

Critérios para a identificação de anomalias em fachadas com revestimento em argamassa

Criteria for identifying anomalies in mortar coating facades

Melissa Lorrane Frazão Lopes 

Elton Bauer 

Lenildo Santos da Silva 

Resumo

A identificação de anomalias para a elaboração de mapas de danos é uma tarefa complexa e depende do conhecimento das suas formas de manifestação. O objetivo deste estudo é propor critérios para a detecção de anomalias em revestimentos de argamassa, pela análise de imagens de fachadas, visando aperfeiçoar o mapeamento de danos. São propostos parâmetros específicos, relacionados a posição (geometria), configuração, agrupamento, origem e componentes construtivos próximos que direcionam para a identificação de cada dano, indicando o que é mais importante observar em cada caso. Para a aplicação do método proposto, são selecionados seis trechos de fachadas de edifícios de Brasília – DF. São obtidas as principais características que auxiliam na identificação da tipologia de cada anomalia e a aplicação realizada permite validar a abordagem proposta. Com os resultados alcançados, observa-se que os critérios estabelecidos conduzem para a identificação precisa das anomalias, tornando o processo de elaboração de mapas de danos mais eficiente e confiável, contribuindo para o estudo da degradação.

Palavras-chave: Degradação. Fachada. Mapa de danos.

Abstract

The identification of anomalies for damage mapping is a complex task that depends on knowledge of their manifestation. The purpose of this study is to propose criteria for detecting anomalies in mortar coatings by analyzing facade images, aiming to improve damage mapping. Specific parameters related to position (geometry), configuration, grouping, origin and nearby construction components are proposed to guide the identification of each damage, indicating what is most important to observe in each case. To apply the proposed method, six sections of building facades in Brasília – DF are selected. The main characteristics that aid in identifying the typology of each anomaly are obtained, and the applied methodology validates the proposed approach. The results show that the established criteria lead to precise anomaly identification, making the damage mapping process more efficient and reliable, contributing to the study of degradation.

Keywords: Degradation. Facade. Damage map.

¹Melissa Lorrane Frazão Lopes

¹Universidade de Brasília
Brasília - DF- Brasil

²Elton Bauer

²Universidade de Brasília
Brasília - DF- Brasil

³Lenildo Santos da Silva

³Universidade de Brasília
Brasília - DF- Brasil

Recebido em 29/04/23

Aceito em 18/11/23

Introdução

As fachadas compõem a envoltória das edificações, auxiliando na sua proteção contra a atuação de agentes externos de degradação, podendo-se destacar os agentes climáticos (chuva dirigida, radiação solar, temperatura, ventos) (BSI, 2011). A atuação desses agentes resulta na degradação da fachada ao longo do tempo.

A quantificação da degradação é essencial para o estudo da vida útil de fachadas, permitindo analisar a evolução da degradação (Bauer; Souza; Piazzarollo, 2020). Para que isso seja possível, são imprescindíveis a realização de inspeções e o mapeamento de danos. O mapeamento corresponde aos processos de investigações, levantamentos e produção de dados para a elaboração do mapa de danos (Barthel; Lins; Pestana, 2009; Tinoco, 2009). O mapa, por sua vez, consiste na representação dos danos na localização em que se encontram na fachada, sendo um instrumento importante para o estudo das anomalias existentes, permitindo verificar a degradação da fachada em um determinado momento (Carvalho; Oliveira; Zaroni, 2020; Tirello; Correa, 2012).

O processo de identificação de anomalias para a elaboração dos mapas de danos não é simples e depende do conhecimento das suas formas de manifestação. A identificação de anomalias pode ser realizada pela análise de imagens ou ortomosaicos, que correspondem à junção de várias imagens da fachada, associada à sua ortogonalização, eliminando deformações de perspectiva (Coelho; Brito, 2007; Melo Júnior, 2016). Os ortomosaicos facilitam o mapeamento de danos, permitindo identificar a localização das anomalias na fachada estudada. No entanto, a ocorrência de anomalias é um processo complexo, podendo ocorrer situações em que os danos observados podem indicar a presença de outras anomalias ou em que alguns danos podem não ser visíveis (Dias; Flores-Colen; Silva, 2021). A detecção de anomalias pela análise de imagens, sem o auxílio de outras técnicas, torna o processo de identificação ainda de maior complexidade. Por isso, é essencial a definição de critérios específicos para detectar as anomalias presentes.

No estudo da degradação de fachadas, diversos autores (Bauer; Souza; Piazzarollo, 2020; Piazzarollo, 2019; Santos, 2018; Silva, 2014; Souza, 2016, 2019) utilizam o mapeamento como etapa essencial para a mensuração da degradação e discutem as principais anomalias envolvidas. Porém, não são apresentados critérios para a identificação das anomalias. Buscando contribuir para o estudo da degradação de fachadas, este artigo tem como objetivo investigar: se a definição de critérios específicos pode ser associada à identificação precisa da tipologia de determinada anomalia em uma imagem; se o mapa de danos pode ser mais eficientemente definido com o uso desses critérios; e se a análise de ortomosaicos de fachadas permite a identificação das anomalias presentes. Para isso, são definidos critérios para a identificação de anomalias e realizada sua aplicação em ortomosaicos de fachadas com revestimento em argamassa de edifícios localizados em Brasília – DF.

Degradação de fachadas

A degradação resulta de fenômenos naturais que causam mudanças nas propriedades químicas, físicas e mecânicas dos diversos sistemas da edificação (fachada, estrutura, pisos, entre outros) (BSI, 2012). Trata-se de uma consequência do envelhecimento natural da edificação, associado à sua exposição a determinadas condições ambientais, de uso e de manutenção (Souza *et al.*, 2018).

O envelope do edifício é o elemento que está diretamente exposto às ações do clima (radiação solar, chuva dirigida, temperatura, ventos), sendo composto por fachadas, cobertura, esquadrias e outros componentes em contato com o exterior (Cóias, 2009). As fachadas, por fazerem parte do envelope, podem atingir níveis críticos de degradação, o que pode resultar no fim de sua vida útil, afetando o desempenho e a durabilidade da edificação como um todo (Bauer *et al.*, 2020; Carretero-Ayuso *et al.*, 2021; Souza, 2019).

A forma como o processo de degradação ocorre é definida pela atuação de agentes de degradação, por meio de mecanismos de degradação, provocando deterioração das propriedades de um material (Bauer; Souza; Mota, 2021; BSI, 2011, 2012). Os agentes de degradação são fatores que afetam negativamente o desempenho dos materiais e componentes dos edifícios. Os agentes podem ser de diversas naturezas (mecânicos, eletromagnéticos, térmicos, químicos e biológicos), de origem externa (atmosfera e solo) ou interna (ocupação/uso e consequências de projeto) ao edifício, podendo ainda ser diferenciados pela sua procedência (climáticos, biológicos, de carregamento, de incompatibilidades e de uso) (ASTM, 1996; BSI, 2011).

