

TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E MAPA DE DANOS NA INSPEÇÃO DE UMA IGREJA HISTÓRICA EM OLINDA (PE)

EUDES DE ARIMATÉA ROCHA, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL

Doutor em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7668-7484>

E-mail: eudes.rocha@ufpe.br

ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL

Doutor em Engenharia Civil (USP, 1999). Professor titular do Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Pernambuco.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4279-7156>

E-mail: arnaldo.carneiro@ufpe.br

ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO, UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, RECIFE, PERNAMBUCO, BRASIL

Doutora em Engenharia de Construção Civil pela Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco e Departamento de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0842-779X>

E-mail: eliana@poli.b

DOI

<http://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v18i35p95-139>

RECEBIDO

25/06/2022

APROVADO

10/04/2023

TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO E MAPA DE DANOS NA INSPEÇÃO DE UMA IGREJA HISTÓRICA EM OLINDA (PE)

EUDES DE ARIMATÉA ROCHA, ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO, ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO

RESUMO

O artigo discute os modos de abordagem e os métodos de inspeção em edificações históricas para apresentar diagnósticos e propor terapias para os problemas levantados. Para a elaboração do mapa de danos, propõe-se uma metodologia de inspeção que utiliza vistoria “*in loco*” e o ensaio não destrutivo da termografia de infravermelhos. Para a discussão desses procedimentos, foi utilizado como objeto de estudo uma edificação religiosa construída no Séc. XVII localizada na cidade de Olinda, Pernambuco. Este estudo identificou os principais mecanismos de deterioração atuantes sobre a estrutura analisada e verificou que tanto o ensaio de termografia de infravermelhos quanto a elaboração do mapa de danos mostraram-se técnicas eficazes para manutenção e conservação de edifícios históricos.

PALAVRAS-CHAVE

Edifícios religiosos. Mapa de danos. Patologia das construções.

INFRARED THERMOGRAPHY AND DAMAGE MAP IN THE INSPECTION OF A HISTORIC CHURCH IN OLINDA - PERNAMBUCO

EUDES DE ARIMATÉA ROCHA, ARNALDO MANOEL PEREIRA CARNEIRO, ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO

ABSTRACT

The paper discusses approaches and inspection methods in historic buildings to present diagnoses and propose therapies for the problems identified. To elaborate the damage map, an inspection methodology is proposed using “on site” inspection and the non-destructive test of infrared thermography. For the discussion of these procedures, a religious edification built in the XVII century located in the city of Olinda (Pernambuco, Brazil) was used as a study case. This study identified the main mechanisms of deterioration acting on the analyzed structure and verified that both the infrared thermography test and the elaboration of a damage map showed to be effective techniques for the maintenance and conservation of historic buildings.

KEYWORDS

Religious buildings. Damage map. Construction pathology.

1 INTRODUÇÃO

A manutenção e conservação de edificações históricas são fundamentais para preservação do patrimônio cultural e histórico. Uma das ações que contribuem para a preservação do patrimônio edificado é a inspeção predial, que, associada às vistorias *in loco*, às análises histórica e ambiental e aos ensaios técnicos realizados, podem trazer valiosas informações sobre o estado de conservação da edificação e ajudar a definir qual a melhor estratégia adotada para assegurar sua manutenção preventiva ou corretiva, ou mesmo a criação de estratégias para conservação ou restauro.

O artigo visa discutir os modos de abordagem e os métodos de inspeção em edificações históricas para apresentar diagnósticos e propor terapias para os problemas levantados. Apresenta-se uma metodologia para auxiliar na elaboração do mapa de danos em edificações históricas, com auxílio de ferramentas e ensaios não destrutivos para fundamentação dos diagnósticos de problemas patológicos. A metodologia apresentada é aplicada na igreja de Nossa Senhora dos Homens Pretos, localizada no sítio histórico de Olinda, Pernambuco.

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE PROBLEMAS PATOLÓGICOS E TRATATIVAS EM CONSTRUÇÕES HISTÓRICAS

O estudo da preservação de edifícios antigos é um assunto relevante e bastante discutido no setor da patologia das construções. Muitos pesquisadores sugerem que as tratativas de edificações antigas necessitam de uma abordagem multidisciplinar, pois a heterogeneidade dos materiais utilizados e as intervenções já realizadas nas edificações podem colaborar para um diagnóstico impreciso ou um tratamento inadequado, segundo as restrições estabelecidas pelos órgãos de conservação ou pelas normativas de preservação patrimonial (ARÊDE, COSTA, 2003; CARDOSO, 2008; BEGONHA, 2011; LANNES, 2011; GUERRA *et al.*, 2012; CANTINI *et al.*, 2013; MORAIS *et al.*, 2019; CARDINI; BINDA, 2020; ROCHA, 2017).

Uma vez que os fenômenos patológicos estão interligados à ação degradante do ambiente, é imprescindível uma prática construtiva que considere todas as suas fases, desde a concepção até a utilização da estrutura. Essas práticas ocorrem mais facilmente nas edificações recém-construídas. Contudo, nas construções antigas, sobretudo anteriores ao século XX, verifica-se um alto nível de deterioração, pois muitas vezes foram edificadas sem projetos ou fundamentadas em conhecimentos empíricos dos artesãos ou construtores tradicionais. Associadas a essas condições, verifica-se que muitas edificações históricas brasileiras não apresentam um projeto de conservação preventiva ou, ainda, encontram-se em estado de abandono e ruína.

Na maior parte das construções antigas brasileiras foram utilizados materiais disponíveis no local, que demandavam poucos procedimentos e ferramentas para sua obtenção, a exemplo do uso de rochas com embrechamento com argamassas de cal e da argila, para a construção de paredes; da pintura à base de cal e a utilização de azulejos para revestimentos das paredes; e, para a cobertura, o uso de estruturas de madeira e telhas de argila cozida. No estado de Pernambuco, as pedras utilizadas nessas construções possuem características de alta dureza e porosidade elevada. Essas características inerentes aos materiais, somadas à ausência de ação de manutenções preventivas, contribuem para o desenvolvimento de patologias nas superfícies pétreas como desagregação granular, *pitting*, perdas de seção e acúmulo de sujidades (ALMEIDA, 2005). No início do Brasil Colônia, as cales eram extraídas de conchas marinhas pelos os colonizadores

portugueses, preferindo-as em relação a outras fontes de pedras calcárias, principalmente nas regiões em que as pedras calcárias eram escassas. Esse material, quando não era bem lavado, resultava um produto de má qualidade, infectado por cloreto de sódio, que conferia à construção propriedades higroscópicas, deixando as paredes permanentemente úmidas (RIBEIRO, 2014). Essa umidade, associada à alta porosidade das rochas calcárias e ao ambiente ou atmosfera em que o edifício estava inserido configurava a condição perfeita para:

- a cristalização de sais no interior dos elementos construtivos, provocando desgaste de fragmentos e danos irreversíveis às superfícies;
- a ação de agentes químicos, como cloretos e sulfatos que, presentes na atmosfera ambiental (salina, industrial, entre outras), contribuem para o aumento da concentração desses sais na estrutura, possibilitando condições perfeitas para o surgimento de problemas patológicos nas edificações antigas;
- a biodeterioração dos monumentos históricos ocasionada pela ação de agentes biológicos, como fungos, bactérias e micro vegetais.

Todos esses fatores encontram nos ambientes úmidos o local perfeito para a proliferação de mofo, limo e vegetações que recobrem as fachadas e danificam os edifícios (GUERRA *et al.*, 2012).

O sistema de argamassas à base de cal, empregado nos revestimentos de muitas fachadas das edificações coloniais brasileiras, funciona como uma estrutura articulada de juntas de dilatação e deformação capazes de absorver tensões e umidade e atuar como elemento de sacrifício do edifício (KANAN, 2008). Da mesma forma, os revestimentos argamassados formam uma membrana que pode absorver agressões atmosféricas e proteger a estrutura interior, muitas vezes composta por alvenaria excessivamente porosa e irregular. Assim, a utilização de argamassas à base de cal provenientes de conchas marítimas em edificações antigas mostra-se como uma alternativa construtiva que requer manutenção frequente e que, ao mesmo tempo, dificulta sua substituição por outro revestimento. Esse revestimento deve, portanto, ser preservado, uma vez que, quando bem conservado, permite a evaporação da umidade presente nas estruturas excessivamente porosas.

Diante do exposto, considera-se que alguns danos nas edificações antigas em Olinda podem ter origem na utilização de materiais porosos e

contaminados por sais associados à ausência de manutenção preventiva ou mecanismos de conservação ineficazes (ROCHA, 2017). Isso sugere, para os tratamentos das patologias desse tipo de construção, uma abordagem multidisciplinar que associe as soluções propostas pela engenharia dos materiais e considere os campos de conservação do patrimônio histórico e arquitetônico para o tratamento mais eficaz de edifícios históricos.

2.1 Inspeção predial e mapa de danos em edifícios históricos

A inspeção predial surge como elemento fundamental para melhor diagnosticar uma patologia, devendo ser uma rotina estabelecida como manutenção preventiva para evitar o surgimento de problemas patológicos. A proposta de intervenção para a correção da patologia será definida a partir da análise dos dados fornecidos pela inspeção predial realizada. Esses dados são obtidos no relatório das observações do estado de conservação da edificação, dos ensaios não destrutivos e destrutivos executados durante as inspeções, os quais poderão nortear uma futura intervenção mediada pelos órgãos de proteção e regulamentação do patrimônio histórico brasileiro, como a Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco (Fundarpe), a nível estadual, ou o Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan), a nível federal. A norma brasileira NBR 16.747 (ABNT, 2020) trata das diretrizes, conceitos, terminologias e procedimentos da inspeção predial. Contudo ela não especifica os procedimentos de inspeção voltados especificamente para edificações antigas ou com interesse especial de preservação. Daí a importância de se tomar como outros parâmetros os regulamentos propostos pelo Iphan ou pela Fundarpe.

