PRIORIZAÇÃO DE CLASSES DE ANOMALIAS EM TELHADOS VISANDO A AUTOMATIZAÇÃO DE INSPEÇÕES PARA APOIO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Prioritization of roof anomalies classes for the automation of inspections in support of maintenance management

Alisson Souza Silva
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | so_alisson@hotmail.com

Dayana Bastos Costa
Universidade Federal da Bahia | Salvador, Bahia | dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

No ciclo de vida de um edifício, a fase de Operação e Manutenção representa aproximadamente 65% do custo total da edificação. A gestão da manutenção (GM) de telhados e coberturas visa assegurar o desempenho adequado desses sistemas, protegendo a estrutura contra condições ambientais adversas. Tecnologias digitais, como drones e Inteligência Artificial, têm transformado as atividades de GM. No entanto, apesar da automação proporcionada por essas tecnologias, ainda persistem desafios relacionados à gravidade das anomalias detectadas e seu impacto na edificação. Diante disso, este estudo propõe uma avaliação qualitativa para classificar, em ordem de prioridade, as classes de anomalias identificadas em coberturas, com base em inspeções realizadas por drones em 25 edificações. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, envolvendo especialistas da indústria e da academia com experiência em inspeções prediais. Esses especialistas avaliaram um conjunto pré-definido de imagens representando dez classes de anomalias. As nomenclaturas utilizadas nas imagens foram analisadas, e as classes foram ranqueadas com base no Índice de Importância Relativa (RII). Com base no RII, o ranqueamento das classes de anomalias indicou que “Danos em telhas, incluindo telhas rachadas, quebras ou desgastas”, foi considerada a mais crítica, seguida por “Deslocamento de telhas” e “Fissuras na laje”.

Palavras-chave: Anomalias em telhado; Operação e Manutenção; Gestão da Manutenção; Telhados e coberturas; Inspeção automatizada.

ABSTRACT

During a building's life cycle, the Operation and Maintenance phase accounts for approximately 65% of the total facility cost. The maintenance management (MM) of roofs and coverings aims to ensure the proper performance of these systems, protecting the structure from adverse environmental conditions. Digital technologies, such as drones and Artificial Intelligence, have been transforming MM activities. However, despite the automation enabled by these technologies, challenges persist regarding the severity of the detected anomalies and their impact on the building. In this context, this study proposes a qualitative assessment to prioritize and classify the types of anomalies identified in roof systems based on drone inspections carried out on 25 buildings. The research adopted a qualitative approach involving industry and academic experts with experience in building inspections. These specialists evaluated a predefined set of images representing ten anomaly classes. The terminologies used in the images were reviewed, and the classes were ranked using the Relative Importance Index (RII). Based on the RII, the ranking indicated that “Tile damage, including cracked, broken, or worn tiles,” was considered the most critical anomaly, followed by “Tile displacement” and “Slab cracking.”

Keywords: Roof anomalies; Operation and Maintenance; Maintenance Management; Roofs and coverings; Automated inspection.

1 INTRODUÇÃO

A envoltória dos edifícios atua como uma camada protetora da edificação contra os agentes externos de degradação, como radiação solar, temperatura, chuva dirigida e ventos (Garcez et al., 2012). Além disso, é considerada a parte mais exposta a essas condições e, consequentemente, mais suscetível à deterioração (Lopes et al., 2024). Dentre os subsistemas que compõem a envoltória das edificações, o telhado e a cobertura desempenham um importante papel, influenciando diretamente a durabilidade dos elementos que a integram (Kaminski et al., 2025).

Segundo a NBR 15.575, os telhados fazem parte do sistema de cobertura das edificações e podem ser compostos de diversos formatos, variando entre planos e inclinados, com materiais e desempenhos distintos, devendo, portanto, ser analisados separadamente para evitar o surgimento de anomalias (ABNT, 2021). Anomalias em áreas pequenas podem causar danos significativos, e falhas em fixações, áreas periféricas e materiais auxiliares podem surgir antes da deterioração do revestimento principal, exigindo ações corretivas complexas (Morgado et al., 2017). Segundo Tiwari et al. (2025), uma parcela significativa das anomalias em coberturas está relacionada a problemas como detalhamento inadequado na fase de projeto, erros técnicos durante a execução, ausência ou insuficiência de manutenção e exposição a condições ambientais adversas.

Segundo Morgado et al. (2017), o investimento anual na manutenção de edifícios é significativamente impactado pelos custos relacionados à conservação de sistemas de cobertura. A ocorrência de falhas nesses sistemas aumenta o risco de comprometimento tanto da envoltória quanto da estrutura do edifício como um todo. Apesar do consenso entre profissionais e partes interessadas sobre a importância da manutenção adequada das coberturas para a preservação dos edifícios, essa prática é frequentemente negligenciada. Isso acelera a deterioração física e funcional das construções, resultando em perdas econômicas e ambientais significativas, além de afetar negativamente as condições de vida.