Os mecanismos de degradação são os processos pelos quais os agentes atuam nos componentes de uma edificação para a alteração de propriedades que afetam seu desempenho, como aderência, permeabilidade, elasticidade, entre outras. Um único mecanismo pode envolver mais de uma alteração de propriedade ou

agente de degradação, o que pode dificultar a identificação dos mecanismos (Flores-Colen, 2009; Santos, 2018). A atuação de agentes por meio de mecanismos de degradação se manifesta pela ocorrência de anomalias nas fachadas e a forma como as anomalias ocorrem também é influenciada pelas características dos materiais (constituição, porosidade, entre outros) (Mota, 2021).

Anomalias em revestimentos de argamassa

As principais anomalias observadas nos revestimentos em argamassa abrangem descolamentos, fissuras, manchas, eflorescências, pulverulência (desagregação) e, ainda, anomalias da pintura (descolamentos, fissuras, bolhas) (Bauer; Souza; Mota, 2021; Carretero-Ayuso *et al.*, 2021; Flores-Colen, 2009; GASPARG, 2009; Santos, 2018).

As fissuras surgem quando esforços aos quais o revestimento está sujeito ultrapassam sua capacidade resistente. Esses esforços podem ser decorrentes de variações higrótérmicas (variações dimensionais, secagem dos materiais, retração), fenômenos químicos (corrosão, carbonatação, ataque de sais) ou causas macroestruturais (recalque de fundação, fluência, cargas e sobrecargas) (Gaspar, 2009). Com a fissuração, o revestimento fica mais suscetível à entrada de água, podendo resultar na ocorrência de outras anomalias (Freitas, 2012), inclusive descolamento. Os principais mecanismos envolvidos na ocorrência de fissuras são: retração da argamassa, deformação diferencial da base (alvenaria ou estrutura) e entre camadas do revestimento, concentração de esforços e cristalização de sais da argamassa ou da alvenaria (Bauer; Souza; Mota, 2021).

Na retração, durante a secagem da argamassa, ocorre a saída de água dos poros por evaporação ou por contato com outros materiais porosos, como a alvenaria, resultando na perda de massa acompanhada de redução significativa de volume, podendo ocorrer fissuração (Mota, 2021; Pereira, 2008). A deformação diferencial da base ou entre camadas do revestimento ocorre devido a esforços decorrentes de deformações estruturais, radiação solar e temperatura, havendo variação dimensional diferencial entre os elementos, devido às suas diferentes características, ocasionando a fissuração (Gaspar, 2009; Mota, 2021). A concentração de esforços pode ocorrer nos cantos de aberturas ou vãos, locais em que há interrupção da parede, devido a esforços de deformações da estrutura e da alvenaria, podendo levar à fissuração (Sousa; Silva; Sousa, 2016). A cristalização de sais ocorre quando há presença prolongada de água na base, provocando a dissolução de sais da alvenaria. A evaporação da água na secagem resulta na cristalização e consequente dilatação desses sais, levando à fissuração (Magalhães, 2002; Mota, 2021).

Os descolamentos se caracterizam pela perda de aderência entre o revestimento e a base, havendo a separação entre as duas camadas (Freitas, 2012). Com isso, pode haver o desprendimento da argamassa da base (alvenaria ou estrutura), de forma que o revestimento deixa de cumprir sua função de proteção da base, que fica diretamente exposta à atuação dos agentes de degradação (Gaspar, 2009). Os mecanismos envolvidos no descolamento são a deformação da base, a cristalização de sais da alvenaria e a retração da argamassa.

A deformação da base ocorre devido à atuação de esforços provenientes de deformações da estrutura e da alvenaria atribuídos ao carregamento, da radiação solar e da temperatura. Os esforços causados geram variações dimensionais (contração ou dilatação) que, quando restringidas, podem resultar no descolamento (Gaspar, 2009; Magalhães, 2002; Mota, 2021). Na cristalização de sais, o aumento do volume dos sais provoca um esforço perpendicular à interface entre as camadas do revestimento e a base, que pode superar a capacidade de aderência e resultar no descolamento (Magalhães, 2002; Mota, 2021). Em relação à retração, quando essa ocorre de forma excessiva, pode haver ruptura ou enfraquecimento da ligação revestimento-alvenaria, que, por esforços de tração, podem levar ao descolamento do revestimento (Magalhães, 2002; Pereira, 2008).

As manchas se caracterizam por alterações de cor no revestimento e normalmente surgem em decorrência da presença prolongada de umidade. O surgimento das manchas está associado a três mecanismos principais: molhagem não uniforme do revestimento, desenvolvimento de micro-organismos biológicos e acúmulo de sujeiras ou partículas de poluição. No caso da termoforese, tem-se um depósito diferencial de sujidades no revestimento que evidencia os elementos estruturais. Em uma exposição prolongada à umidade, as manchas, além de afetar o aspecto estético da fachada, contribuem para o aceleramento da sua degradação. A colonização biológica, por exemplo, pode iniciar um processo de erosão ou de perda de aderência da argamassa (Flores-Colen; Brito; Freitas, 2005; Gaspar, 2009).

A eflorescência consiste na cristalização de sais na superfície do revestimento, oriundos da argamassa ou da alvenaria. O surgimento dessa anomalia depende da presença de água, da existência de sais solúveis em água nos materiais constituintes do revestimento ou da base e de pressão hidrostática favorável à migração da solução para a superfície. A cristalização ocorre no processo de secagem do revestimento, podendo ter

influência das variações de temperatura (Gaspar, 2009; Lubelli; Van Hees; Groot, 2006; Puim; Gonçalves; Brito, 2012).

A pulverulência corresponde à perda de coesão entre os componentes da argamassa e se caracteriza pela desagregação superficial de seus constituintes, o que leva ao desprendimento do material na forma de pó ou grânulos. A argamassa com pulverulência não apresenta resistência mecânica adequada, o que se verifica pelo esfarelamento ao se friccionar a superfície do revestimento (Gaspar, 2009; Mota, 2021). A pulverulência pode ocorrer devido a esforços de expansão relacionados à presença de umidade e à cristalização de sais, à ação de micro-organismos que atacam quimicamente os materiais do revestimento e à reação química entre os materiais e os compostos presentes no ambiente em que a edificação está inserida (Bauer; Souza; Mota, 2021; Magalhães, 2002).

A camada de pintura dos revestimentos em argamassa pode apresentar anomalias como descolamentos, fissuras e bolhas na película de tinta. As anomalias na pintura podem ocorrer devido a: perda de aderência causada por degradação e enrijecimento da película, devido à ação contínua de radiação ultravioleta; entrada de água por fissuras no revestimento de argamassa; deformação excessiva do substrato, excedendo a elasticidade da pintura; e cristalização de sais da base (Chai, 2011; Marques, 2013; Mota, 2021).