Toda inspeção predial parte inicialmente da etapa de levantamento de danos. Para o levantamento dos danos em construções antigas, recomendam-se a anamnese do histórico da edificação na qual esteja incluída a identificação dos materiais utilizados, bem como possíveis intervenções já realizadas. Durante uma inspeção predial, a maneira como se coletam os dados é importante para o sucesso do diagnóstico. O levantamento dos dados da inspeção pode ser considerado quantitativo quando, além de constatar a ocorrência da manifestação patológica, ainda é registrada a sua quantificação (CARBALLAL JR., 2019). É importante evitar a subjetividade dos levantamentos (GUIMARÃES, 2003).

Dessa forma, após a identificação do histórico de intervenções, da análise dos materiais e sistemas construtivos que compõem a edificação e do estudo aprofundado dos danos existentes, o diagnóstico das anomalias é realizado para discutir e propor sugestões apropriadas para correção do problema patológico. Para registro das patologias, é necessária a criação de documentos de suporte, como o mapa de danos, os registros de intervenção, as plantas e informações estruturais de projeto arquitetônico e todo tipo de documentos que possam auxiliar numa visão ampla dos danos, mas, ao mesmo tempo, detalhada do problema, fornecendo subsídios para predição dos custos de recuperação das anomalias registradas. O mapa de danos é um instrumento documental que deve conter de forma detalhada todas as manifestações de degradação presentes em um edifício (HAUTEQUESTT FILHO; ACHIAMÉ, 2018). Ele é adequado para a sistematização do estudo de patologias em edifícios antigos, pois, além de registrar os problemas coletados durante a inspeção predial, colabora para a formação de um arquivo técnico que compreende informações atualizadas sobre o edifício em estudo e alimenta o histórico dessa edificação. O mapa de danos pode ser elaborado com o uso de *softwares* CAD e representações gráficas com base em normas italianas (TIRELLO; CORREA, 2012), como a CNR-ICR (NorMal 1/88, 1990), ou ainda no trabalho de pesquisadores que trazem simbologias próprias (NEGRI, RUSSO, 2008; TINOCO, 2009).

Diversos autores concordam que o mapa de danos é fundamental para a investigação do estado de conservação de uma edificação histórica e que, para sua correta elaboração, ainda durante a fase de inspeção predial, é necessária a investigação histórica das intervenções e a construção de uma ficha de identificação dos danos (FID) (TIRELLO, CORREA, 2012; NEGRI, RUSSO, 2008; TINOCO, 2009; ROCHA *et al.*, 2018). A FID, portanto, é uma etapa prévia para a elaboração do mapa de danos, porque apresenta um resumo detalhado dos aspectos mais importantes identificados nas vistorias e permite a compatibilização de todos os dados obtidos na inspeção, além de atribuir legendas próprias para cada manifestação patológica diagnosticada (TINOCO, 2009). A compatibilização dos dados consiste em sintetizar informações sobre localização do edifício, caracterização dos materiais construtivos adotados e dos níveis de exposição aos mecanismos de degradação, assim como os principais problemas constatados. No Brasil, ainda

não há uma norma que unifique as representações dos danos ou padronize as legendas utilizadas, o que permite ao responsável pela elaboração da FID e do mapa de danos adotar normas de representação gráfica internacionais ou criar as suas próprias legendas.

Os ensaios executados nas estruturas durante a fase de inspeção são importantes para dar suporte às suposições da FID e aos diagnósticos dos problemas apresentados nos mapas de danos. No caso de edifícios históricos, aconselha-se a utilização de ensaios não destrutivos para minimizar e reduzir os impactos promovidos pelos ensaios invasivos nas construções ou contatos com materiais que possam alterar ou acelerar os mecanismos de deterioração (MOROPOULOU *et al.*, 2013). A construção do mapa de danos sem a caracterização detalhada dos materiais, com análises laboratoriais e visuais em amostras cuidadosamente selecionadas, e sem ensaios *in loco* (como a termografia de infravermelhos) pode ser considerada um levantamento qualitativo e, muitas vezes, insuficiente para obter um diagnóstico conclusivo de forma a programar uma intervenção corretiva na edificação. Isto porque a conservação dos monumentos históricos é facilitada quando conhecidos os detalhes construtivos, os materiais empregados em sua construção e as rotinas de manutenção preventiva ou corretiva da edificação.

Dessa forma, os ensaios não destrutivos (ultrassom, GPR, líquidos penetrantes, termografia de infravermelhos, sondagem da percussão, entre outros) devem ser recomendados em edificações históricas e surgem como uma solução interessante para auxiliar no diagnóstico preciso das anomalias e, conseqüentemente, na elaboração da FID e de um mapa de danos confiáveis.

2.2 Ensaio não destrutivo – a termografia por infravermelhos

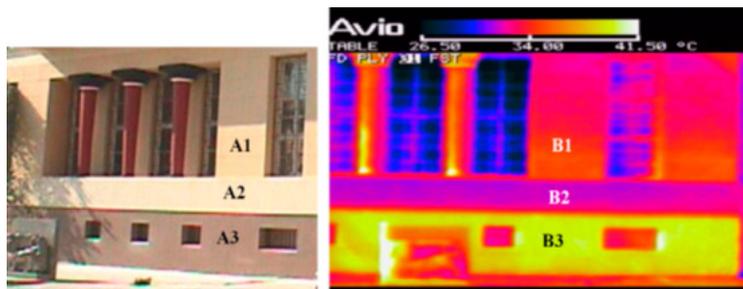
A vantagem dos ensaios não destrutivos é que eles podem indicar diagnósticos precisos sem alterar ou danificar a construção estudada. Um dos ensaios utilizados com sucesso em vistorias de edifícios históricos é a termografia por infravermelhos por permitir diagnósticos sem haver contato direto com a construção (ESPEJO; HERRERO; OBIS, 2015).

A técnica da termografia baseia-se na medição da distribuição de energia térmica radiante emitida por uma superfície (KYLILI *et al.*, 2014) e considera que todos os objetos acima da temperatura de zero absoluto

emitem radiação infravermelha com diferentes intensidades. Portanto, pode-se detectar e mapear variações térmicas correlacionando-as com as variações das propriedades dos materiais, microestrutura e morfologia das superfícies (MALDAGUE, 2001). As variações térmicas são medidas com a ajuda de câmeras termográficas que captam energia emitida pelas superfícies e convertem-na em sinais elétricos, que são transformados em uma imagem térmica ou termograma (Figura 1). No termograma, as temperaturas superficiais são apresentadas por uma escala de cores, o que pode auxiliar na identificação de pontos com presença de umidade, pontos de destacamento de revestimentos em argamassas e outras anomalias estruturais (FREITAS; FREITAS; BARREIRA, 2014).

FIGURA 1

Edifício histórico em Náflio: na esquerda, fotografia da área examinada; na direita, termógrafo infravermelho da mesma área. Reboco pintado em bege (A1-B1), gesso pintado de cor bege claro (A2-B2), gesso marrom escuro pintado com textura (A3-B3). Fonte: MOROPOULOU *et al.*, 2013.



As investigações realizadas por meio da termografia de infravermelhos podem acontecer de duas maneiras diferentes, a depender do objetivo a que se propõe (MALDAGUE, 2001; AVDELIDIS, MOROPOULOU, ALMOND, 2004). A termografia passiva é utilizada apenas com o uso da câmera termográfica, quando se pretende identificar ou comparar as temperaturas das superfícies, sendo muito útil na identificação de materiais e na investigação de desempenho dos materiais construtivos (detecção de descontinuidades/interfaces, defeitos de umidade, vazios, brechas ou fissuração nas construções etc.). Já a termografia ativa é empregada quando as características de interesse do estudo são a identificação do equilíbrio térmico da edificação com o meio envolvente, na

identificação da eficiência energética ou na investigação do isolamento térmico de um edifício. Neste caso, uma fonte de energia é adicionada para produzir um contraste térmico (aquecimento ou arrefecimento) entre o elemento que se pretende estudar e a câmara termográfica (MOROPOULOU *et al.*, 2013).

A termografia por infravermelhos baseia-se, sobretudo, em uma avaliação qualitativa e mais superficial dos resultados, visto que as medições podem ser afetadas por diversos parâmetros (clima exterior e interior, presença de sombreamento, reflexões e distância entre a câmara e a superfície em estudo) (BARREIRA, 2015). No entanto, outros autores contra-argumentam e afirmam que esse ensaio, quando bem executado, pode configurar análises quantitativas e diagnosticar pontos de infiltração, assim como pode auxiliar na diferenciação de materiais ocultos sobre os revestimentos e proporcionar uma melhor caracterização dos materiais construtivos da edificação em estudo. Assim, esse método é importante para a categorização dos problemas em edifícios históricos que apresentam restrições de permissão para execução de ensaios de caracterização (ESPEJO; HERRERO; OBIS, 2015).