De acordo com o relatório CIB-W086 sobre Patologia da Construção (2013), falhas construtivas podem acelerar significativamente a degradação de um edifício, comprometendo sua integridade estrutural e resultando em custos anuais de manutenção que variam entre 2% e 5%, ou mais, do custo total da construção. Inspeções regulares e uma gestão preventiva dos danos são essenciais para evitar a deterioração acelerada e manter a condição do edifício. Além disso, a identificação precoce do surgimento de anomalias reduz a necessidade de grandes reparos, aumentando a segurança, a funcionalidade e a durabilidade da edificação (Tan et al., 2024).

Nesse contexto, estima-se que, em um edifício com aproximadamente 50 anos, os custos de manutenção representem cerca de 75% a 80% do total das despesas (Hauashdh, 2022). Salzano et al. (2023) destacaram que a fase de operação e manutenção concentra as atividades que mais geram gastos ao longo do ciclo de vida do edifício, representando até 60% do custo total. Esses dados reforçam a importância da gestão da manutenção (GM), a qual enfrenta desafios significativos, como a ausência de informações atualizadas sobre os ativos construídos (Dauda; Ajayi, 2022; Adegoriola et al., 2024). Além disso, a falta de registros adequados dificulta o planejamento das ações de manutenção e a correta alocação de custos, tornando esses processos ainda mais complexos (Sena et al., 2024).

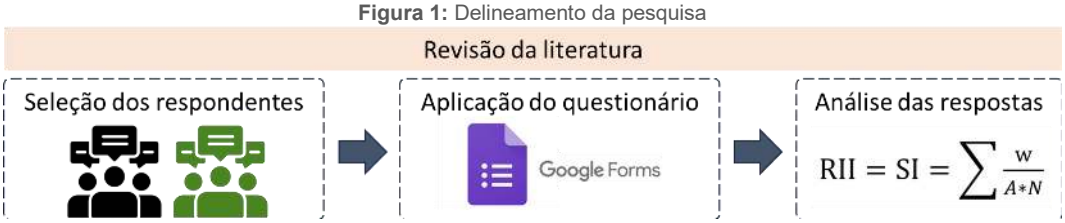
No âmbito da Construção 4.0, as tecnologias digitais vêm otimizando progressivamente processos manuais, como as inspeções, tornando-os mais ágeis, seguros e eficazes (Li et al., 2022). Os drones têm sido cada vez mais utilizados na coleta de informações sobre edificações, especialmente em inspeções de telhados (Staffa et al., 2023; Santos et al., 2023; Fan, 2024; Silva et al., 2025a) e fachadas (Ruiz et al., 2021; Mirzabeigi & Razkenari, 2022; Chen et al., 2023; Silva et al., 2025b). O potencial dessas ferramentas é ampliado com a integração de algoritmos de Inteligência Artificial (IA), o que melhora significativamente a precisão e a confiabilidade da análise automatizada das informações coletadas pelos drones (Ottoni et al., 2023; Wang et al., 2023; Silva et al., 2025c). No entanto, ainda persistem desafios relevantes na integração dessas informações aos processos de gestão da manutenção (Sena et al., 2024).

Apesar dos avanços apresentados na literatura visando aprimorar a GM das edificações e automatizar os processos de inspeção, ainda se observa a necessidade de uma atenção mais cuidadosa aos processos de manutenção e aos problemas que demandam solução. Diversos estudos têm buscado automatizar a detecção e a classificação de anomalias em telhados e coberturas (Staffa et al., 2023; Santos et al., 2023; Fan, 2024; Silva et al., 2025a). No entanto, existe uma lacuna no critério sobre quais tipos de danos devem receber maior prioridade, considerando seu potencial impacto na edificação. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar qualitativamente as classes de anomalias observadas em telhados e coberturas de edificações, com o intuito de estabelecer uma ordem de prioridade segundo a perspectiva da GM. Para isso, foi elaborado um questionário com dez classes de anomalias identificadas após a inspeção de 25 edificações.

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada neste trabalho foi uma análise qualitativa, por meio de entrevistas semiestruturadas com profissionais da indústria da Construção Civil. Segundo Farrell (2011), o método de pesquisa por meio de questionário é a forma mais frequentemente utilizada na pesquisa qualitativa e está voltado para fenômenos presentes, ao contrário da pesquisa histórica, que trata de eventos passados. Essa característica da pesquisa por questionário a torna adequada para o tema proposto neste estudo. Além disso, Rowley (2014) indica que "questionários são tipicamente utilizados em situações de pesquisa por inquérito", o que envolve uma série de perguntas predefinidas em um instrumento de coleta de dados, com o objetivo de reunir percepções e opiniões de profissionais. Dessa maneira, este estudo foi desenvolvido em quatro etapas, sendo: 1) revisão da literatura; 2) seleção dos entrevistadores; 3) aplicação do questionário; 4) análise das respostas (Figura 1).

Figura 1: Delineamento da pesquisa



Fonte: Os autores.

As classes de anomalias apresentadas aos profissionais fazem parte de um estudo mais amplo, vinculado à uma tese de doutorado. Essas classes foram pré definidas a partir de um estudo empírico realizado durante oito meses, em que foram inspecionadas 25 edificações, focando nos telhados e coberturas (Silva et al., 2025c). Essa amostra contempla edificações institucionais, construídas desde a década de XIX. O sistema de cobertura dessas edificações é composto por tipologias, materiais e sistemas construtivos distintos, ambos localizados em Salvador, Bahia.