Métodos

A identificação de anomalias é uma etapa complexa do mapeamento, principalmente quando diversos tipos de danos ocorrem simultaneamente. A detecção de anomalias a partir da análise de imagens obtidas na inspeção necessita de critérios e métodos capazes de definir adequadamente a tipologia observada. Visando contribuir para o estudo da degradação, são definidos critérios específicos para auxiliar na identificação de anomalias em revestimentos de argamassa pela análise de imagens ou ortomosaicos de fachadas. Busca-se determinar como as características das anomalias direcionam para sua identificação e o que é mais importante observar. Para isso, são elaboradas matrizes de correlação, sendo atribuídos graus de importância de cada característica para determinado tipo de anomalia. Para verificar se a definição de critérios permite a identificação precisa das anomalias e se o mapa de danos pode ser definido de forma mais eficiente com o uso dos critérios estabelecidos, é realizada a aplicação do método elaborado em ortomosaicos de amostras de fachadas.

Identificação de anomalias

Para a definição de critérios para a identificação de anomalias em revestimentos de argamassa, são considerados os seguintes grupos de anomalias: fissura (FA), descolamento (DA), mancha (MA), eflorescência (EA), pulverulência (PA) e anomalias na pintura (AP). Os diferentes tipos de anomalia, dentro de cada grupo, são detalhados no Quadro 1, sendo apresentadas ilustrações de cada anomalia no Quadro 2. As anomalias também são divididas entre estruturais (fissuras e descolamentos) e superficiais (manchas, eflorescência, pulverulência e anomalias na pintura).

Para cada tipo de anomalia, se faz uma classificação quanto às suas características, considerando os seguintes critérios:

- (a) posição (geometria): se a anomalia ocorre de forma horizontal, vertical, inclinada ou sem definição exata;
- (b) configuração: se a anomalia ocorre de forma linear, em malha, por trecho ou em toda a extensão da fachada;
- (c) agrupamento: se a anomalia ocorre de forma repetitiva, isolada ou aleatória;
- (d) ocorrência: se a anomalia ocorre de forma localizada ou generalizada na fachada;
- (e) origem: se a anomalia se origina na base (alvenaria ou estrutura), na própria camada de revestimento, ou em elementos adjacentes (elementos estruturais, juntas, detalhes construtivos); e
- (f) elementos próximos: se a anomalia ocorre próximo a pilar, viga, laje, aberturas, juntas, peitoril ou pingadeira, ou se não há definição de elementos específicos próximos à anomalia.

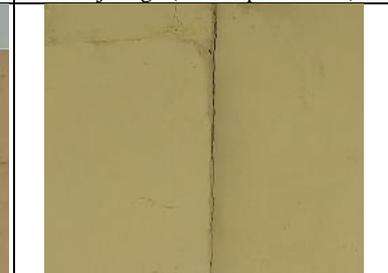
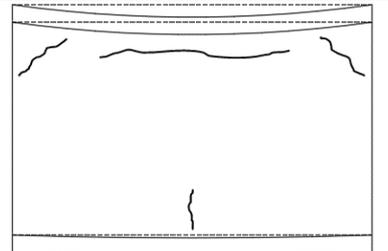
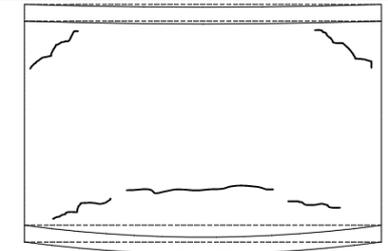
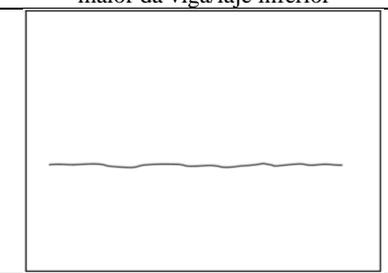
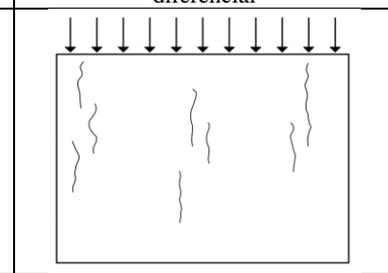
A definição de critérios é realizada para se compreender como as características de posição, agrupamento, ocorrência, origem e elementos próximos direcionam para a manifestação de determinada anomalia, auxiliando na sua identificação. A partir dos critérios estabelecidos, são elaboradas matrizes de correlação que relacionam cada tipo de anomalia com as diferentes características dentro de cada critério considerado, como exemplificado na Tabela 1. Para fazer a correlação, é utilizado um parâmetro numérico que define o grau de

importância da relação entre cada característica e a ocorrência da anomalia, em que 0 representa baixa ou nenhuma importância, 1 representa importância intermediária e 2 representa alta importância.

Quadro 1 - Tipos de anomalias

ANOMALIAS ESTRUTURAIS	
FISSURAS	
FA01	Fissuras nos vértices de aberturas
FA02	Fissuras generalizadas em malhas grandes
FA03	Fissuras generalizadas em malhas finas
FA04	Fissuras aleatórias pequenas
FA05	Fissuras próximas aos vértices da sacada
FA06	Fissuras horizontais, abaixo de laje/viga (último pavimento)
FA07	Fissuras na platibanda
FA08	Fissuras na interface entre laje/viga e alvenaria
FA09	Fissuras na interface entre pilar e alvenaria.
FA10	Fissuras devido à deformação maior da viga/ laje superior
FA11	Fissuras devido à deformação maior da viga/laje inferior
FA12	Fissuras devido a recalque diferencial
FA13	Fissuras inclinadas em paredes contínuas
FA14	Fissuras horizontais em paredes contínuas
FA15	Fissuras verticais em paredes contínuas
FA16	Fissuras inclinadas devido a sobrecarga pontual
FA17	Fissuras devido ao acúmulo de água
DESCOLAMENTOS	
DA01	Descolamento decorrente de retração do revestimento
DA02	Descolamento devido a fissuração e entrada de água
ANOMALIAS SUPERFICIAIS	
MANCHAS	
MA01	Manchas por acúmulo de água
MA02	Manchas na parede contínua
MA03	Manchas no topo
MA04	Termoforese
EFLORESCÊNCIA	
EA01	Eflorescência
PULVERULÊNCIA	
PA01	Pulverulência
ANOMALIAS NA PINTURA	
AP01	Anomalias na pintura

Quadro 2 - Ilustrações dos tipos de anomalias (Continua...)