A aplicação do ensaio de infravermelhos em fachadas de edificações tem limitações e dificuldades. Existem problemas na identificação da emissividade do material, na aferição da temperatura superficial dos revestimentos, na obtenção do ângulo de observação, na refletividade da superfície (função da radiação direta incidente nos elementos) e na radiação dos objetos próximos ao ponto de aferição que, a depender dos períodos de insolação, podem alterar os resultados das leituras das emissividades e da interpretação dos termogramas (BAUER; LEAL, 2013). A emissividade de um objeto é a sua capacidade de emitir energia infravermelha comparada a um emissor perfeito, ou chamado corpo negro, que apresenta emissividade igual a 1,0. Essa capacidade é singular, pois cada material tem um valor próprio de emissividade, o que pode ser alterado mediante a influência de diversos fatores, como a radiação solar, o teor de umidade do ambiente, as diferenças de composição nos materiais, entre outros (SILVA, 2012). Para obtenção de resultados confiáveis com a técnica de termografia de infravermelhos deve-se considerar, portanto, os fatores atuantes da atmosfera, como a umidade relativa do ar, as condições meteorológicas, os períodos de insolação e a orientação geográfica do local de estudo (BAUER; LEAL, 2013). Uma vez que esses fatores sejam considerados, pode-se identificar a emissividade dos materiais e configurar a câmara termográfica para aferição das superfícies.

Assim, verifica-se que, nas aferições dos termogramas, é imprescindível identificar a emissividade de cada material presente na superfície em que será executado o ensaio de termografia. A emissividade da cal hidratada para temperaturas entre 38°C e 100°C é da ordem de 0,90 a 0,92; para cal dolomítica, 0,85 a 0,87; e para cal virgem, da ordem de 0,30 a 0,40 (SILVA, 2012). No entanto, considerando a heterogeneidade dos materiais utilizados nos revestimentos das fachadas e em decorrência da possibilidade de variação da emissividade por fatores climáticos, é necessária a confirmação dessas medidas em campo (VIEGAS, 2015; OLIVEIRA, 2013). Assim, a aferição do equipamento é importante para se obter dados confiáveis. Por isso, foi seguido o procedimento recomendado pelos fabricantes da câmera termográfica, a técnica da fita isolante. Essa técnica pode ser utilizada na termografia passiva quando não se tem certeza dos valores de emissividade dos materiais estudados. Esse método consiste em aplicar uma fita isolante sobre a superfície a ser analisada e, em seguida, comparar, utilizando a câmera termográfica, a temperatura e emissividade apresentada pela superfície e pela fita isolante. Como a fita isolante é um corpo negro, ela apresenta emissividades próximas a 1, servindo de guia para aferição da emissividade da superfície estudada.

Para analisar a emissividade de um material, é válido considerar os períodos de insolação incidentes sobre a edificação. Esse procedimento assegura que uma característica do estudo térmico das fachadas expostas ao sol durante várias horas é aquela que apresenta resultados mais positivos na identificação de anomalias relacionadas com a presença de umidade e degradação das argamassas (MARIZ *et al.*, 2015). Diante do exposto, observa-se que a termografia de infravermelhos, apesar de apresentar algumas restrições nos procedimentos de execução da técnica, mostra-se pouco onerosa, rápida, prática e eficaz, seja para estudos de eficiência energética ou na identificação de danos, especialmente aqueles ocultos, algo essencial para caracterização dos materiais e patologias, contribuindo assim para uma elaboração fidedigna do mapa de danos. Por fim, a utilização dessa técnica em fachadas de edificações históricas mostra-se uma boa alternativa, pois ela não envolve contato com a estrutura estudada, evitando intervenções desnecessárias, colaborando para a conservação de edifícios de interesse histórico e patrimonial.

3 OBJETO DE ESTUDO

A inspeção predial e posterior execução do ensaio da termografia de infravermelhos e elaboração do mapa de danos foi realizada na igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos, uma edificação histórica localizada na cidade de Olinda, estado de Pernambuco, Brasil. A edificação utiliza revestimento de cal nas paredes das fachadas e tem sua construção datada de 1627, tendo sofrido sucessivos saques, incêndios e uma demolição parcial durante a invasão holandesa, em 1630. Sua configuração arquitetônica atual data da reconstrução de 1750 (FERREIRA, 1997).

A seguir, apresentam-se informações sobre a localização e os aspectos construtivos e arquitetônicos da fachada do edifício estudado.

3.1 Localização, breve histórico e características arquitetônicas e construtivas

A igreja está a uma distância aproximada de 1 Km do litoral, situando-se na Travessa do Rosário, na base de um morro denominado Morro do Alto do Rosário (figuras 2 e 3).

FIGURA 2

Vista aérea da Igreja N. Sra. do Rosário dos Homens Pretos. Fonte: Google Earth (adaptado).



FIGURA 3

Localização Geográfica da Igreja N. Sra. do Rosário dos Homens Pretos.
 Fonte: Google Maps (adaptado).



Para sistematizar o estudo e facilitar a compreensão dos dados coletados durante a inspeção, dividiu-se a igreja em três grandes trechos (zona inferior, zona intermediária e zona superior), de forma a analisar os materiais e detalhes arquitetônicos presentes em cada zona. As figuras 4 e 5 ilustram essa divisão e apresentam os principais detalhes arquitetônicos mencionados.

FIGURA 4

Divisão das zonas para inspeção da fachada e detalhes arquitetônicos: fachada frontal (sudeste).
 Fonte: autor.

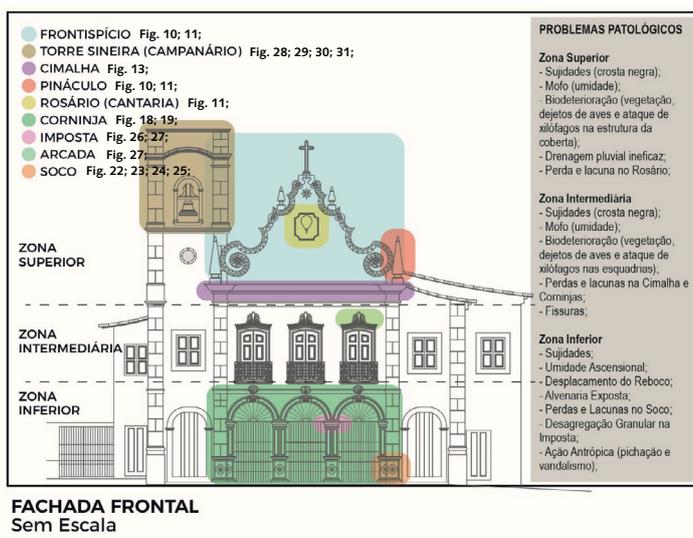
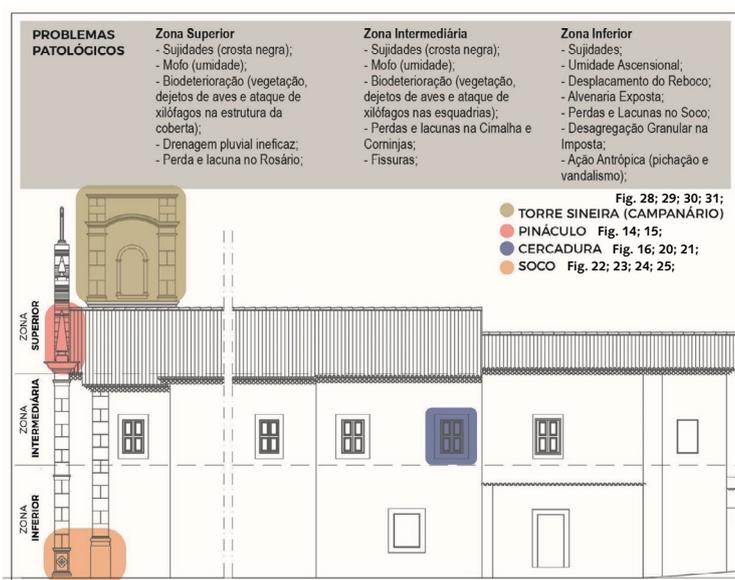


FIGURA 5

Divisão das zonas para inspeção da fachada e detalhes arquitetônicos: fachada lateral (sudoeste).
Fonte: autor.



De forma geral, a igreja apresenta fachada simples, condizente com o estilo arquitetônico da época em que foi construída. A fachada frontal, voltada para o sudoeste, na zona inferior, apresenta três arcadas com três janelas na altura do coro, localizado na zona intermediária. As fachadas frontal (sudoeste) e lateral direita (sudeste) não possuem elementos ou estruturas que barrem ou dificultem a insolação e os efeitos da chuva e do vento, pois estão voltadas para um campo aberto sem construções verticais. A fachada da lateral esquerda (noroeste) apresenta um cemitério vertical e casas particulares muito próximas, dificultando a visibilidade dessa região, assim como a fachada posterior (nordeste), que também apresenta construções irregulares que impossibilitam a visualização. As figuras 6 e 7 mostram as fachadas nos anos 1979 e 2020, respectivamente.

A edificação apresenta como elemento estruturante principal a alvenaria cerâmica de blocos maciços dobrada e a utilização de pequenos trechos em pedra argamassada mais presentes na zona inferior, nos socos que dão suporte às impostas e arcadas. As paredes de todo o edifício encontram-se revestidas por argamassas e pintura à base de cal e, em alguns locais, geralmente no entorno das esquadrias, percebem-se cantarias compostas

por arenito. A pedra de arenito observada nesta edificação é muito presente no estado de Pernambuco e foi muito utilizada na época para o fabrico de cantarias (RIECK; SOUZA, 2007). Suas esquadrias são construídas, em sua totalidade, em madeiras, exceto as janelas da fachada principal, que apresentam vidros para iluminação do mezanino. Nas laterais da edificação, na área intermediária, as janelas do plano superior iluminam a nave central.

FIGURA 6

Igreja de N. Sra. do Rosário em 1979. Fonte: MOREIRA, [s.d.]



