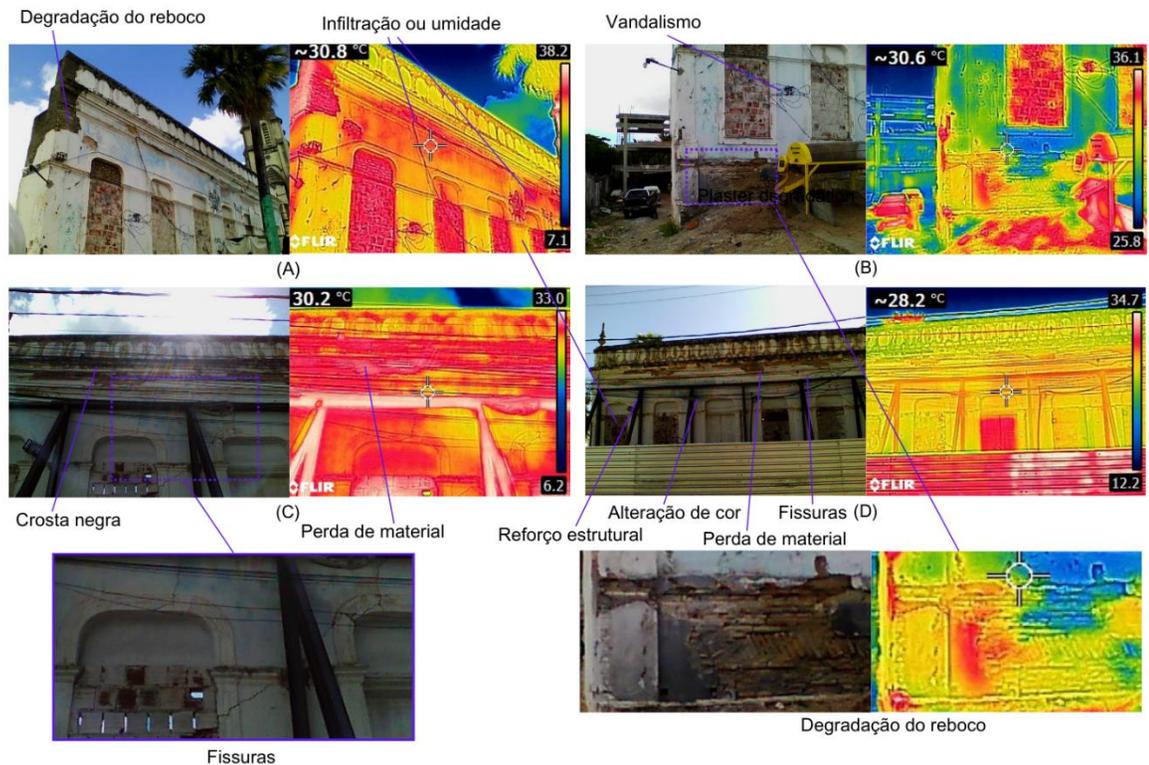


Figura 5. Imágenes termográficas de áreas específicas de ambas fachadas

Según Valero, Sasso y Vicioso (2019), la inspección termográfica permite observar las diferencias de temperatura que se producen en los materiales. Estas variaciones determinan posibles anomalías, como la presencia de humedad, aportando información importante para la restauración y conservación de los monumentos. Además, estos defectos deben ser corregidos para evitar daños irreversibles en los edificios históricos. Para las imágenes térmicas se utilizó el modo de paleta de colores de hierro, con colores de referencia: azul para el rango de temperatura más frío y amarillo para el rango de temperatura más cálido. De esta manera, se puede identificar el punto más frío en cada imagen.