ANOMALIAS ESTRUTURAIS		
FISSURAS		
		
FA01: Fissuras nos vértices de aberturas	FA02: Fissuras generalizadas em malhas grandes	FA03: Fissuras generalizadas em malhas finas
		
FA04: Fissuras aleatórias pequenas	FA05: Fissuras próximas aos vértices da sacada	FA06: Fissuras horizontais, abaixo de laje/viga (último pavimento)
		
FA07: Fissuras na platibanda	FA08: Fissuras na interface entre laje/viga e alvenaria	FA09: Fissuras na interface entre pilar e alvenaria
		
FA10: Fissuras devido à deformação maior da viga/laje superior	FA11: Fissuras devido à deformação maior da viga/laje inferior	FA12: Fissuras devido a recalque diferencial
		
FA13: Fissuras inclinadas em paredes contínuas	FA14: Fissuras horizontais em paredes contínuas	FA15: Fissuras verticais em paredes contínuas

Quadro 2 - Ilustrações dos tipos de anomalias (continuação)

ANOMALIAS ESTRUTURAIS		
FISSURAS		
		
FA16: Fissuras inclinadas devido a sobrecarga pontual		FA17: Fissuras devido ao acúmulo de água
DESCOLAMENTOS		
		
DA01: Descolamento decorrente de retração do revestimento		DA02: Descolamento devido a fissuração e entrada de água
ANOMALIAS SUPERFICIAIS		
MANCHAS		
		
MA01 - Manchas por acúmulo de água		MA02 – Manchas na parede contínu
		
MA03 - Manchas no topo		MA04 – Termoforese
		
EA01 – Eflorescência	PA01 - Pulverulência ou desagregação	AP01 – Fissuras, bolhas ou descolamentos na pintura

Tabela 1 - Exemplo genérico da elaboração das matrizes de correlação

Tipo Anomalia		Tipo 1	Tipo 2	...	Tipo n	Soma Características (SC)	Relevância relativa (R%)	
Tipologia	Critério 1	Característica 1	p11	p21	...	pn1	SC1	R1%
		Característica 2	p12	p22	...	pn2	SC2	R2%
	Critério 2	Característica 3	p13	p23	...	pn3	SC3	R3%
		Característica 4	p14	p24	...	pn4	SC4	R4%
		Característica 5	p15	p25	...	pn5	SC5	R5%

Critério z	Característica m	p1m	p2m	...	pnm	Cm	Rm%	
Soma Tipos Anomalias (SA)		SA1	SA2	...	SAn	ST		

Ao final, é realizada a soma nos dois sentidos da matriz, obtendo o total para a relação entre cada anomalia e todas as características (soma vertical) e o total para a relação entre cada característica e todas as anomalias (soma horizontal), conforme as Equações 1 e 2.

$$SA_n = \sum_1^m p_{ni} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

SA_n é a soma dos pesos atribuídos a todas as características, para o tipo de anomalia n;

p_{ni} é o peso atribuído para a anomalia n, referente à característica i, variando de 1 a m; e

m é a quantidade de características.

$$SC_m = \sum_1^n p_{jm} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que:

SC_m é a soma dos pesos atribuídos à característica m, para todos os tipos de anomalia; e

p_{jm} é o peso atribuído para a característica m, referente ao tipo de anomalia j, variando de 1 a n; e n é a quantidade de tipos de anomalias.

Em seguida, é calculada a soma de pesos total (ST), conforme a Equação 3, e a relevância relativa (R%) de cada característica, conforme a Equação 4. A partir disso, é possível verificar que características, dentro de cada critério, representam maior relevância para identificar os tipos de anomalia analisados.

$$ST = \sum SA_n = \sum SC_m \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: ST é a soma total dos pesos atribuídos todas as características.

$$Rm\% = \frac{SC_m}{ST} \times 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Em que: Rm% é a relevância relativa da característica m.

Análise de fachadas

Para a validação da metodologia proposta, é realizada a aplicação dos critérios definidos para a identificação de anomalias em seis situações. A análise é realizada em trechos de ortomosaicos obtidos para fachadas de edificações localizadas em Brasília – DF, a partir de imagens capturadas com Aeronave Remotamente Pilotada (RPA).

Uma análise preliminar é realizada, comparando as anomalias existentes nos trechos de fachada com as ilustrações apresentadas no Quadro 2. Depois, para a definição conclusiva dos tipos de anomalias, estas são classificadas quanto às suas características de posição, configuração, agrupamento, ocorrência, origem e elementos próximos e, em seguida, comparadas com os critérios definidos.

Resultados

Critérios para a identificação de anomalias

A partir da análise realizada dos tipos de anomalias em revestimentos de argamassa, são obtidas matrizes de correlação que relacionam as anomalias às características físicas (tipologia) que permitem sua identificação,

como apresentado nas Tabelas 2 e 3. A análise é realizada de forma separada para anomalias estruturais e superficiais.

As anomalias estruturais são analisadas na Tabela 2. Observa-se que os valores de SA apresentam diferenças de apenas 1 ou 2 pontos. Portanto, esse parâmetro não representa importância para a identificação de anomalias, uma vez que não as diferencia. Para SC e as respectivas relevâncias relativas, também representadas na Figura 1, são observados aspectos importantes. As características que apresentam maior relevância são a ocorrência localizada (R%= 10,5%), a configuração linear (R%= 10,2%) e o agrupamento isolado (R%= 9,9%), configurando as principais características que podem ser observadas nas anomalias estruturais.

As relevâncias relativas de cada critério são apresentadas na Figura 2. Observa-se que o critério elementos próximos possui uma importância relativa maior do que os demais (R%= 21,4%), por apresentar maior quantidade de características, possuindo mais correlações altas e intermediárias. Os demais critérios apresentam um equilíbrio desse índice.

A Figura 3 apresenta as relevâncias relativas de cada característica, dentro de cada critério. Quanto à posição, as anomalias estruturais apresentam relevâncias equilibradas entre as posições horizontal (R%= 4,8%), inclinada (R%= 4,8%) e sem definição (R%= 4,1%). A geometria menos relevante é a vertical (R%= 2,4%), mas ainda significativa. Para a identificação de anomalias, todos os tipos de posição têm importância similar.

Em relação à configuração, as anomalias estruturais apresentam a forma linear com maior relevância (R%= 10,2%), sendo as demais configurações de baixa expressividade (em malha: R%= 1,7%; por trecho: R%= 2,4%; em toda a extensão: R%= 1,4%). Apesar disso, as formas “em malha” e “por trecho” também devem ser observadas durante a identificação de anomalias, pois representam alta importância, respectivamente, para as fissuras FA02 e FA03 e para os descolamentos. Já a configuração “em toda a extensão” não apresenta alta importância para nenhuma anomalia, sendo pouco relevante para a identificação.