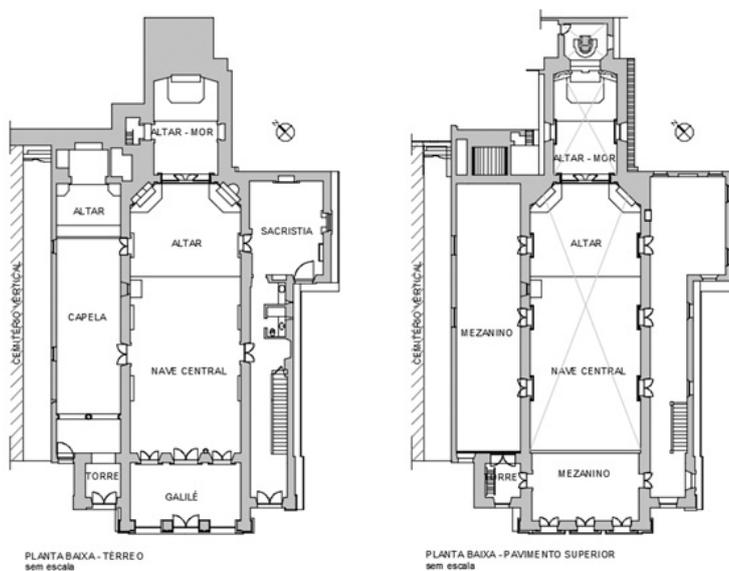
FIGURA 7

Igreja de N. Sra. do Rosário. Fonte: autor (2020).



Na zona superior da fachada frontal (sudeste), tem-se um frontispício decorado por volutas e por um rosário em cantaria de arenito localizado no centro do frontão, e uma cobertura composta por telhas cerâmicas sobrepostas a estruturas de madeira sem forro. Já na zona inferior, o piso do térreo é revestido por lajotas aparelhadas e maciças de barro cozido; no mezanino, localizado na zona intermediária, constata-se a presença de tábuas corridas, estruturadas com madeira. A igreja possui ainda uma torre sineira de forma simples e retilínea, sem cúpula e pináculo, e seu embasamento estrutural é composto por paredes de alvenaria maciça e dobrada, com espessura entre 70 e 80 cm, revestidas por argamassa e pintura à base de cal (Figura 8).

FIGURA 8
Planta Baixa da Igreja
de N. Sra. do Rosário
dos Homens Pretos



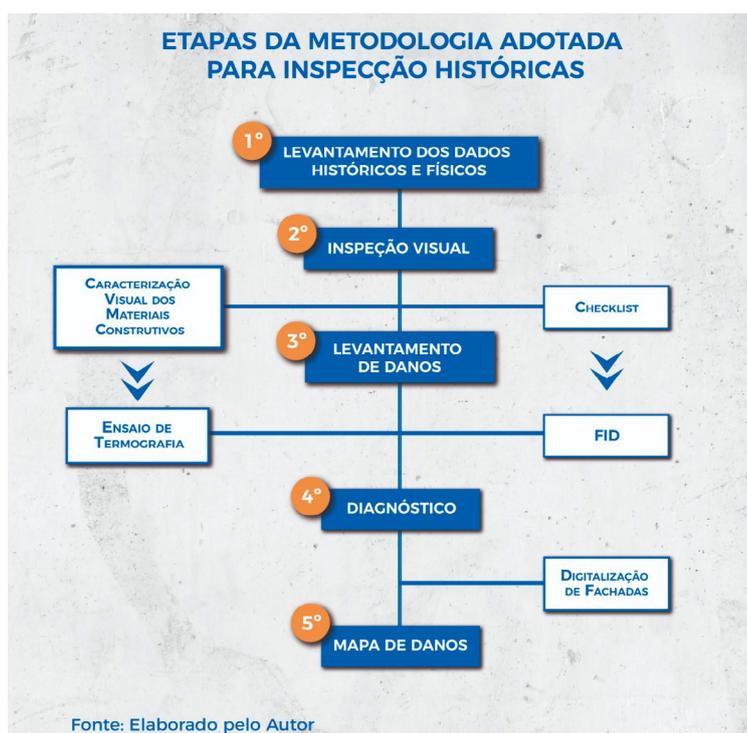
4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A Figura 9 apresenta um resumo da metodologia adotada na inspeção de construções históricas. Esse fluxograma foi elaborado a partir das etapas comumente adotadas em uma rotina de inspeção predial, mas adaptadas às exigências das NBR 16.747 (ABNT, 2020), e acrescidas de etapas necessárias para tratativas com

edificações históricas. Acredita-se que a adoção das etapas descritas nesse método poderá auxiliar no diagnóstico das patologias e na elaboração do mapa de danos, contribuindo para o tratamento e conservação de edificações históricas.

FIGURA 9

Etapas da metodologia adotada para inspeção de edificações históricas.



O fluxograma possui cinco etapas dependentes entre si. A primeira é o levantamento dos dados históricos: catálogo dos dados históricos e físicos da construção, identificando o ano da construção, registros de intervenção, como possíveis manutenções; informações sobre registros técnicos e tombamentos em órgãos municipais a fim de determinar possíveis restrições municipais ou normativas federais de proteção do bem.

A segunda é a inspeção visual, com a caracterização visual dos materiais construtivos e *checklist*. Na caracterização visual dos materiais

construtivos são listados os principais elementos utilizados na construção. Caso essa inspeção seja insuficiente para caracterizar os materiais construtivos, ensaios complementares são indicados nesta fase. Simultaneamente realiza-se um *checklist*, registrando informações relacionadas ao cadastro da edificação (localização, registro de tombamento, condições de exposição ambientais/climáticas, identificação de intervenções previamente realizadas e rotina de manutenções), a tipologia construtiva e os sintomas ou danos constatados na construção, sejam nas estruturas, nas cantarias ou nas esquadrias, e cada problema patológico é marcado em um croqui elaborado para cada fachada inspecionada.

A terceira fase é o levantamento de danos com a execução da FID, que é preparada com base no *checklist* e no ensaio de termografia de infravermelhos, visando identificar detalhes ocultos na caracterização visual dos materiais construtivos e descrição dessas atividades que acontecem simultaneamente. Para elaboração da FID, inicia-se com a identificação da extensão dos danos (através de malhas 50 x 50 cm para dimensionamento da extensão do dano) e, em seguida, para cada dano registrado, atribuiu-se uma legenda própria, sugerida por Rocha (2017; 2018). Vale ressaltar que os danos aqui registrados são confirmados na etapa de diagnósticos. Quanto à termografia de infravermelhos, em estudo anterior monitorou-se durante 1 ano as edificações do Sítio Histórico de Olinda, das 6h às 18h, concluindo que o melhor horário para realizar os ensaios de termografia de infravermelhos nessa localidade seria entre 9h e 10h e 14h e 15h. Ainda segundo esse autor, a câmera termográfica depende dos períodos de insolação, ou seja, a fachada analisada terá melhor resultado se tiver recebido insolação, do contrário, os resultados não serão confiáveis (SILVA, 2012). Desse modo, durante a realização das medições com a câmera termográfica efetuaram-se leituras a cada hora entre as 9h e 17h durante os meses de novembro e dezembro. Para a determinação desses horários e melhores meses para aferição dos termogramas, consideraram-se também as questões climáticas, adotando-se meses de verão e com pouca chuva e o estudo da carta solar do edifício. Na aferição da temperatura ambiente e umidade relativa, utilizou-se também um termo-higrômetro digital. A Figura 10 mostra os equipamentos utilizados. A Figura 11 mostra o método da fita isolante para determinação da emissividade executada em campo. Para medições dos

termogramas, utilizou-se a câmera termográfica FLIR E-60 com resolução térmica de 320 x 240 pixels, sensibilidade térmica $< 0,05^{\circ}\text{C}$ e precisão da ordem de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ de leitura.

Atendendo aos requisitos considerados na metodologia de inspeção proposta, todas as informações coletadas na inspeção e na realização da termografia de infravermelhos são consideradas na quarta etapa, de diagnósticos. Os diagnósticos alimentam a FID e, a partir da legenda de cada dano, baseando-se nos croquis e diagnósticos, pode-se partir para a etapa de digitalização das fachadas estudadas. A digitalização das fachadas foi obtida com auxílio dos documentos originais (desenhos das fachadas), dos croquis desenvolvidos durante a inspeção e uso do *software* CAD.

FIGURA 10

Equipamentos para elaboração do ensaio termográfico: câmara termográfica e termo-higrômetro. Fonte: autor (2020).



FIGURA 11

Determinação da emissividade por fita isolante. Fonte: autor (2020).



Por fim, na quinta etapa, a marcação das anomalias constatadas e apresentadas em escala apropriada, e com a legenda para cada diagnóstico obtido, pôde-se construir o mapa de danos das fachadas estudadas. Apesar de compreender que na metodologia convencional de elaboração das etapas para o diagnóstico de problemas patológicos em edificações históricas o mapa de danos entra como uma etapa anterior à fase de diagnóstico, a metodologia deste artigo propõe uma inversão nas etapas de inspeção em prédios históricos. Sugere-se, portanto, que o mapa de danos seja elaborado com base nos diagnósticos precisos, obtidos a partir das análises físicas e ambientais do edifício, considerando seu histórico e sistemas construtivos, bem como embasando-se nas análises visuais e laboratoriais (se for o caso) e na FID. Dessa forma, acredita-se que o mapa de danos se torna um documento preciso e atualizado do estado de conservação das edificações, servindo como base regulamentadora para as estratégias de intervenção e propostas de manutenção e/ou restauração do edifício histórico. A partir dele, também se cria um registro visual e detalhado sobre o estado de preservação da edificação, o que possibilita a comparação dos danos em diferentes períodos de inspeção, com os tratamentos e soluções sugeridas.