Del mismo modo, algunos factores que influyen en el estudio de la termografía infrarroja durante una inspección del comportamiento térmico del techo de un edificio incluyen: condiciones climáticas (insolación, viento, temperatura ambiente, humedad relativa y concentración de gases de efecto invernadero), propiedades del material (emisividad/reflectividad, color), acabado superficial del edificio o material (rugosidad o irregularidad, manchas y color de los materiales o la superficie, espesor), orientación del edificio en relación con la trayectoria del sol durante la inspección, ángulo de visión y distancia de la inspección, además de la presencia de elementos cercanos que producen calor (Plesu; Teodoriu; Taranu, 2012).

La elaboración del mapa de daños de cada fachada permitió indicar con precisión la localización de cada manifestación patológica identificada (Figura 6), destacando diversos tipos de síntomas en ambas fachadas. Los síntomas más recurrentes en el edificio, tal y como se indica en el mapa de daños, incluyen cambios cromáticos, manchas o pátinas, que son frecuentes sobre todo en el entorno de ventanas y cornisas, tanto en fachada A como B. La descamación de la pintura es extensa y aparece en varias partes de las fachadas. En muchas zonas, el refuerzo estructural de los elementos arquitectónicos está expuesto, lo que indica la ausencia de recubrimiento de refuerzo, que es notable en ambas fachadas. La degradación del yeso es ampliamente visible en varias áreas, lo que indica un desgaste significativo. Pequeñas grietas, conocidas como fisuras, y grietas más grandes, llamadas grietas, se distribuyen a lo largo de las fachadas. Los problemas de infiltración son comunes en varias zonas, especialmente en la parte baja del edificio. Además, se observa acumulación de suciedad o formación de costras oscuras en varias secciones. Estas patologías indican una degradación generalizada del edificio, requiriendo intervenciones de conservación y restauración en múltiples áreas para preservar la integridad estructural y estética del edificio.