Tabela 2 - Matriz de correlação entre anomalias estruturais e características físicas

Tipo Anomalia		ANOMALIAS ESTRUTURAIS																				SC	R%
		FA01	FA02	FA03	FA04	FA05	FA06	FA07	FA08	FA09	FA10	FA11	FA12	FA13	FA14	FA15	FA16	FA17	DA01	DA02			
Tipologia	Posição	Horizontal	1	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	0	0	2	0	0	1	0	0	14	4,8
		Vertical	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	1	0	0	7	2,4
		Inclinada	2	0	0	0	2	0	1	0	0	1	1	2	2	0	0	2	1	0	0	14	4,8
		Sem definição	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	12	4,1
	Configuração	Linear	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	30	10,2
		Malha	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1,7
		Por trecho	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	7	2,4
		Em toda a extensão	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	1,4
	Agrupamento	Repetitivo	0	2	2	1	0	1	1	0	0	1	1	2	0	0	2	0	1	1	0	15	5,1
		Isolado	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	29	9,9
		Aleatório	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	1,4
	Ocorrência	Localizada	2	0	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	31	10,5
		Generalizada	0	2	2	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	12	4,1
	Origem	Base	2	0	0	0	2	1	1	1	1	1	1	0	2	2	2	0	0	0	0	16	5,4
		Revestimento	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	12	4,1
		Elementos adjacentes	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	0	0	0	19	6,5
	Elementos próximos	Pilar	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	1,4
		Viga	0	0	0	0	1	2	2	2	0	2	2	0	0	0	1	2	1	0	0	15	5,1
		Laje	0	0	0	0	1	2	2	2	0	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	12	4,1
		Aberturas	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	7	2,4
		Juntas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Peitoril/Pingadeira	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	5	1,7
		Sem definição	0	2	2	2	2	0	1	0	0	0	0	1	2	2	2	0	1	2	1	20	6,8
	SA		14	14	15	16	14	17	20	16	13	18	17	17	13	13	16	12	20	15	14	294	

Nota: Legenda: 0 - baixa ou nenhuma importância; 1 - importância intermediária; 2 - alta importância.

Figura 1 - Relevâncias relativas das características para anomalias estruturais

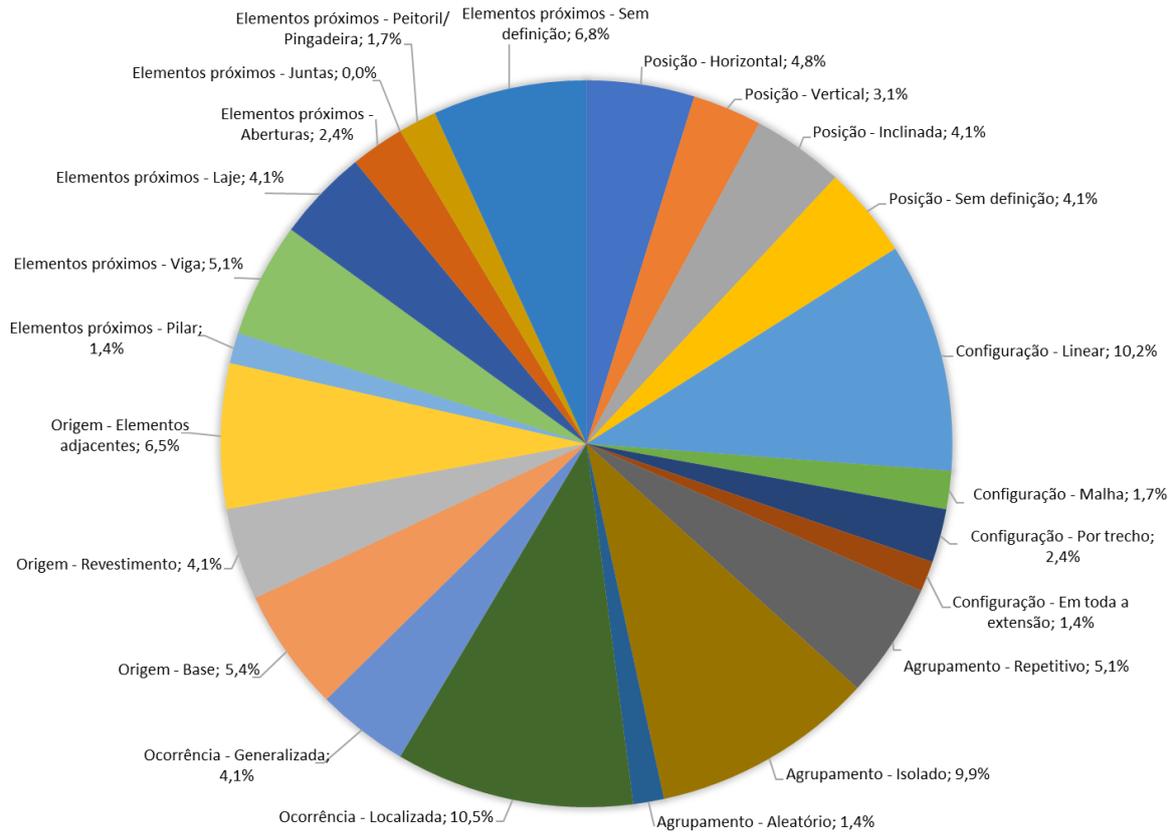


Figura 2 - Relevâncias relativas dos critérios para anomalias estruturais

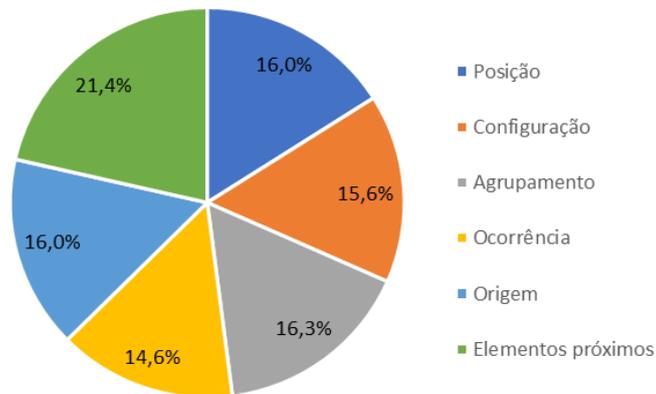
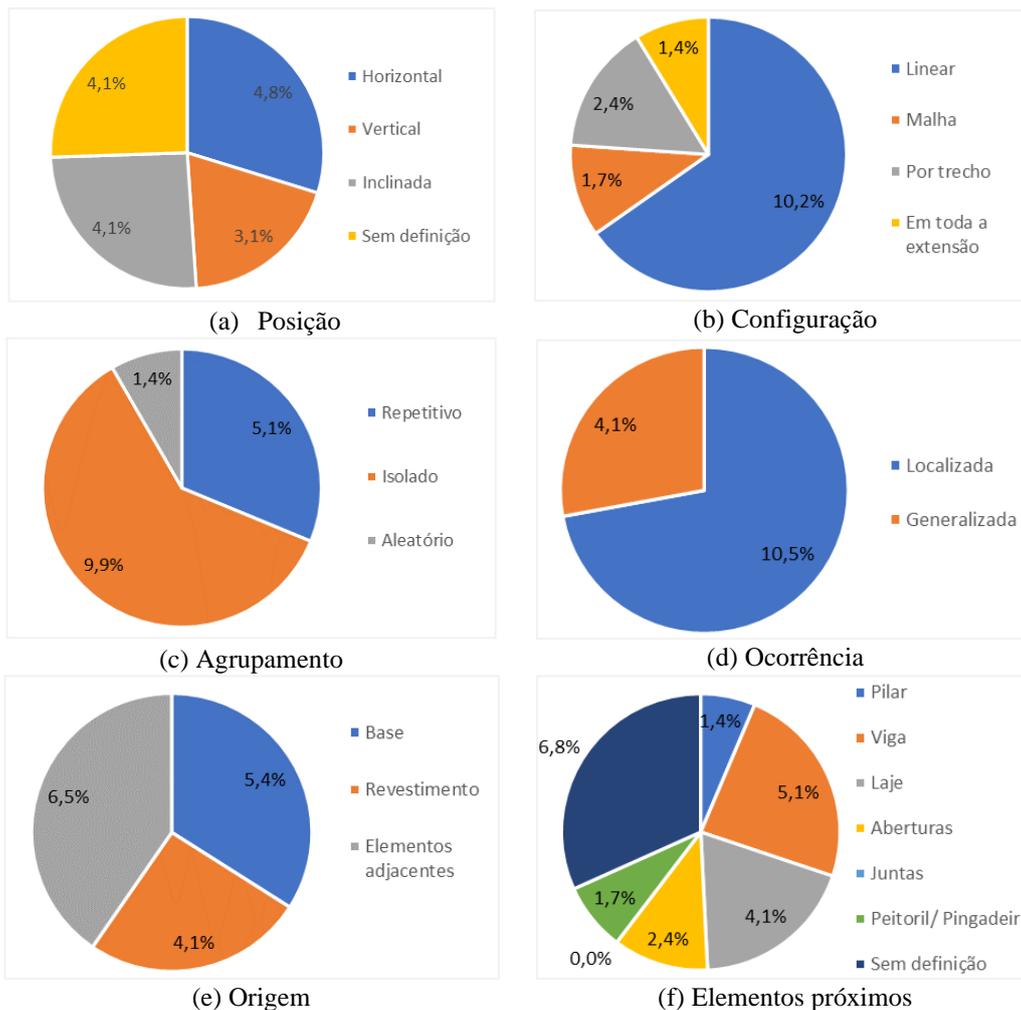