5 ANÁLISE DOS DANOS

5.1 Dados da inspeção visual e diagnósticos

Apresentam-se, a seguir, os registros das inspeções realizadas *in loco*. A fim de organizar a apresentação dos dados, propôs-se a divisão da edificação em zona superior, intermediária e inferior. As anomalias da torre sineira são apresentadas separadamente.

5.1.1 Zona superior: fachadas frontal e lateral

A partir da análise das figuras 11 e 12, verifica-se uma grande quantidade de anomalias originadas pela presença de umidade e poluição atmosférica, o que colabora para o aspecto de abandono e ausência de manutenção. As sujidades que enegrecem os pináculos, as cimalthas, as volutas e demais ornamentos podem ser identificadas no frontispício da fachada frontal.

Na Figura 13, apresenta-se uma provável evolução do fenômeno da sujidade para crosta negra. Essa anomalia configura a alteração cromática da cantaria e posterior enfraquecimento da resistência do material, conduzindo a uma perda de seção. O dano se estende por toda a cimaltha, na qual se exhibe o desenvolvimento

de vegetações e a presença de excrementos de aves que promovem a biodeterioração dos materiais pétreos (Figura 14). A crosta negra também pode ser confundida com a ação de biofilmes, geralmente formados por fungos e sujidades, e é confirmada a partir de ensaios laboratoriais. Na edificação em estudo, não foi possível a remoção de amostras para análises laboratoriais e confirmação dessa patologia, no entanto, muitas zonas de cantarias já apresentavam fragilidade e alteração cromática, indicando uma alta tendência ao desenvolvimento da crosta negra.

FIGURA 11

Sujidades na
fachada frontal.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 12

Detalhe de sujidades
no frontispício.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 13

Perda de seção e
escurecimento
da cimalha.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 14

Vegetação com
perda de seção
da cimalha e
presença de aves.
Fonte: autor (2020).



Na cobertura do edifício, verificou-se o acúmulo de água no telhado ocasionado por obstrução dos instrumentos de drenagem pluvial (Figura 15), o que provocou infiltrações generalizadas no interior da igreja. Durante a inspeção, constatou-se que a drenagem pluvial não apresenta tubo de queda, o que permite o escoamento da chuva proveniente do telhado diretamente sobre as fachadas. Na Figura 16, são registradas manchas de umidade na fachada frontal decorrentes da drenagem pluvial ineficiente e da ausência

de pingadeiras que evitem o acúmulo de água sobre as estruturas. Uma vez que as águas das chuvas percorrem a fachada, manchas de umidade aparecem facilitando a proliferação de fungos, o aparecimento das sujidades e acelerando o processo natural de deterioração das rochas. As figuras 17 e 18 apresentam o mesmo problema de ausência de pingadeiras e beirais da cobertura que barrem o escoamento de águas pluviais, provocando a presença de umidade, infiltrações constantes e sujidades nos elementos de cantarias e paredes da zona superior.

FIGURA 15

Tubulação de drenagem obstruída.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 16

Sujidades, manchas de umidade e ausência de elementos de coleta de águas pluviais.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 17

Sujidades e manchas de umidade por ausência de elementos de coleta de águas pluviais na fachada lateral. Fonte: autor (2020).



FIGURA 18

Sujidades, manchas de umidade e ausência de elementos de coleta de águas pluviais na fachada posterior. Fonte: autor (2020).



5.1.2 Zona intermediária: fachadas frontal e lateral

Na zona intermediária das fachadas estudadas, os danos existentes foram semelhantes aos das zonas superiores, principalmente por serem decorrentes da umidade das paredes, sujidades nas cercaduras e cornijas em torno das janelas. Constataram-se fissuras superficiais e pouco profundas na zona intermediária ao longo das fachadas frontal e lateral. Entretanto, nota-se que uma fissura estabilizada localizada na janela da fachada frontal, na altura do

mezanino, que se estende até a cobertura, apresentava-se bastante profunda. A Figura 19 mostra a fissura na parte externa da edificação, e a Figura 20 a medição dessa mesma fissura no interior da igreja, na qual o fissurômetro identificou a medida de 0,5 mm.

FIGURA 19

Fissura na fachada frontal e enegrecimento da cornija e cercadura. Fonte: autor (2020).



FIGURA 20

Medição da fissura no interior da igreja com uso de fissurômetro. Fonte: autor (2020).



Em relação às madeiras utilizadas nas esquadrias da zona intermediária, muitas delas encontravam-se degradadas e com manchas de umidade. Algumas janelas da fachada frontal apresentavam vidros quebrados, enquanto outras, na fachada lateral, foram pichadas e atacadas por cupins.

5.1.3 Zona inferior: fachadas frontal e lateral

Na zona inferior, em ambas as fachadas, constatam-se marcas de vandalismo. Nas figuras 21 e 22 veem-se pontos de pichação na fachada lateral. Durante o período do Carnaval ou nas festas do bloco Homem da Meia-Noite (oferecidas pela comunidade local), por exemplo, o prédio fica sujeito à ação de vândalos que, mesmo com a presença de banheiros químicos disponibilizados pela prefeitura, optam por urinar nas paredes da igreja, infringindo leis municipais e contribuindo para a degradação do patrimônio público. Dentre os problemas encontrados na zona inferior da fachada frontal, os mais presentes foram o deslocamento do reboco e a presença de umidade, seja pela ação das infiltrações generalizadas ou por ação da capilaridade (umidade ascensional). Em muitos pontos o reboco se desprende facilmente da superfície, como pode ser evidenciado nas figuras 23 e 24. Com o intuito de identificar até que ponto a umidade está presente na estrutura das fachadas da igreja, utilizou-se a câmara termográfica, que será discutida no item 5.2.

FIGURA 21

Pichações, sujidades e manchas provocadas por bola de futebol na fachada lateral. Fonte: autor (2020).



FIGURA 22

Sujidades e pichações na fachada lateral.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 23

Desplacamento do reboco com exposição da alvenaria e pichação (fachada frontal).
Fonte: autor (2020).



FIGURA 24

Desplacamento do reboco da fachada lateral com exposição da alvenaria e umidade ascensional.
Fonte: autor (2020).



As cantarias da zona inferior da fachada frontal se mostraram bastante degradadas, apresentando perda de seção, desagregação granular e *pitting*, conforme pode ser visto nas figuras 25 e 26. Acredita-se que tais anomalias e danos ocorrem em função da ação do intemperismo natural ao qual a fachada está submetida. Identificou-se, em muitos exemplares, a presença de sujidade com alteração cromática na maior parte das cantarias da fachada principal. A Figura 27 apresenta, em detalhe, a desagregação granular e o *pitting* sofrido pela cantaria da imposta, além da perda da coloração original do material. Já a Figura 28, apresenta o encontro de dois arcos na imposta com perdas de seção e desagregação granular. O diagnóstico da desagregação granular em superfícies pétreas pode ser constatado por meio do esfarelamento ao toque na rocha (ALMEIDA, 2005) e as perdas de seção e lacunas são resultantes de intervenções realizadas durante a instalação das grades na entrada da igreja.

FIGURA 25

Perda de seção e desagregação granular no pilar da fachada frontal. Fonte: autor (2020).



FIGURA 26

Perda de seção no soco do pilar da fachada frontal e danos a esquadria de madeira. Fonte: autor (2020).



FIGURA 27

Desagregação granular, *pitting* e alteração cromática da imposta.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 28

Desagregação granular, *pitting* e alteração cromática da imposta.
Fonte: autor (2020).



5.1.4 Torre sineira (campanário)

A Figura 29 destaca o crescimento da vegetação na parede da torre sineira. Esse problema potencializa os danos na estrutura, visto que as raízes das plantas provocam fissuras que poderão comprometer a alvenaria, conduzindo a estrutura a um estado de ruína. Constatou-se a presença de pombos

e outras aves na torre sineira. Além do risco biológico de proliferação de doenças e da acidez dos excrementos que atuam como agentes deteriorantes, principalmente das pedras, esses animais ainda contribuem para o desenvolvimento de vegetação através do transporte de sementes que ocasionam o crescimento de raízes e plantas, e consequente degradação das cantarias e argamassas. O acesso à torre do sino não foi autorizado, pois seria necessária a desinfecção do recinto para uma inspeção segura. Entretanto, verificou-se na torre sineira, em função da umidade e da ausência de manutenção, a biodeterioração geral dos elementos de revestimentos e detalhes em cantarias.

Observando a Figura 30, verificam-se sinais de deterioração do apoio do sino e a Figura 31 apresenta o estado de conservação dos revestimentos e detalhes arquitetônicos do campanário. Constata-se a presença de sujidade nas cornijas e o deslocamento do reboco em todas as fachadas da torre sineira. A alvenaria do embasamento da torre encontra-se exposta e alguns blocos apresentam elevado estado de deterioração. A Figura 32 apresenta esse dano, assim como sujidades e pichação.

FIGURA 29

Torre sineira
(campanário)
com vegetação.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 30

Madeira de suporte do sino indicando sinais de deterioração.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 31

Deslocamento do revestimento e sujidades nas cornijas da torre sineira.
Fonte: autor (2020).



FIGURA 32

Alvenaria aparente,
pichações e
desplacamento
do reboco no
embasamento.
Fonte: autor (2020).