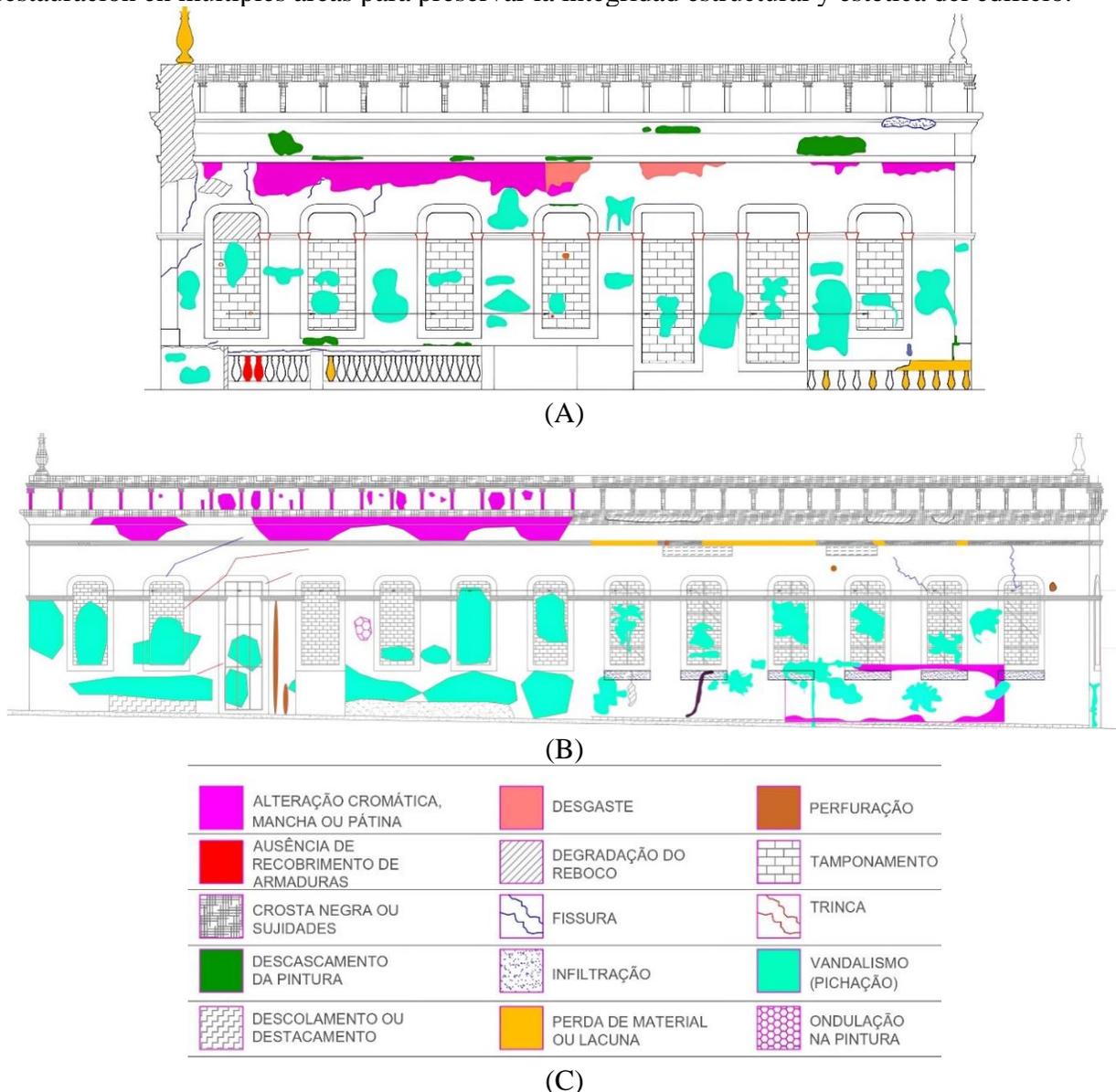


Figura 6. Mapa de danos del Casarão: (A) fachada A, (B) fachada B y (C) leyenda con símbolos que representan las manifestaciones patológicas identificadas en el edificio

Estos síntomas, muestran una degradación generalizada del edificio, requiriendo intervenciones de conservación y restauración en varias áreas para preservar la integridad estructural y la estética del edificio. Durante la visita al lugar, se observó la presencia de refuerzo estructural en la fachada B, esto ocurrió como consecuencia de las diversas grietas ya presentes en la fachada y se agravó con los trabajos de restauración, probablemente debido a los movimientos de tierra y vibraciones.

La Matriz GUT se utilizó para un diagnóstico inicial de las manifestaciones patológicas y en el desarrollo de un orden de priorización respecto a la solución de los daños encontrados en estas construcciones, demostrando ser una herramienta muy útil para la gestión del mantenimiento de edificios para evaluar y priorizar las patologías encontradas (Braga et al., 2019). En la Tabla 1 se presentan las patologías identificadas, sus respectivos valores de gravedad, urgencia y tendencia, así como el producto de estos valores ($G \times U \times T$), que determina la prioridad de intervención.

Tabla 1. Matriz GUT

Manifestación patológica	Gravedad	Urgencia	Tendencia	$G \times U \times T$	Prioridad
Alteración cromática	1	1	1	1	7°
Ausencia de recubrimiento de la armadura	2	1	2	4	6°
Costra negra	1	1	1	1	7°
Desprendimiento de la pintura	1	1	1	1	7°
Despegado	2	2	2	8	5°
Desgaste	1	1	1	1	7°
Degradación de revestimiento	3	3	4	36	3°
Fisura	5	5	5	125	1°
Grieta	4	4	4	64	2°
Infiltración	2	3	3	18	4°
Pérdida de material o sus partes	1	1	4	4	6°
Perforación	1	1	1	1	7°
Vandalismo (grafitis)	1	1	1	1	7°
Ondulación de la pintura	1	1	1	1	7°