Figura 3 - Relevâncias relativas das características de cada critério, para anomalias estruturais



O agrupamento das anomalias estruturais com maior relevância é o isolado ($R\% = 9,9\%$) e o agrupamento repetitivo ocorre de forma secundária ($R\% = 5,1\%$). O agrupamento aleatório é pouco expressivo ($R\% = 1,4\%$), mas representa alta importância para as fissuras FA04 e FA17. Portanto, na identificação dessas anomalias, é mais relevante investigar a ocorrência de anomalias isoladas e com agrupamento repetitivo, porém o agrupamento aleatório também deve ser observado.

Quanto à ocorrência, observa-se que as anomalias estruturais apresentam forma localizada com maior relevância ($R\% = 10,5\%$). As exceções são as fissuras FA02, FA03, FA04 e o descolamento DA01, que ocorrem de forma generalizada ($R\% = 4,0\%$). As relevâncias relativas obtidas são expressivas nos dois casos, indicando que ambas as características são importantes na identificação de anomalias.

As anomalias estruturais apresentam relevância equilibrada quanto à origem. Os elementos adjacentes aparecem com maior expressividade ($R\% = 6,5\%$), seguidos pela base ($R\% = 5,4\%$) e pelo revestimento ($R\% = 4,1\%$). Todas as características são importantes para a identificação de anomalias, por apresentarem relevâncias relativas expressivas.

Em relação aos elementos próximos, é alta a relevância da categoria “sem definição” ($R\% = 6,8\%$). Também é alta a relevância das vigas ($R\% = 5,1\%$) e lajes ($R\% = 4,1\%$). As aberturas ($R\% = 2,4\%$), os pilares ($R\% = 1,4\%$) e os peitoris e pingadeiras ($R\% = 1,7\%$), apesar de pouco expressivos, também são elementos que podem indicar a ocorrência de anomalias estruturais e, portanto, devem ser observados durante a identificação. Apenas as juntas ($R\% = 0,0\%$) não possuem nenhuma relevância para essas anomalias.

As anomalias superficiais são investigadas na Tabela 3. Observa-se que os valores de SA também não apresentam diferenças significativas e, portanto, esse parâmetro não representa importância para a identificação de anomalias. Para SC e as respectivas relevâncias relativas ($R\%$), também representadas na

Figura 4, são observados aspectos importantes. As características que apresentam maior relevância são a posição sem definição e a origem no revestimento (R%= 13,1%), configurando as principais características que podem ser observadas nas anomalias superficiais.

As relevâncias relativas de cada critério são apresentadas na Figura 5. O critério elementos próximos possui uma importância relativa maior do que os demais (R%= 22,4%), seguido pelo agrupamento (R%= 18,7%). O critério elementos próximos é o que possui maior número de características, o que explica a alta relevância relativa. Já o agrupamento possui uma grande quantidade de correlações altas e intermediárias, mesmo com apenas três características, pois as anomalias superficiais podem se apresentar com diversos agrupamentos. Os demais critérios apresentam um equilíbrio de relevância relativa.

A Figura 6 ilustra as relevâncias relativas de cada característica dentro de cada critério. Quanto à posição, as anomalias superficiais possuem, em sua totalidade, posição indefinida (R%= 13,1%), significando que não há uma geometria exata de ocorrência que possa ser observada na identificação.

Em relação à configuração, as anomalias superficiais apresentam a configuração “por trecho” com maior relevância (R%= 8,4%). E, de forma secundária, aparece a configuração “em toda a extensão” (R%= 6,5%). Já as configurações linear (R%= 0,0%) e em malha (R%= 0,0%) são irrelevantes. Portanto, na identificação, devem-se observar apenas as configurações “por trecho” e “em toda a extensão”.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre anomalias superficiais e características físicas

Tipo Anomalia		ANOMALIAS SUPERFICIAIS							SC	R%	
		MA01	MA02	MA03	MA04	EA01	PA01	AP01			
Tipologia	Posição	Horizontal	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Vertical	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Inclinada	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Sem definição	2	2	2	2	2	2	2	14	13,1
	Configuração	Linear	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Malha	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Por trecho	2	1	1	0	2	2	1	9	8,4
		Em toda a extensão	1	1	1	2	0	1	1	7	6,5
	Agrupamento	Repetitivo	1	2	2	2	0	1	1	9	8,3
		Isolado	2	1	0	0	2	1	1	7	6,5
		Aleatório	0	1	1	0	1	1	1	5	4,6
	Ocorrência	Localizada	2	1	1	0	2	1	1	8	7,5
		Generalizada	0	2	2	2	1	1	1	9	8,4
	Origem	Base	0	0	0	0	1	0	0	1	0,9
		Revestimento	2	2	2	2	2	2	2	14	13,1
		Elementos adjacentes	1	0	0	0	0	0	0	1	0,9
	Elementos próximos	Pilar	1	0	0	1	0	0	0	2	1,9
		Viga	1	0	0	1	0	0	0	2	1,9
		Laje	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
		Aberturas	1	0	0	0	1	1	0	3	2,8
Juntas		1	0	0	0	1	0	0	2	1,9	
Peitoril/Pingadeira		2	0	1	0	1	1	0	5	4,7	
Sem definição		0	2	2	0	2	2	2	10	9,3	
SA		19	15	15	12	18	16	13	108		

Nota: Legenda: 0 - baixa ou nenhuma importância; 1 - importância intermediária; 2 - alta importância.