A partir da aquisição, as imagens foram analisadas e foram definidas inicialmente dez classes de anomalias de telhados e coberturas (Figura 2), sendo: (1) Acúmulo de Biofilme (matéria orgânica, incluindo algas, líquens e musgos), (2) Resíduos na cobertura (acúmulo de resíduos ou materiais estranhos), (3) Corrosão ou amassamento de calhas e rufos, (4) Telhas extra ou telha no sentido transversal da cobertura, (5) Alçapões abertos ou danificados, (6) Danos em telhas (rachaduras, quebradas ou desgaste), (7) Sujidade no telhado (acúmulo de sujeira, folhas ou material particulado), (8) Crescimento da vegetação (presença de espécie vegetal indesejada em coberturas de telhados), (9) fissuras na laje e (10) Deslocamento das telhas (desalinhamento ou movimento das telhas). Essas classes foram definidas por apresentarem potenciais danos ao sistema de cobertura do edifício e por poderem ser evitadas com a implementação de um sistema de gestão da manutenção adequado.

Figura 2: Classes de anomalias pré definidas



Fonte: Os autores.

A revisão da literatura se estendeu ao longo de toda a pesquisa, fornecendo base teórica para a definição das classes, das nomenclaturas e dos potenciais danos que as anomalias identificadas podem causar à edificação. Além disso, essa etapa foi fundamental para a delimitação do escopo da pesquisa. Por fim, a revisão da literatura também apoiou a tomada de decisão na seleção da amostra de respondentes deste estudo.

2.1 SELEÇÃO DOS RESPONDENTES

Os especialistas participantes do questionário foram classificados em dois grupos. O primeiro grupo inclui Especialistas da Indústria (EI), composto por profissionais atuantes na área de Patologia das Construções e Engenharia Diagnóstica, responsáveis por analisar a nomenclatura das classes e definir uma ordem de prioridade para as dez classes inicialmente identificadas. O segundo grupo é formado por Especialistas da Academia (EA), incluindo professores e pesquisadores da mesma área. Com a validação desses profissionais, será definido o escopo final da pesquisa em relação às classes a serem analisadas automaticamente pelo método proposto. A caracterização dos participantes dessa atividade é descrita no Quadro 1.

Quadro 1: Participantes do formulário

ESPECIALISTAS	CÓDIGO	FORMAÇÃO ACADÊMICA	NÍVEL DE FORMAÇÃO	TEMPO DE EXPERIÊNCIA	REGIÃO DE ATUAÇÃO
Indústria	EI1	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Nordeste
	EI2	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Nordeste
	EI3	Engenharia Civil	Especialização	Mais de 10 anos	Nordeste
	EI4	Engenharia Civil	Mestrado	Mais de 10 anos	Sudeste
	EI5	Engenharia Civil	Especialização	Mais de 10 anos	Sudeste
	EI6	Engenharia Civil	Especialização	Mais de 10 anos	Nordeste
	EI7	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Sul
	EI8	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Sul
	EI9	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Sul
	EI10	Engenharia Civil	Especialização	Entre 5 a 10 anos	Centro Oeste
Academia	EA1	Engenharia Civil	Mestrado	Entre 5 a 10 anos	Sul
	EA2	Engenharia Civil	Mestrado	Mais de 10 anos	Nordeste
	EA3	Engenharia Civil	Doutorado	Entre 3 a 5 anos	Nordeste
	EA4	Engenharia Civil	Doutorado	Mais de 10 anos	Nordeste
	EA5	Engenharia Civil	Doutorado	Mais de 10 anos	Nordeste
	EA6	Arquitetura e Urbanismo	Doutorado	Mais de 10 anos	Centro Oeste
	EA7	Engenharia Civil	Pós doutorado	Mais de 10 anos	Centro Oeste
	EA8	Engenharia Civil	Pós doutorado	Mais de 10 anos	Nordeste
	EA9	Arquitetura e Urbanismo	Mestrado	Entre 5 a 10 anos	Centro Oeste
	EA10	Engenharia Civil	Doutorado	Mais de 10 anos	Centro Oeste

Fonte: Os autores.

Os especialistas da indústria foram convidados por conta da forte atuação no mercado da Engenharia Diagnóstica em diferentes regiões do Brasil. Já os especialistas da academia foram selecionados por meio de suas pesquisas científicas e publicações relacionadas à área de interesse desta pesquisa. Além disso, o formulário foi elaborado pelo autor desta tese e testado por três estudantes convidados antes de ser enviado aos participantes. Por fim, a primeira rodada de envio do questionário para os EI's ocorreu entre de 15 a 30 de janeiro de 2025. A segunda rodada de envio para os EA's ocorreu entre 10 e 24 de fevereiro de 2025.