La degradación de revestimientos, fisuras, grietas e infiltraciones tienen altas clasificaciones de gravedad, urgencia y tendencia, lo que indica la necesidad de atención inmediata para evitar daños mayores a la propiedad. Estas fallas son especialmente críticas ya que pueden comprometer la integridad estructural del edificio. La ausencia de recubrimiento de refuerzo, el desprendimiento y la pérdida de material o sus partes, presentan una combinación de valores que sugiere la necesidad de una intervención moderada. Si bien no son críticos de inmediato, estos problemas pueden tener consecuencias más graves si no se abordan. La ausencia de recubrimiento de refuerzo, el desprendimiento y la pérdida de material, presentan una combinación de valores que sugiere la necesidad de una intervención moderada. Si bien no son críticos de inmediato, estos problemas pueden tener consecuencias más graves si no se abordan. Por lo tanto, el análisis de la Matriz GUT indica que el enfoque inicial, debe estar en las fallas, con los productos más altos, especialmente fisuras, grietas y degradación del revestimiento, debido a su potencial para causar daños significativos. A continuación, se deben tratar las fallas de prioridad media para evitar que empeoren. Por último, las fallas de baja prioridad pueden abordarse en la medida en que los recursos lo permitan.

En la Tabla 2 se presentan las posibles causas, así como las estrategias de mitigación y remediación, de las principales manifestaciones patológicas identificadas en los elementos constructivos del Casarão evaluados en este estudio.

Tabla 2. Causas y estrategias de tratamiento para manifestaciones patológicas en el edificio.

Manifestación patológica	Causas potenciales	Estrategias de tratamiento
Alteración cromática	La alteración cromática de las superficies puede estar ligada a la exposición a los elementos, que alteran su composición química (Occhipinti et al., 2021). Este tipo de manifestación patológica suele estar causada por la exposición a agentes atmosféricos, la contaminación, la presencia de agentes biológicos y las reacciones químicas entre los materiales de construcción y el medio ambiente.	Sustitución total o parcial de piezas, anastilosis (reconstrucción mediante ensamblaje de elementos originales) de piezas rotas, limpieza y pulido mecánico (Molla et al., 2018).
Ausencia de revestimiento del refuerzo	Puede ser causada por errores en la ejecución (como una cobertura insuficiente durante la construcción), degradación del hormigón debido a agentes agresivos, carbonatación del hormigón o corrosión de los refuerzos, lo que lleva a la delaminación del hormigón (Palm et al., 2020). Además, la naturaleza explosiva del astillado inducido por el fuego provoca la desintegración de las capas o piezas de hormigón, reduciendo el área de la sección transversal y la pérdida de la cubierta de acero de refuerzo, exponiéndola al medio ambiente (Manzoor, Bhat, Shah, 2024).	Remoción del hormigón dañado, tratamiento de la armadura para detener la corrosión y aplicación de un mortero u hormigón de reparación adecuado (Sánchez, Alonso, 2011).
Costra negra	Se origina a partir de transformaciones fisicoquímicas resultantes de la sulfatación de la piedra caliza (Vazques et al., 2016). Estas transformaciones ocurren debido a la contaminación del aire o a los incendios (Fitzner, Heinrichs, La Bouchardiere, 2002).	Lave bien la zona con agua y agentes químicos adecuados, seguido de un cepillado. En casos más severos, puede ser necesario lijar la superficie, eliminar las partículas sueltas y volver a aplicar la capa de pintura (Costa, Silva, 2022).
Escamación de la pintura	Puede deberse a una mala preparación de la superficie antes de pintar, al uso de pinturas de baja calidad, a la exposición a una humedad excesiva, a variaciones térmicas o a un desajuste entre las capas de pintura.	Elimine completamente las secciones sueltas o mal adheridas de la superficie raspando o cepillando. A continuación, limpie toda la superficie para eliminar cualquier residuo de polvo. Aplica una capa de imprimación para paredes. Finalmente, aplique la pintura de acabado de acuerdo con las instrucciones del fabricante (Lima et