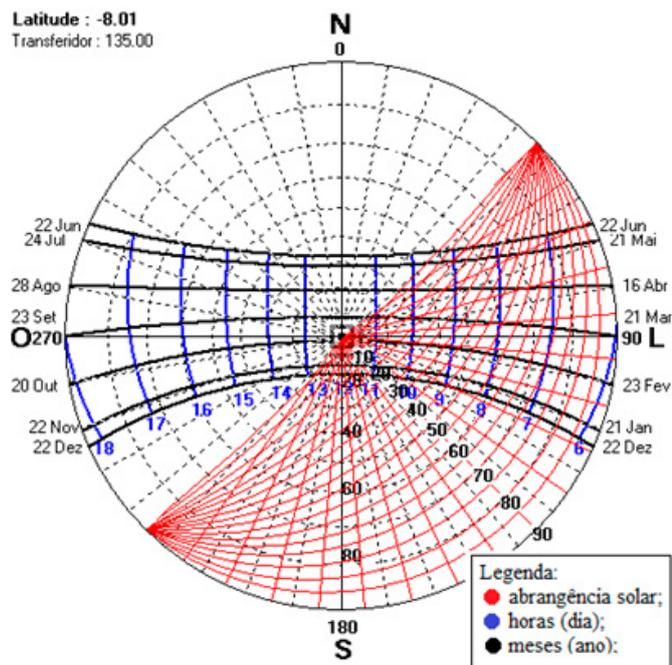


5.2 Dados da termografia por infravermelhos e diagnósticos

No ensaio termográfico da Igreja do Rosário, o método da fita isolante identificou um valor de emissividade da ordem de 0,85, embasando a elaboração dos termogramas. Seguindo-se os procedimentos descritos no programa experimental, registrou-se a temperatura do ambiente em 34,1°C e a umidade relativa de 43%. Para aumentar a confiabilidade dos resultados, procedeu-se às leituras no intervalo das 9h às 17h, repetindo-se a medição de hora em hora. Salienta-se ainda que as medições foram feitas a 3 metros, 7 metros e 10 metros de distância, a depender da anomalia identificada.

A fachada frontal da edificação tem orientação sudoeste e a fachada lateral está voltada para o sudeste, e ambas são submetidas à forte incidência de chuvas e ventos. Isto porque, na Região Nordeste do Brasil, as edificações com orientação sul sofrem maior incidência de ventos e menor frequência de insolação direta durante o dia durante aproximadamente nove meses do ano, de março a novembro — o que pode ser observado nas cartas solares de cada fachada (figuras 33 e 34). Isso significa maior quantidade de chuvas dirigidas e menor evaporação, conservando a umidade nos componentes construtivos.

FIGURA 33
 Carta solar da
 fachada lateral –
 orientação sudeste.
 Fonte: SOL-AR,
 2020 (adaptado).



Analisando a Figura 33, que mostra a carta solar do edifício em estudo elaborada a partir do *software* SOL-AR, pode-se constatar que a fachada lateral com orientação sudeste recebe sol durante o ano todo, mas apenas no turno da manhã, até às 13h, enquanto a fachada lateral de orientação sudoeste (Figura 34) recebe insolação durante todo o ano, especialmente no período entre 11h e 17h.

Em vista dos períodos de insolação observados na carta solar, e considerando o clima da Região Nordeste do Brasil, em que se tem um período chuvoso entre os meses de maio e setembro, optou-se por realizar as aferições dos termogramas entre novembro e dezembro, devido a menor possibilidade de chuvas e à boa insolação durante os turnos da manhã e tarde incidindo em ambas as fachadas.

A partir da análise termográfica representada na Figura 35, verifica-se que as temperaturas dos pontos Sp1 (49°C), Sp2 (39,2°C), Sp3 (44,8°C) e Sp4 (38,3°C), captadas no intervalo de 10h a 11h, variaram consideravelmente, apesar de estarem localizadas em pontos muito próximos na fachada sudoeste. Constatou-se o deslocamento do revestimento da fachada (Figura 35, círculo tracejado em preto), que provavelmente decorrente da umidade acumulada nos embasamentos da edificação. O termograma sugere, ainda, que a área afetada com a anomalia supracitada era maior que a visualmente observada na Figura 36 (círculo tracejado verde).

FIGURA 34
Carta solar da fachada frontal – orientação sudoeste.
Fonte: SOL-AR, 2020 (adaptado).

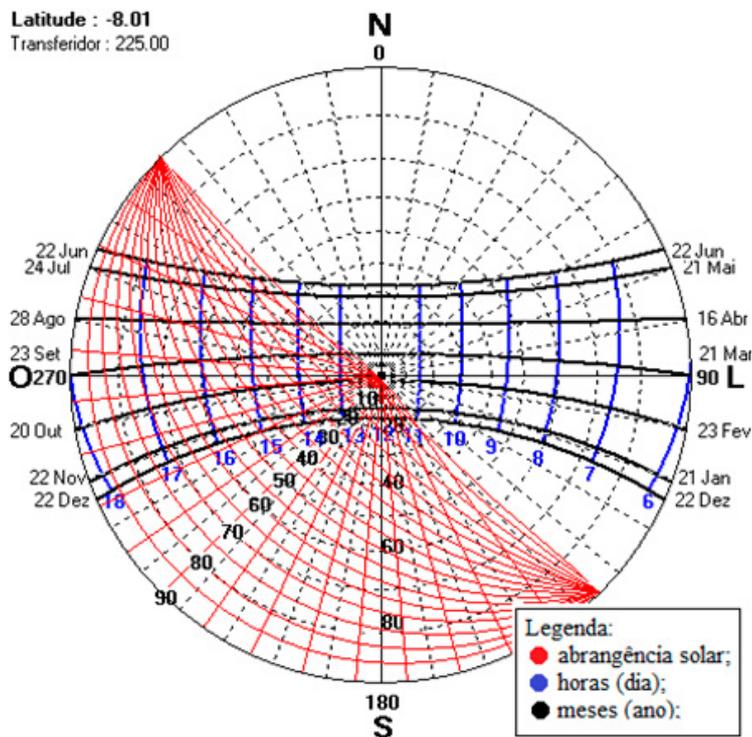


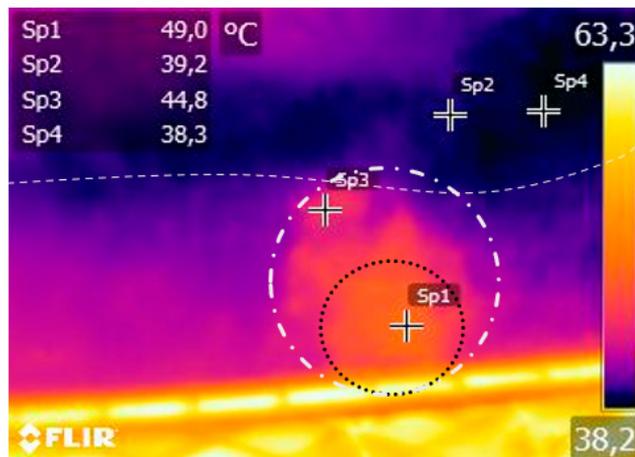
FIGURA 35

Desagregação do revestimento da fachada sudeste (ponto A).
Fonte: autor (2020).



FIGURA 36

Termografia do Ponto A.
Fonte: FLIR (adaptado).



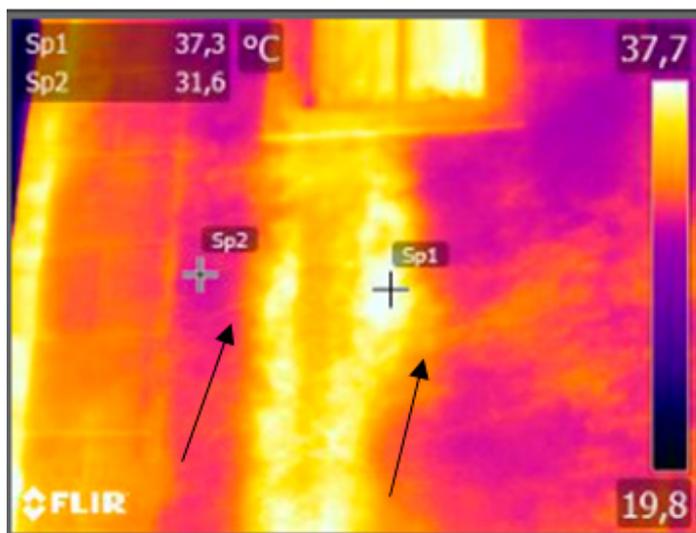
Ao analisar mais atentamente a Figura 36, observam-se zonas com temperatura mais elevada, retratadas nos pontos SP1 e SP3, e uma região mais escura em SP2 e SP4, indicando diminuição da temperatura e sugerindo a presença de umidade. Como ocorre a desagregação do revestimento em SP1 e SP3 de forma pontual, também é compreensível que as temperaturas sejam mais elevadas nesse ponto e a umidade do embasamento evapore com maior rapidez. A linha tracejada branca delimita as diferenças de temperatura na parede, indicando a presença de umidade nos alicerces, provavelmente originadas de mecanismos de capilaridade, ou por respingos de lavagem da calçada, ou das águas pluviais.

Comparando as figuras 37 e 38, pode-se constatar que a extensão do problema patológico é bastante semelhante. O ponto SP1, neste caso, apresenta temperatura aproximadamente 6°C maior que o ponto SP2, ocorrendo troca de calor com o ambiente mais acentuada e comprovando a perda do revestimento e a presença de umidade nesse trecho. Percebe-se, ainda, que os depósitos escuros e zonas sem revestimento têm a mesma extensão no termograma e na Figura 39.