2.2 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Para a coleta de dados, foi elaborado e aplicado um questionário online com o objetivo de avaliar a percepção de especialistas quanto à nomenclatura adotada para diferentes classes de anomalias identificadas em telhados e coberturas de edificações, bem como a relevância de cada classe do ponto de vista da gestão da manutenção. Dentre as questões propostas, dez consistiam na apresentação de imagens representando anomalias específicas, seguidas da pergunta: "Você concorda com a nomenclatura adotada para esta imagem?". As opções de resposta disponíveis foram: "sim", "não" e "não tenho certeza". Adicionalmente, foi disponibilizado um campo de resposta aberta para que o respondente pudesse sugerir uma nomenclatura alternativa, caso julgasse mais apropriada (Figura 3).

Figura 3: Estrutura do questionário



Fonte: Os autores.

Ao final das dez questões baseadas em imagens, os participantes foram convidados a atribuir uma nota de 1 a 10 para cada uma das dez classes de anomalias previamente identificadas, considerando o nível de relevância de cada classe para a gestão da manutenção. As notas atribuídas serão utilizadas para estabelecer uma ordem de prioridade entre as classes, auxiliando na definição de diretrizes para ações corretivas e preventivas. Antes da aplicação do questionário, foi realizado um pré-teste com quatro colaboradores, pertencentes do mesmo grupo de pesquisa do autor deste trabalho, com o objetivo de verificar a clareza das instruções, o entendimento das perguntas e a funcionalidade do instrumento de coleta. Os ajustes necessários foram realizados com base nas observações obtidas durante essa etapa. Os questionários foram aplicados em duas rodadas. A primeira ocorreu entre 15 e 30 de janeiro de 2025. A segunda rodada foi realizada entre 10 e 25 de fevereiro de 2025.

2.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS

Após a aplicação dos questionários em dois grupos de especialistas, os dados foram tratados e analisados separadamente para cada grupo. Inicialmente, foram examinadas as respostas fechadas sobre a pertinência das nomenclaturas adotadas. Em seguida, analisou-se a avaliação das classes apresentadas, utilizando uma escala Likert de 0 a 10 em uma grade de múltipla escolha. Para estabelecer a prioridade entre as classes, aplicou-se o Índice de Importância Relativa (RII), também conhecido como Índice de Severidade (SI).

$$RII = SI = \sum \frac{w}{A*N} \qquad \text{(Eq.1)}$$

Onde:

W é o peso dado a cada um dos fatores pelos respondentes, variando conforme a escala Likert;

A é o peso mais elevado; e

N é o número total de respondentes.

O valor de RII teve uma variação de 0 a 10, ou seja, quanto mais próximo de 0, menor era a relevância desta classe para fins de manutenção e quanto mais próximo de 10, maior é a relevância. Após a obtenção desses valores, foi somado os indicadores de cada especialista, por classe, e gerado a média para realizar o ranqueamento das classes.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa.

3.1 ANÁLISE DA NOMENCLATURA ADOTA PARA CLASSES DE ANOMALIAS

Esta subseção refere-se à análise da percepção dos especialistas quanto à nomenclatura adotada para as classes de anomalias identificadas em telhados e coberturas. Nessa etapa, os respondentes avaliaram, com base em imagens, se concordavam ou não com as nomenclaturas atribuídas às anomalias. As respostas foram categorizadas em três opções: “Sim”, quando o entrevistado concordava com a nomenclatura; “Não”, quando não concordava; e “Não tenho certeza”, quando havia dúvida em relação à classificação adotada para determinada anomalia. Os resultados são apresentados nas Figuras 4 e 5, sendo que a Figura 4 mostra as percepções dos Especialistas da Indústria (EI) e a Figura 5, as percepções dos Especialistas da Academia (EA).

Figura 4: Percepção dos Especialistas da Indústria (EIs) em relação à nomenclatura utilizada