		al., 2022).
Despegado	Puede ocurrir debido a fallas de adherencia entre el recubrimiento y el sustrato, movimiento estructural, penetración de humedad o el uso de materiales inadecuados o defectuosos.	Eliminación de material dañado alrededor del despegado, preparación adecuada de la superficie y reemplazo de mortero u hormigón.
Desgaste	Causadas principalmente por abrasión mecánica (tránsito de personas o vehículos), acción de los elementos (lluvia, viento) o uso prolongado sin un mantenimiento adecuado (Charola, 2000).	Para materiales como la piedra o el ladrillo que hayan sufrido desgaste, utilice compuestos de reparación o rellenos compatibles. Para yeso o estuco, aplique un mortero de reparación que imite la textura y la apariencia originales.
Degradación del revestimiento	Los efectos del agua, los agentes biológicos, las acciones mecánicas, las actividades humanas y la presencia de sales en el mortero (Pavlik et al., 2023).	Retire todo el piso degradado, enjuague con agua limpia para eliminar cualquier residuo suelto y luego repare el área con revestimiento nuevo. Según Pavlík et al. (2023), la correcta elección del aglutinante es esencial para el rendimiento de los morteros de reparación, pero siempre debe considerarse junto con criterios de compatibilidad. El uso del cemento en las prácticas de restauración ha sido criticado por los expertos en conservación y ya no se recomienda.
Fisura	Las causas de las fisuras en las estructuras de hormigón, incluyen no solo las cargas de tracción sobre los elementos, sino también muchos otros factores, como la contracción plástica de los materiales durante el curado y los gradientes térmicos resultantes de la hidratación del cemento (Zhang et al., 2024).	La reparación tradicional de grietas aplica agentes de curado químico como resina epoxi, metacrilato de metilo, etc. Se aplican a la superficie de las grietas mediante pulverización y esparcimiento (Zhang et al., 2024).
Grieta	Absorción y pérdida de agua provocando la expansión y contracción de los materiales higroscópicos. Además, las grietas son fáciles de generar cuando la tensión térmica es mayor que la resistencia a la tracción del hormigón (Li et al., 2024).	El proceso puede implicar abrir las grietas con espátulas, aplicar un sellador de grietas, que es un material de silicona recubierto de goma, seguido de la aplicación de un relleno fuerte y un compuesto de acabado. Para grietas más grandes, es necesario abrirlas de 10 a 15 cm, insertar una malla para trabajar junto con la grieta y luego proceder a sellar la grieta (Ferreira, 2020).

Infiltración	La causa de la infiltración se atribuye principalmente a fallas en el sistema de impermeabilización (Rocha et al., 2018), pero también puede deberse a fugas en tuberías o daños en el techo.	Las intervenciones más comunes consisten en retirar el mortero dañado para aplicar productos impermeabilizantes o morteros poliméricos, dependiendo del material utilizado en la construcción de los muros (Righi, 2009).
Pérdida de material o sus partes.	Agua corriente o partículas abrasivas que erosionan gradualmente el material. Oxidación y posterior deterioro de materiales metálicos, lo que conduce a la pérdida de masa y formación de cavidades, reacción de materiales de construcción con productos químicos atmosféricos agresivos o actividad biológica.	Utilice morteros de reparación o rellenos compatibles para rellenar los huecos o las pérdidas de material. Para mampostería, seleccione una mezcla de mortero que coincida con la original en composición y color. Para áreas más grandes de pérdida de material, aplique un compuesto de relleno o material de reemplazo que se integre con la fachada existente.
Perforación	Ataque biológico, vandalismo, corrosión, errores de construcción u obras inacabadas.	Para pequeñas perforaciones, aplique un mortero de reparación o masilla que corresponda al material original. Asegure una adherencia adecuada y una superficie lisa. Para perforaciones más grandes, reconstruya el área afectada utilizando los materiales y técnicas correspondientes. Refuerce si es necesario.
Vandalismo (grafiti)	Actos vandálicos intencionados por parte de individuos o grupos que utilicen pinturas u otros materiales de grafiti. Estos actos están motivados por una variedad de razones, incluyendo la expresión artística, la protesta, la rebelión o el simple vandalismo.	Después de la limpieza, evalúe si la superficie necesita reparación o restauración. Si es necesario, aplique un material de reparación a juego o retoque con pintura compatible.
Ondulación de la pintura	Reacciones químicas entre la pintura nueva y la capa existente, especialmente si se utilizan productos incompatibles..	Lija las áreas onduladas para crear una superficie lisa. Aplique una imprimación si es necesario, luego vuelva a pintar con pintura compatible. Asegurar una aplicación adecuada para prevenir futuras ondulaciones.