Figura 4 - Relevâncias relativas das características para anomalias superficiais

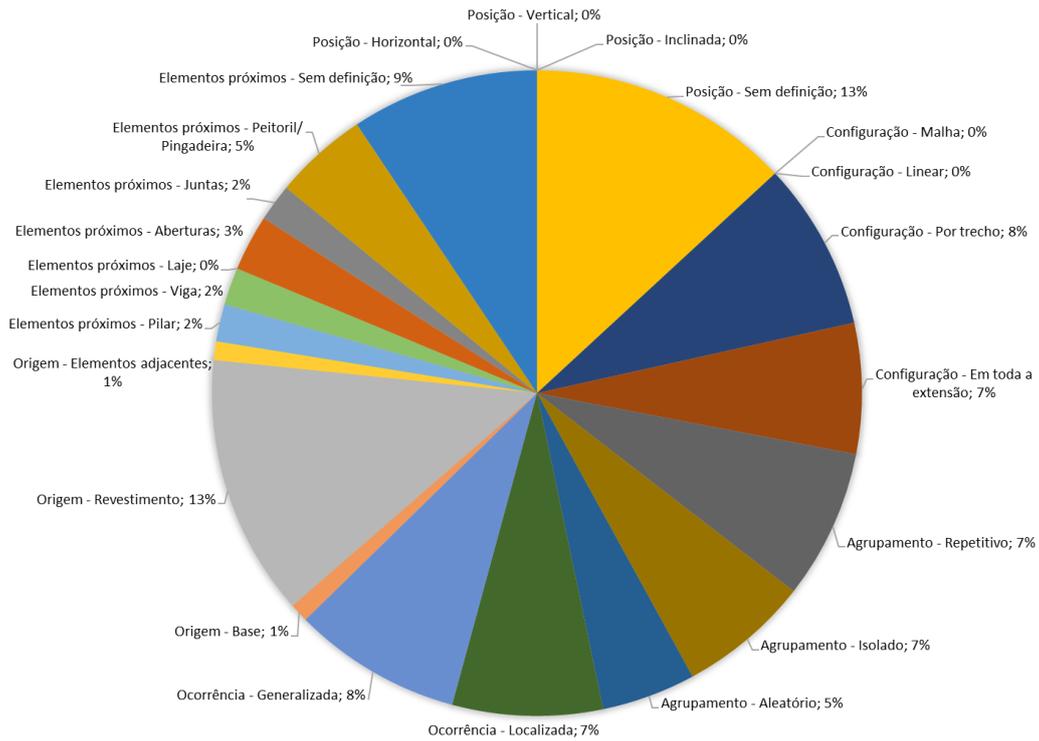


Figura 5 - Relevâncias relativas dos critérios para anomalias superficiais

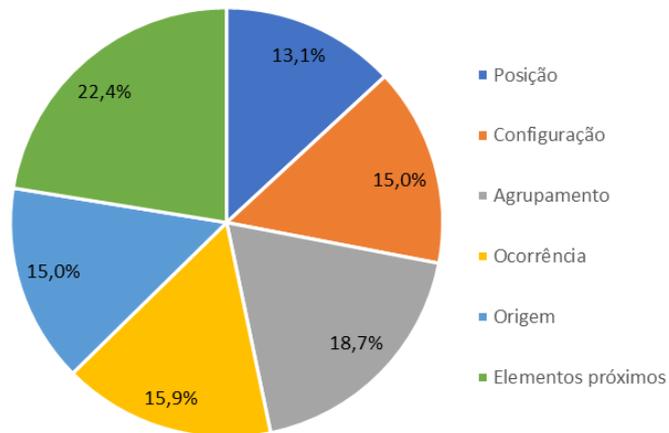
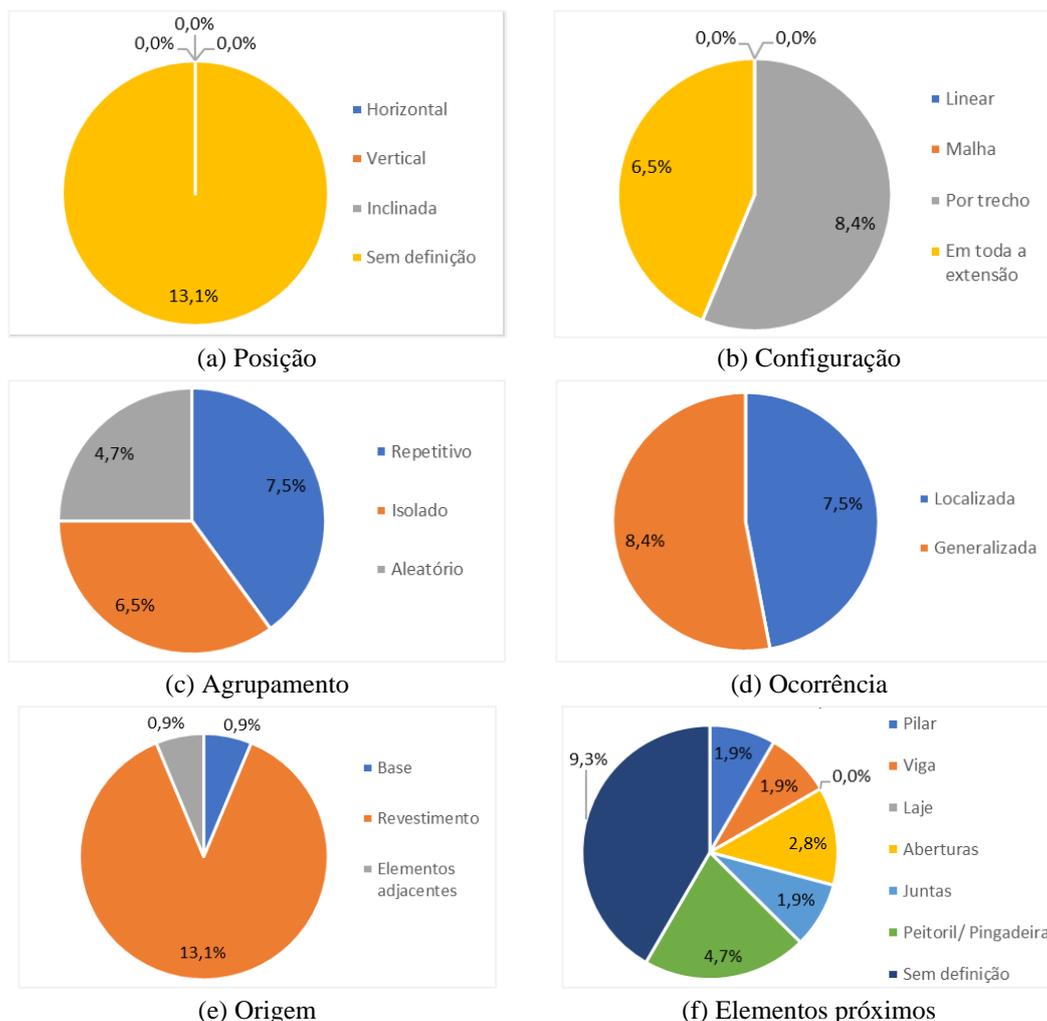