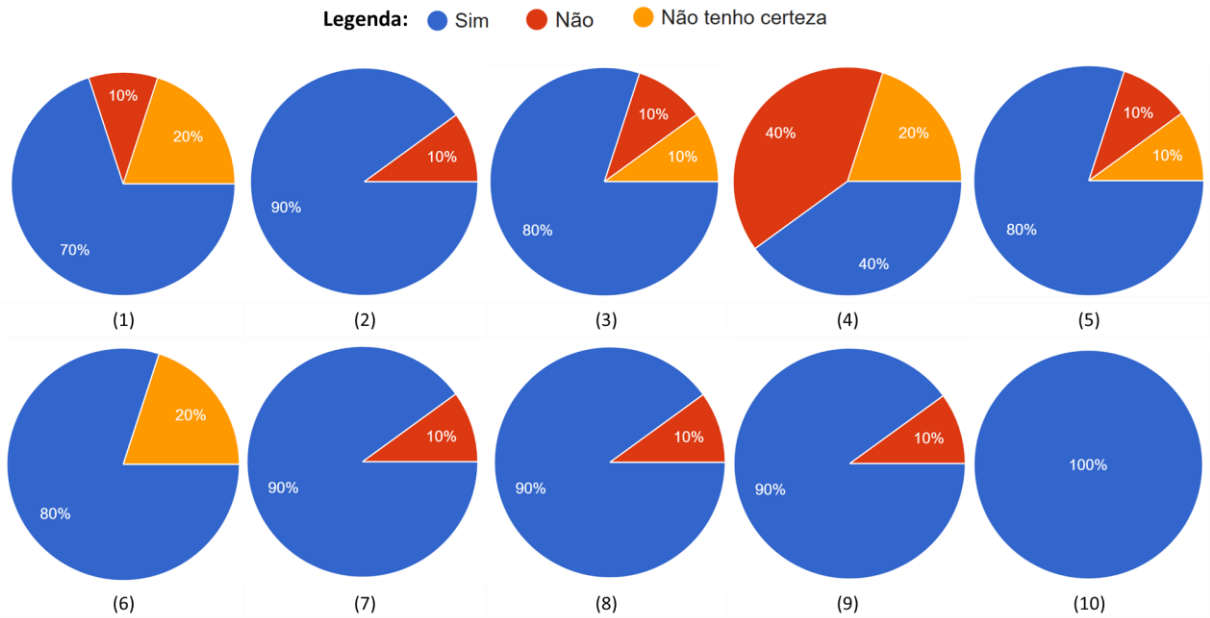
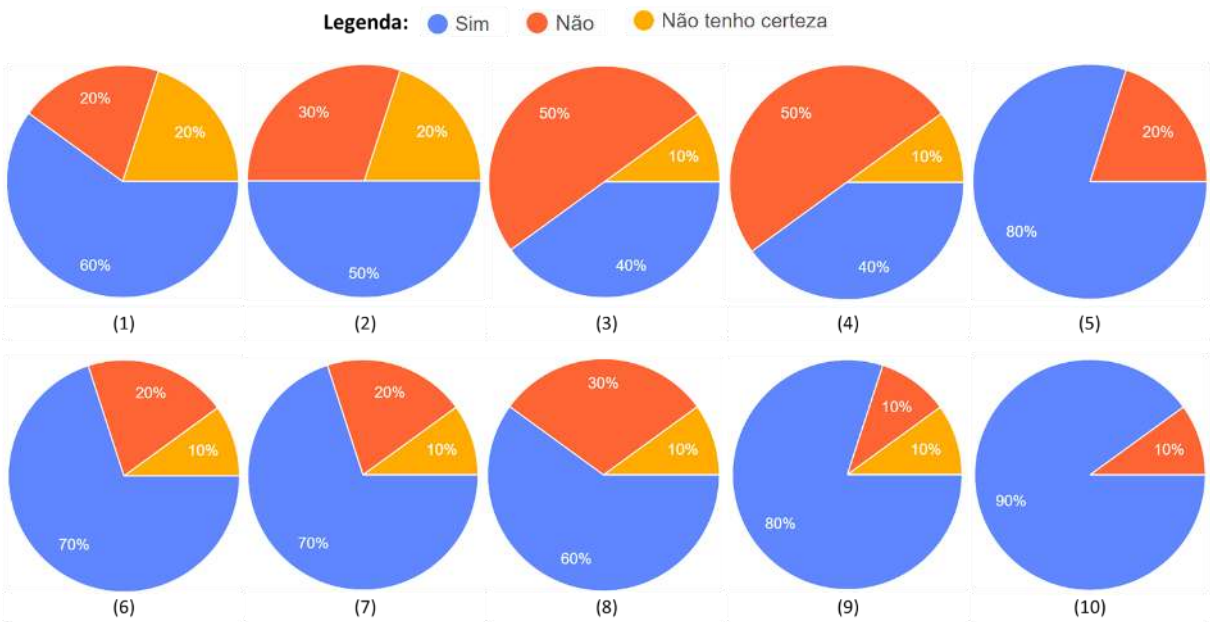


Figura 5: Percepção dos Especialistas da Academia (EAs) em relação à nomenclatura utilizada



Fonte: Os autores.

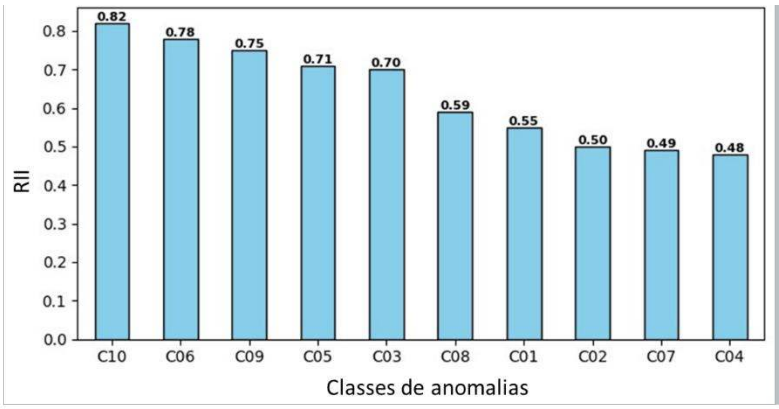
A análise das respostas dos Especialistas da Indústria (EIs) e da Academia (EAs) evidenciou um grau considerável de concordância com a nomenclatura proposta para as dez classes de manifestações patológicas, embora tenham sido apontadas sugestões importantes de aprimoramento conceitual e terminológico. A maioria das discordâncias concentrou-se em termos considerados genéricos, ambíguos ou subjetivos, como “danificado” e “resíduos”, com recomendações para maior precisão e especificidade. A classe “Acúmulo de biofilme” apresentou o maior nível de divergência, sobretudo entre os EAs, que sugeriram alternativas como “vegetação parasitária”, “acúmulo de sujidade” e a enumeração de organismos como algas, líquens e musgos. Em contrapartida, a classe “Deslocamento das telhas” obteve a maior aceitação entre os respondentes, com aprovação unânime dos EIs e apenas uma discordância pontual entre os EAs. Também foram feitas proposições de reorganização das categorias, seja pela fusão de classes semelhantes, como sujidade e resíduos, seja pela separação de manifestações distintas, como amassamento e corrosão. De modo geral, as contribuições dos especialistas reforçam a importância de uma nomenclatura técnica clara, objetiva e aderente à realidade observada em campo, a fim de garantir a acurácia na classificação e análise dos danos.