Es importante reconocer que al aplicar los métodos de reparación específicos para cada tipo de manifestación patológica descrita en la Tabla 2, estos métodos deben adaptarse a las condiciones específicas y al tipo de material utilizado en la construcción original. La elección de las técnicas y los materiales de reparación adecuados es clave para garantizar que las reparaciones sean eficaces y sostenibles.

4. CONCLUSIONES

El seguimiento de las condiciones que presentan los edificios históricos es fundamental para conocer su estado de conservación, identificar las causas relacionadas con el proceso de degradación y, finalmente, sugerir acciones de intervención cuando sea necesario. En este sentido, el objetivo de este estudio fue documentar las manifestaciones patológicas de un edificio importante para la preservación de la historia de la capital de Ceará: el Casarão dos Fabricantes; Producir un registro exploratorio y cualitativo de los elementos constructivos que no fueron destruidos por un incendio: los muros internos y dos fachadas.

La investigación del estado del edificio se llevó a cabo 44 meses después de un incendio, que destruyó gran parte de la estructura, y al comienzo de los trabajos de restauración. Las imágenes térmicas infrarrojas revelaron cambios significativos en el patrón del termograma, indicando cambios en el comportamiento de los componentes de la construcción y permitiendo la identificación de regiones dañadas de una manera más eficiente en comparación con las imágenes convencionales. Entre los daños identificados en las fachadas destacan cambios cromáticos, descamación de pintura, exposición de refuerzos, degradación de revestimiento, fisuras, grietas, infiltraciones y costras negras. Adicionalmente, se logró identificar elementos constructivos compuestos por diferentes materiales. En regiones con degradación del yeso, la temperatura es mayor porque el transporte de calor por conducción es mayor, debido a la menor capacidad térmica de los materiales degradados

Estos resultados se ven reforzados por el mapa de daños, que mostró una degradación generalizada, destacando los problemas ya mencionados. Los datos de la matriz GUT, a su vez, clasifican las manifestaciones patológicas identificadas según el grado de gravedad y prioridad, ayudando a entender el proyecto de restauración en curso. Se concluyó que la máxima prioridad configura la reparación de las fisuras.

En este contexto, la evaluación de las fachadas inspeccionadas permitió identificar las áreas más degradadas por manifestaciones patológicas, lo que permitió futuros estudios comparativos, centrados en el proceso de restauración. Estudios como este permiten comprobar qué tan acelerados o estancados están ocurriendo los procesos de degradación de los edificios. Sin embargo, en esta investigación, la mansión ya se encuentra en proceso de restauración. Así, aunque no permite el seguimiento de la evolución de las manifestaciones patológicas a lo largo de los años de construcción, el estudio sienta las bases para futuras investigaciones. Por lo tanto, se sugiere como perspectiva de investigación un estudio que relacione los datos documentados en este trabajo con las medidas correctivas adoptadas durante los trabajos de restauración del Casarão.

5. AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a Fujita Engenharia por su colaboración en este estudio, proporcionando la cámara de termografía infrarroja para la recopilación de datos. También expresamos nuestro agradecimiento a los empleados implicados en los trabajos de restauración del edificio, por la amabilidad de permitir el acceso a las instalaciones.

6. REFERENCIAS

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., Torkey, 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 manifestaciones 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 the assessment 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. Brasília: 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), *Manifestaciones 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 Begonia 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., Stroschio, 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), “*Ensaio não destrutivo 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>