FIGURA 37
Sujidades (ponto B).
Fonte: autor (2020).



FIGURA 38
Termografia do ponto B.
Fonte: FLIR (adaptado).



5.3 FID e elaboração do mapa de danos

Durante a inspeção predial, os danos foram catalogados, o ensaio de termografia foi executado e a FID foi elaborada. Cada manifestação patológica encontrada foi representada graficamente, segundo os parâmetros definidos por Rocha (2017) e Rocha *et al.* (2018). Essas etapas foram importantes para o correto diagnóstico das anomalias encontradas e permitiram a organização dos dados levantados, sistematizando a construção do mapa de danos das fachadas vistoriadas. Na sequência, apresentam-se as FID de cada fachada vistoriada (figuras 39 e 40).

FIGURA 39

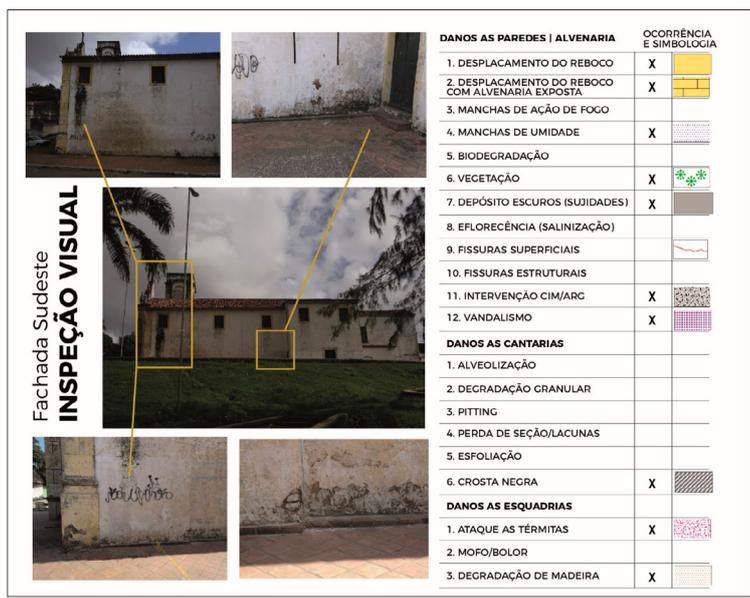
FID da fachada frontal – sudoeste.
Fonte: adaptado de Rocha (2017).



A partir da FID e da digitalização das fachadas, obtidas com o auxílio dos documentos originais e uso de *software* CAD, pode-se construir os mapas de danos. As figuras 41 e 42 apresentam os mapas de danos dessa edificação.

FIGURA 40

FID da fachada lateral – sudeste.
 Fonte: adaptado de Rocha (2017).



Na Figura 41, percebe-se a extensão dos danos e diagnósticos, dentre os quais estão as fissuras superficiais no entablamento do frontispício que acompanham a cercadura das janelas. Essas fissuras também foram constatadas na parte interna da igreja e devem ser monitoradas com maior atenção a fim de verificar sua origem. Os mapas de danos das fachadas sudoeste e sudeste (figuras 41 e 42) destacam a necessidade de recuperação da argamassa de revestimento para tratamento das sujidades e da umidade de forma generalizada. Na zona inferior das fachadas verificou-se, em alguns pontos, a exposição da alvenaria, o que contribuiu para o acúmulo de umidade no embasamento da edificação. A retirada da vegetação, especialmente na torre sineira, é uma tarefa que deve ser priorizada, assim como o tratamento de restauro das madeiras de suporte do sino, das esquadrias e da cobertura, que apresentavam vários pontos com ataque de térmitas.

Analisando-se os Mapas de Danos percebe-se a ação antrópica de vandalismo, que, por vezes, degrada a igreja, seja por pinturas e lascamento das cantarias ou por pichações em vários setores das fachadas estudadas. A igreja inspecionada apresentou maior extensão de umidade ascensional. Sobre esse item, acredita-se que o uso de materiais construtivos bastante porosos associados à localização geográfica da edificação, na base de um

morro e próxima a uma fonte de água subterrânea (Bica do Rosário), facilita a penetração de água proveniente do solo e decorrente do escoamento superficial das águas pluviais do Morro do Rosário.

FIGURA 41

Mapa de danos da Igreja de N. Sra. do Rosário dos Homens Pretos – fachada sudoeste. Fonte: autor (2020).

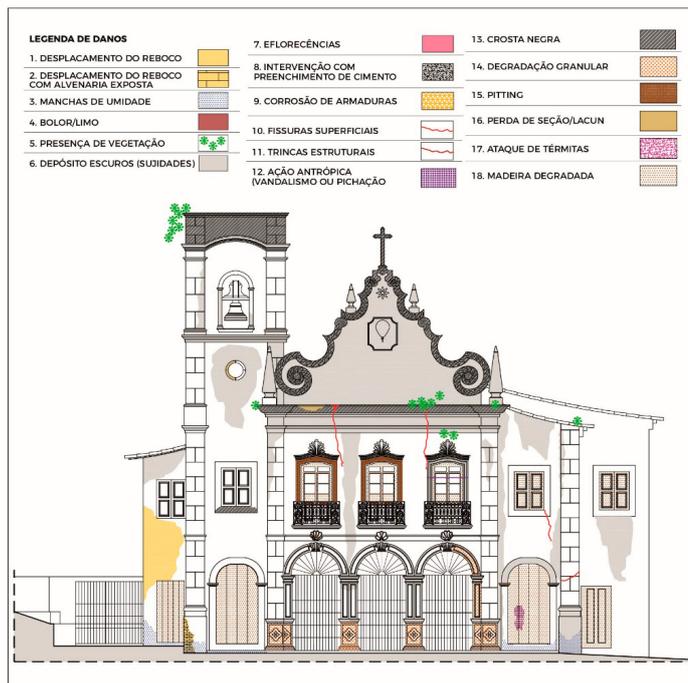
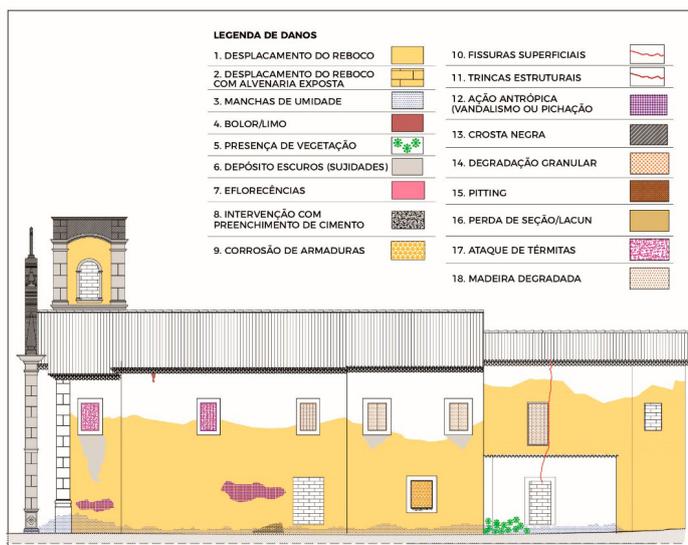


FIGURA 42

Mapa de danos da igreja de N. Sra. do Rosário dos Homens Pretos – fachada sudeste. Fonte: autor (2020).



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preservação do patrimônio histórico, artístico e cultural e, mais precisamente, dos bens fixos, salientando-se as edificações antigas, é uma necessidade não somente para a conservação dos monumentos, para que estes perdurem nas próximas gerações, como também para a preservação da identidade cultural de um povo. Dessa forma, torna-se imperativo o desenvolvimento de estudos de engenharia que possam embasar tecnicamente as soluções de intervenção e recuperação de tais edifícios.

No objeto de estudo, a Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos de Olinda (PE), pode-se inferir que a ausência de manutenção, a presença de umidade e de fenômenos do intemperismo contribuíram mais ativamente para a degradação das estruturas.

O uso da termografia por infravermelhos, por sua vez, mostrou-se uma técnica eficaz na detecção de anomalias ocultas, especialmente em relação a pontos de extensão da umidade ascensional, e também para a confirmação da extensão real do dano provocado pelo problema patológico, visto que, muitas vezes, os problemas patológicos nas edificações tardam a apresentar o dano na superfície do material, escondendo a dimensão real do problema. Destaca-se a importância da correta utilização da câmera termográfica, do lançamento dos dados de entrada e principalmente da interpretação dos termogramas, bem como da *expertise* e experiência do profissional responsável por esse ensaio, visto que ele é bastante sensível a alterações ambientais. Daí ser necessário ao investigador proceder com maior atenção e cuidado, além de estudar os períodos de insolação a que os edifícios estão submetidos, buscando analisar as cartas solares.

Apesar da vistoria apontar uma composição de materiais construtivos bastante heterogênea, a determinação da emissividade pôde ser obtida *in loco*, assegurando um valor de 0,85, compatível com revestimentos à base de cal dolomítica, permitindo certa aproximação com o material presente nas fachadas estudadas e contribuindo para a elaboração dos termogramas e interpretação das extensões de umidades dentro das estruturas analisadas.

Desse modo, a termografia por infravermelhos mostra-se uma técnica não destrutiva eficaz para aplicação em edifícios históricos, principalmente quando utilizada para comparar e detectar heterogeneidades de materiais qualitativamente. Contudo, apesar de possibilitar uma indicação de caracterização

do material, ela não deve ser utilizada como único elemento para a avaliação das propriedades dos materiais construtivos. Quando possível, sugere-se a realização de ensaios com extração de amostras e análises laboratoriais, que não puderam ser realizados no presente estudo. A utilização do mapa de danos deve ser incentivada nas metodologias de inspeção predial em edificações históricas e representação de diagnósticos, pois, uma vez implementado, ele permitirá a interpretação visual da extensão dos danos na edificação e possibilitará a quantificação das ações de intervenção na edificação.