3.2 RANQUEAMENTO DAS CLASSES POR ORDEM DE PRIORIDADE PARA FINS DE MANUTENÇÃO

Após a análise das nomenclaturas, foi analisado a priorização das classes de anomalias com base no grau de relevância atribuído pelos respondentes. Para isso, foi utilizada uma escala de 0 a 10, por meio da qual os profissionais indicaram o peso que consideravam adequado para cada classe. A partir dessas respostas, foi calculado o Índice de Importância Relativa (RII), que permitiu estabelecer um ranqueamento das anomalias conforme seu grau de prioridade do ponto de vista da gestão da manutenção. Da mesma forma que foi realizada a análise da subseção anterior, esta subseção avaliou os grupos de especialistas de forma isolada, e ao final calculou-se a média entre as respostas. A Figura 6 apresenta o RII dos EIs e a Figura 7 apresenta o RII dos EAs.

Após a obtenção das respostas dos dois grupos, foi calculada a média entre elas. O Quadro 2 apresenta esta relação. Observa-se que as três classes de anomalias classificadas como mais relevantes, do ponto de vista da GM de telhados e coberturas foram: Danos em telhas (rachaduras, quebradas ou desgaste); Deslocamento de telhas; e Fissuras na laje.

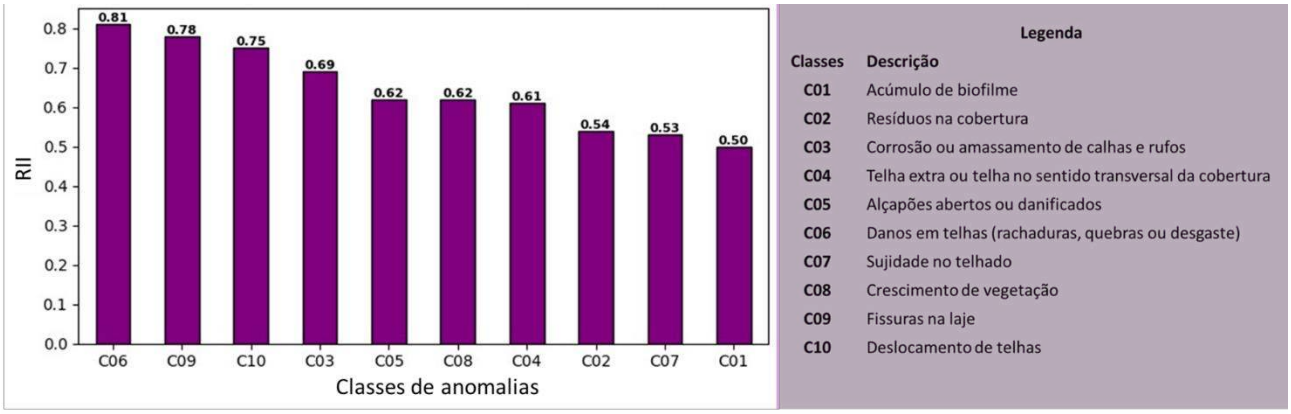
Figura 6: Índice de Importância Relativa – Dados da Indústria



Legenda	
Classes	Descrição
C01	Acúmulo de biofilme
C02	Resíduos na cobertura
C03	Corrosão ou amassamento de calhas e rufos
C04	Telha extra ou telha no sentido transversal da cobertura
C05	Alçapões abertos ou danificados
C06	Danos em telhas (rachaduras, quebras ou desgaste)
C07	Sujidade no telhado
C08	Crescimento de vegetação
C09	Fissuras na laje
C10	Deslocamento de telhas

Fonte: Os autores.

Figura 7: Índice de Importância Relativa – Dados da Academia



Fonte: Os autores.

Quadro 2: Ranqueamento das classes de anomalias com base na análise qualitativa dos especialistas

CLASSES	ANOMALIAS EM TELHADOS	ÍNDICE DE IMPORTÂNCIA RELATIVA (%)			RANKING
		EI	EA	Média	
C01	Acúmulo de biofilme	0,55	0,50	0,52	8º
C02	Resíduos na cobertura	0,50	0,54	0,52	9º
C03	Corrosão ou amassamento de calhas e rufos	0,70	0,69	0,69	4º
C04	Telha extra no sentido transversal da cobertura	0,48	0,61	0,54	7º
C05	Alçapões abertos ou danificados	0,71	0,62	0,66	5º
C06	**Danos em telhas (rachaduras, quebradas ou desgaste)**	0,78	0,81	0,79	**1º**
C07	Sujidade no telhado	0,49	0,53	0,51	10º
C08	Crescimento de vegetação	0,59	0,62	0,60	6º
C09	**Fissuras na laje**	0,75	0,78	0,76	**3º**
C10	**Deslocamento de telhas**	0,82	0,75	0,78	**2º**

Fonte: Os autores.

Analisando o ranqueamento das classes de anomalias é possível observar que a anomalia “Danos em telhas – rachaduras, quebras ou desgaste” foi considerada a mais crítica, seguida por “Deslocamento de telhas” e “Fissuras na laje”. Esse resultado pode ser atribuído à combinação de fatores como a frequência com que essas falhas ocorrem, impacto direto no desempenho do telhado, risco à segurança estrutural, bem como à complexidade e custo de reparo associados. Danos em telhas e seu deslocamento, por exemplo, podem comprometer a vedação da cobertura, facilitar infiltrações e causar deterioração acelerada de outros elementos do sistema. Já as fissuras em lajes indicam possíveis problemas estruturais de maior gravidade e, por isso, tendem a receber atenção prioritária.

Por outro lado, a anomalia “Telha extra no sentido transversal da cobertura” apresentou maior divergência entre os especialistas, como evidenciado pela diferença nos índices de importância relativa (0,48 entre EIs e 0,61 entre EAs). Essa variação pode estar relacionada a interpretações distintas sobre o caráter da anomalia: enquanto alguns especialistas a entendem como simples resíduo, outros a veem como um indicador de falhas no processo executivo, com potencial de comprometer a drenagem e a integridade da cobertura. Além disso, anomalias como o “Acúmulo de biofilme” e “Resíduos na cobertura” foram classificadas com menor criticidade, o que pode estar relacionado ao seu baixo impacto estrutural imediato e à possibilidade de correção com intervenções de manutenção simples e de baixo custo, embora seu descuido possa levar a problemas mais sérios ao longo do tempo, como o entupimento de calhas ou o aumento da degradação superficial. Tais achados reforçam a necessidade de considerar não apenas a presença da anomalia, mas também sua origem, evolução esperada e consequências para o desempenho global do sistema de cobertura.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como objetivo avaliar qualitativamente as classes de anomalias observadas em telhados e coberturas de edificações, com o intuito de estabelecer uma ordem de prioridade segundo a perspectiva da GM. Para isso, foi elaborado um questionário com dez classes de anomalias identificadas após a inspeção de 25 edificações. A análise das respostas dos Especialistas da Indústria (EIs) e da Academia (EAs) evidenciou ampla concordância quanto às nomenclaturas propostas para a maioria das classes de manifestações observadas. Contudo, algumas divergências e sugestões de ajustes foram registradas,

principalmente relacionadas à necessidade de maior especificidade em termos como “acúmulo”, “resíduos” e “danos”. As contribuições dos especialistas reforçaram a importância de utilizar terminologias claras e precisas para descrever as anomalias, evitando ambiguidades que possam comprometer a identificação correta dos problemas.

De modo geral, as nomenclaturas inicialmente sugeridas foram validadas pela maioria dos participantes, com recomendações pontuais de refinamento em casos específicos. As discussões destacaram a necessidade de, em futuras aplicações, considerar subdivisões ou complementações de classes, a fim de aprimorar a caracterização dos danos. As percepções dos EIs e EAs, reunidas neste estudo, fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de sistemas de classificação mais robustos e alinhados à prática profissional e acadêmica.

Além disso, a partir da aplicação do Índice de Importância Relativa (RII), observou-se que os danos em telhas, como rachaduras, quebras ou desgaste (C06), foram classificados como os mais críticos, seguidos pelo deslocamento de telhas (C10) e fissuras na laje (C09). Esses resultados indicam que anomalias associadas diretamente à integridade estrutural e à estanqueidade das coberturas são percebidas como prioritárias pelos Especialistas da Indústria e da Academia. Em contrapartida, danos relacionados ao acúmulo de sujeira, resíduos e biofilme (C01, C02 e C07) obtiveram os menores índices de importância, sugerindo que, embora relevantes para a conservação, são considerados de menor impacto imediato na funcionalidade do telhado. O ranqueamento obtido oferece uma hierarquização prática que pode orientar inspeções, manutenções preventivas e o desenvolvimento de sistemas automatizados de detecção de danos.

Apesar dos resultados obtidos, este estudo apresenta limitações inerentes à abordagem qualitativa adotada, incluindo a potencial subjetividade das avaliações dos especialistas e o uso exclusivo de imagens para a análise das anomalias, sem controle sobre variáveis como idade, material e histórico de manutenção das coberturas. Assim, estudos futuros devem considerar a formação de grupos focais para aprofundar a validação do ranqueamento proposto e apoiar o desenvolvimento de métodos mais robustos e adaptáveis para a gestão da manutenção de telhados e coberturas, integrando dados qualitativos, quantitativos, visuais e operacionais.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e ao CNPq por meio do número 443942/2024-2, pelo suporte financeiro para a pesquisa e pela equipe da Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI-UFBA).