Por fim, através das inspeções realizadas, e por meio da análise dos mapas de danos elaborados, pôde-se inferir que a grande maioria dos problemas patológicos presentes na estrutura vistoriada decorrem da presença da umidade e deterioração natural do elemento construtivo a partir da ação do intemperismo.

REFERÊNCIAS

ARÊDE, António; COSTA, Aníbal. Inspeção e diagnóstico estrutural de construções históricas: algumas contribuições da FEUP. In: SEMINÁRIO A INTERVENÇÃO NO PATRIMÔNIO: PRÁTICAS DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO, 1, Porto, 2002. *Atas...* Porto: FEUP, 2002. p. 55-88.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16.747: inspeção predial – diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento*. Rio de Janeiro, 2020.

AVDELIDIS, Nicolas P.; MOROPOULOU, Antonia; ALMOND, Darryl P. Passive and active thermal non-destructive imaging of material. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON OPTICS AND PHOTONICS FOR DEFENCE AND SECURITY, 2004, London, United Kingdom. *Proceedings*, 5612, p. 126-140, 2004. DOI: doi: 10.1117/12.568749. Disponível em: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/5612/0000/Passive-and-active-thermal-nondestructive-imaging-of-materials/10.1117/12.568749.full>. Acesso em: 24 jul. 2023.

BARREIRA, E. Termografia para avaliação de patologias em edifícios. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 5, 2015, Porto, Portugal. *Anais ... Portugal: V PATORREB*, 2015. v.1. p. 32-41.

BAUER, E.; LEAL, F.C.B. Condicionantes das medições termográficas para avaliação da temperatura em fachadas. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, Fortaleza, Ceará. *Anais ... Fortaleza*, 2013.

BEGONHA, A. Patologia da pedra. Casos de obra. In: JORNADA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO, 1, 2011, Portugal. *Anais...* Portugal: I JMC, 2011. p. 83-113.

BRAGA, Sylvia Maria Nélo (Coord.) *Manual de conservação de cantarias*. [S.l.]: Iphan, 2005. 43p. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Man_ConservacaoCantarias_2edicao_m.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

CANTINI, L.; MUNDA, S.; CONDOLEO, P.; TEDESCHI, C. Investigation methodology applied to the structure of the church of St. Biagio in L'Aquila. Inverse problem for material

analysis by ultrasound. *Nondestructive Testing of Materials and Structures*, p. 1195-1201, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/278722423_Investigation_Methodology_Applied_to_the_Structure_of_the_Church_of_St_Biagio_in_L'Aquila. Acesso em: 14 abr. 2020.

CARBALLAL JUNIOR, José Lois. Manifestações patológicas em edificações na Região Metropolitana do Recife: levantamento e análise de materiais e métodos de reparo ou reforço estrutural. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

CARDANI, Giuliana; BINDA, Luigia Ada. Guidelines for the evaluation of the Load-Bearing Masonry Quality in Built Heritage. In: TONIOLO, Lucia; BORIANI, Maurizio; GUIDI, Gabriele (Eds.). *Built Heritage: Monitoring Conservation Management*. Springer Nature, 2015. p. 127-139. (Research for Development)

CARDOSO, Frederico Santos. *Estudo da deterioração da pedra na Igreja de Paço de Sousa* – proposta de tratamento. Porto, 2008. 108p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) – Especialização em materiais e processos de construção, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

CNR-ICR. *Raccomandazione Normale 1/88*. Alterazione macroscopiche dei materiali lapidei: lessico, Roma: CNR-ICR, 1990.

ESPEJO, P. H. C.; HERRERO, E. N.; OBIS, G. J. Termografia infrarroja aplicada al análisis constructivo de patologias de edificios de interes histórico. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 5, 2015, Porto, Portugal. *Anais ... Portugal: VI PATORREB*, 2015. v.1. p. 216-221.

FERREIRA, Lupércio Gonçalves. *Olinda desde ontem*. Recife: Comunigraf, 1997. 63p.

FREITAS, Sara S.; FREITAS, Vasco. P.; BARREIRA, Eva. Detection of facade plaster detachments using infrared thermography: a nondestructive technique. *Construction and Building Materials*, v. 70, p. 80–87, 15 nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061814008563?via%3Dihub>. Acesso em: 24 jul. 2023.

GUERRA, Fernando Lamago; CUNHA, Eduardo Grala; SILVA, Antônio César Silveira Baptista; KNOP, Stifany. Análise das condições favoráveis à formação de bolor em edificação histórica de Pelotas, RS, Brasil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.12, n. 4, p. 7–23, out. / dez. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/b9rRtqsrPpNFWjKW8YF7GBx/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 24 jul. 2023.

GUIMARÃES, L. E. *Avaliação comparativa do grau de deterioração de edificações* – estudo de caso: prédios pertencentes à Universidade Federal de Goiás, 2003. 186 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

HAUTEQUESTT FILHO, G. C.; ACHIAMÉ, G. G. Diretrizes para representação gráfica de mapa de danos. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 6, 2018, Rio de Janeiro. *Anais ... Portugal: VI PATORREB*, 2018. v.1, p. 110-120.

KANAN, Maria Isabel. *Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal*. Brasília: Iphan/ Programa Monumenta, 2008. 172p. (Cadernos técnicos, 8)

KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A.; CHRISTOU, P.; KALOGIROU, S. A. Infrared thermography (IRT) applications for building diagnostics: a review. *Applied Energy*, v. 134, p. 531–549, 2014.

- LANNES, Liege Dias. *Reincidência de danos em prédio histórico preservado*. Pelotas, 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, 278 p.
- MALDAGUE, X. P. V. *Theory and practice of infrared technology for nondestructive testing*. New York: Wiley, John & Sons, 2001.
- MARIZ, L.; MATEU, F.; ROCHA, F.; VELOSA, A.L. Diagnóstico de anomalia por meio de termografia de infravermelhos: estudo aplicado a argamassas de assentamento de azulejo semi-industrial. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 5, 2015, Porto, Portugal. *Anais ... Portugal: V PATORREB*, 2015. v.1. p. 267-272.
- MORAIS, M. J.; MASCIOTTA, M. G.; RAMOS, L. F. OLIVEIRA, D. V.; AZENHA, M.; PEREIRA, E. B.; LOURENÇO, P. B. A proactive approach to the conservation of historic and cultural heritage: the heritagecare methodology. In: GUIMARÃES IABSE SYMPOSIUM, 2019. Guimarães, Portugal. *Anais ... Portugal: IABSE, Towards a resilient built environment – risk and asset management*, mar. 2019. p. 64-71.
- MOROPOULOU, A.; LABROPOULOS, K. C.; DELAGOU, E. T.; KARAGLOU, M.; BAKOLAS, A. Non-destructive techniques as a tool for the protection of built cultural heritage. *Construction and Building Materials*, v. 48, p. 1222–1239, 2013.
- NEGRI, A.; RUSSO, J. Degrado dei materiali lapidei: Proposta di simbologia gráfica. In: CARBONARA, Giovanni (ed.). *Trattato di restauro architettonico. Secondo Aggiornamento*. Torino: Utet Giuridica, 2008. (Grandi temi di restauro, 10)
- OLIVEIRA, G. F. P. *Potencialidades da termografia para o diagnóstico de patologias associadas à humidade*. Porto, 2013. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- RIBEIRO, N. P. Técnicas construtivas das alvenarias históricas no Brasil. In: BRAGA, Márcia (Org.). *Conservação e restauro: arquitetura*. Rio de Janeiro: Rio, 2003.
- RIECK, F. E.; SOUZA, J. C. Condições de conservação e patologias dos bens pétreos de monumentos históricos da Zona da Mata Pernambucana. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, Natal, Rio Grande do Norte. *Anais ...*, p.108-118, nov, 2007.
- ROCHA, E. A. *Manifestações patológicas em edificações religiosas do século XVII e XVIII: um estudo na região do sítio histórico de Olinda – PE*. Recife, 2017. 174 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Construção Civil) – Universidade de Pernambuco.
- ROCHA, E. A.; MACEDO, J. V. S; CORREIA, P. MONTEIRO, E. C. B. (2018). Adaptation of a damage map to historical buildings with pathological problems: Case study at the Church of Carmo in Olinda, Pernambuco. *Revista ALCONPAT*, v.8, n. 1, p. 51-63, jan./abr. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.198>. Disponível em: <file:///C:/Users/Ana%20Celia/Downloads/198-Original%20Article%20Text-1274-2-10-20180201.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- SILVA, D. D. S. *Diagnóstico de patologias em fachadas utilizando termografia*. Portugal, 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade do Porto.
- TINOCO, Jorge E. L. *Mapa de danos: recomendações básicas*. Olinda: Ceci, 2009. (Texto para discussão, 43. Gestão e restauro)

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. Sistema normativo para mapas de danos de edifícios históricos aplicados à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas. *In: VI COLÓQUIO LATINOAMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL*, 2012. São Paulo: *Anais...* São Paulo: Centro Universitário Belas Artes, 2012. v. 1. p 44-26.

VIEGAS, D. J. A. *Utilização de termografia infravermelha em fachadas para verificação de descolamento de revestimento*. Recife, 2015. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade de Pernambuco.