REFERÊNCIAS

ADEGORIOLA, Mayowa I. et al. Development of a significant index model for assessing heritage building maintenance management challenges. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 31, n. 8, p. 3398-3428, 2024.

CHEN, Kaiwen et al. GIS-based information system for automated building façade assessment based on unmanned aerial vehicles and artificial intelligence. **Journal of Architectural Engineering**, v. 29, n. 4, p. 04023032, 2023.

CIB W086 on Building pathology. (2013). “A state-of-the-art report on building pathology.” Conseil International du Bâtiment (CIB), FEUP, and LFC, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

DAUDA, Jamiu A.; AJAYI, Saheed O. Understanding the impediments to sustainable structural retrofit of existing buildings in the UK. **Journal of Building Engineering**, v. 60, p. 105168, 2022.

FAN, Ching-Lung. Using convolutional neural networks to identify illegal roofs from unmanned aerial vehicle images. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 20, n. 2, p. 390-410, 2024.

FARRELL, Peter. **Writing a built environment dissertation: practical guidance and examples**. John Wiley & Sons, 2011.

GARCEZ, Nuno et al. System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs. **Construction and Building Materials**, v. 35, p. 1034-1044, 2012.

HAUASHDH, Ali et al. Strategic approaches towards achieving sustainable and effective building maintenance practices in maintenance-managed buildings: A combination of expert interviews and a literature review. **Journal of Building Engineering**, v. 45, p. 103490, 2022.

KAMINSKI, Matheus Gregorio; ACIOLE, Paulo Henrique de Sá; ZANONI, Vanda Alice Garcia. Empirical Study of the Relationship of Architectural Form Details to the State of Conservation of Modern Heritage Through Damage Maps. **Buildings**, v. 15, n. 1, p. 142, 2025.

LI, Clyde Zhengdao et al. The application of advanced information technologies in civil infrastructure construction and maintenance. **Sustainability**, v. 14, n. 13, p. 7761, 2022.

LOPES, Melissa Lorrane Frazão; BAUER, Elton; SILVA, Lenildo Santos da. Critérios para a identificação de anomalias em fachadas com revestimento em argamassa. **Ambiente Construído**, v. 24, p. e132144, 2024.

MIRZABEIGI, Shayan; RAZKENARI, Mohamad. Automated vision-based building inspection using drone thermography. In: **Construction Research Congress 2022**. 2022. p. 737-746.

MORGADO, João et al. Maintenance programmes for flat roofs in existing buildings. **Property Management**, v. 35, n. 3, p. 339-362, 2017.

OTTONI, André Luiz Carvalho; NOVO, Marcela Silva; COSTA, Dayana Bastos. Hyperparameter tuning of convolutional neural networks for building construction image classification. **The Visual Computer**, v. 39, n. 3, p. 847-861, 2023.

ROWLEY, Jenny. Designing and using research questionnaires. **Management research review**, v. 37, n. 3, p. 308-330, 2014.

RUIZ, Ramiro Daniel Ballesteros et al. Unmanned aerial vehicles (UAV) as a tool for visual inspection of building facades in AEC+ FM industry. **Construction Innovation**, v. 22, n. 4, p. 1155-1170, 2022.

SALZANO, Antonio et al. Existing assets maintenance management: Optimizing maintenance procedures and costs through BIM tools. **Automation in Construction**, v. 149, p. 104788, 2023.

SANTOS, Lara Monalisa Alves et al. Deep learning applied to equipment detection on flat roofs in images captured by UAV. **Case Studies in Construction Materials**, v. 18, p. e01917, 2023.

SENA, Rafael Oliveira et al. Proposal for integrating drone images and BIM in educational public buildings to support maintenance management. **Revista Ingeniería de Construcción**, v. 39, n. 3, 2024.

SILVA, Alisson Souza et al. YOLOv8-based model for automatic detection of residential roof damage. **Revista ALCONPAT**, v. 15, n. 1, p. 50-63. 2025a.

SILVA, Alisson Souza et al. CNN-based model for automated anomaly recognition in facade execution to support Quality Management. **Ambiente Construído**, v. 25, p. e143288, 2025b.

SILVA, Alisson Souza et al. Method for quality inspection during the execution of facades based on UAS images and Machine Learning algorithms**. International Journal of Construction Management.** 2025c. (In press).

STAFFA JUNIOR, Luciano de Brito et al. Web platform for building roof maintenance inspection using UAS and artificial intelligence. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 43, n. 1, p. 4-28, 2025.

TAN, Yi et al. Building defect inspection and data management using computer vision, augmented reality, and BIM technology. **Automation in Construction**, v. 160, p. 105318, 2024.

TIWARI, Shubham et al. Metal roof cladding system under wind loading: State-of-the-art. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 257, p. 105939, 2025.

WANG, Chien-Yao; BOCHKOVSKIY, Alexey; LIAO, Hong-Yuan Mark. YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. In: **Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition**. 2023. p. 7464-7475.