Figura 6 - Relevâncias relativas das características de cada critério, para anomalias superficiais



O agrupamento que apresenta maior relevância para a identificação de anomalias superficiais é o repetitivo ($R\% = 8,3\%$). Os agrupamentos isolado ($R\% = 6,5\%$) e aleatório ($R\% = 4,7\%$) possuem relevância secundária, mas também representativa. Portanto, na identificação de anomalias, é importante levar em consideração os três tipos de agrupamento. Quanto à ocorrência, as anomalias superficiais apresentam tanto a forma generalizada ($R\% = 8,4\%$), como a localizada ($R\% = 7,5\%$) com relevâncias expressivas, o que indica que ambas são importantes na identificação.

As anomalias superficiais apresentam como origem mais relevante o revestimento ($R\% = 13,1\%$). Isso pode ser explicado pelo fato de que essas anomalias estão relacionadas à composição e à execução do revestimento, geralmente associadas à presença de umidade e à configuração de detalhes construtivos na fachada. As demais origens são insignificantes ($R\% = 0,9\%$) e podem ser desconsideradas na identificação de anomalias.

Em relação aos elementos próximos, o índice de relevância mais expressivo corresponde à categoria “sem definição” ($R\% = 9,3\%$). Os peitoris e pingadeiras também são bastante representativos ($R\% = 4,7\%$). As aberturas ($R\% = 2,8\%$), os pilares ($R\% = 1,9\%$), as vigas ($R\% = 1,9\%$) e as juntas ($R\% = 1,9\%$), apesar de apresentarem baixa expressividade e apenas correlações intermediárias, também precisam ser consideradas, pois podem auxiliar a definir um determinado tipo de anomalia. As lajes ($R\% = 0,0\%$) não possuem relação com nenhuma anomalia superficial.

Todos os aspectos discutidos devem ser levados em consideração na identificação das anomalias a partir da análise de imagens ou ortomosaicos de fachadas, assim contribuindo para a elaboração de mapas de danos e, conseqüentemente, para o estudo da degradação de fachadas.

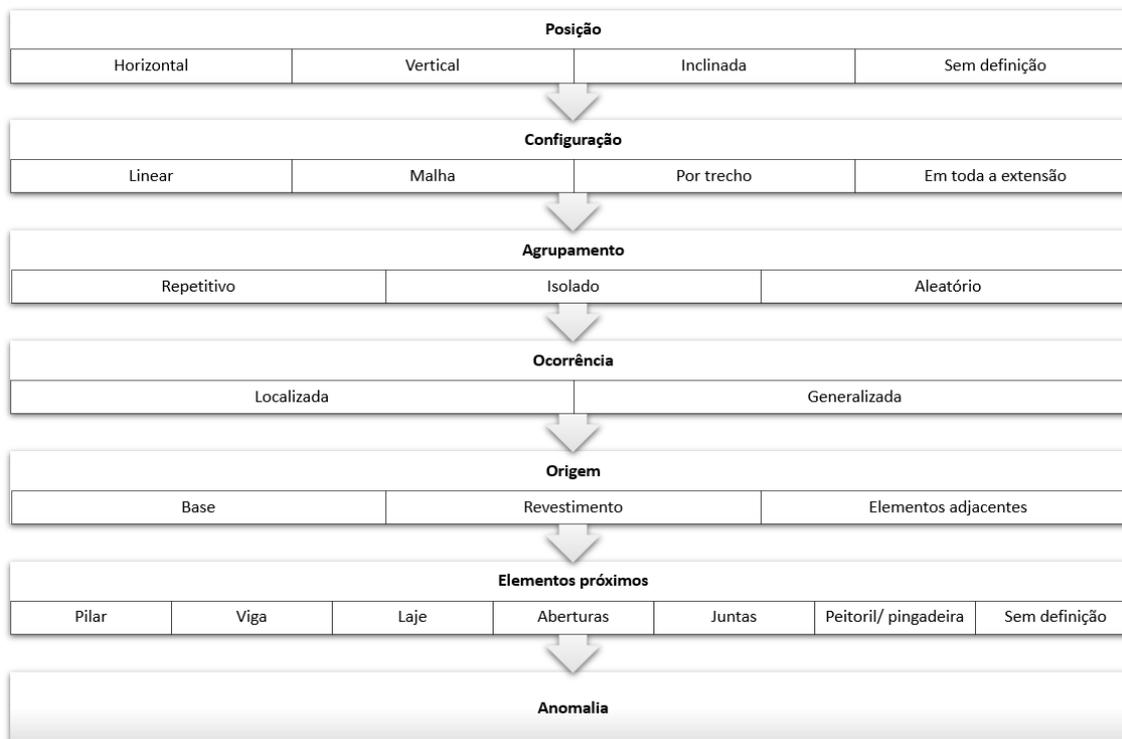
Definição dos critérios

Os critérios de tipologia das anomalias, que são empregados para a identificação, são apresentados no Quadro 3. A proposta é que, a partir da identificação preliminar associada aos Quadros 1 e 2, se possa aplicar os critérios definidos com base nas matrizes de correlação.

Quadro 3 - Critérios para a identificação de anomalias

ANOMALIAS EM REVESTIMENTO DE ARGAMASSA						
Tipo	Tipologia					
	Posição	Configuração	Agrupamento	Ocorrência	Origem	Elementos próximos
FA01	Inclinada	Linear	Isolado	Localizada	Base	Aberturas
FA02	Sem definição	Malha (grande)	Repetitivo	Generalizada	Revestimento	Sem definição
FA03	Sem definição	Malha (fina)	Repetitivo	Generalizada	Revestimento	Sem definição
FA04	Sem definição	Linear	Aleatório	Generalizada	Revestimento	Sem definição
FA05	Inclinada	Linear	Isolado	Localizada	Base	Sem definição
FA06	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (abaixo da cobertura)
FA07	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (platibanda)
FA08	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (interface)
FA09	Vertical	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Pilar
FA10	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (superior)
FA11	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (inferior)
FA12	Inclinada	Linear	Repetitivo	Localizada	Elementos adjacentes	Pilar, aberturas
FA13	Inclinada	Linear	Isolado	Localizada	Base	Sem definição
FA14	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Base	Sem definição
FA15	Vertical	Linear	Repetitivo	Localizada	Base	Sem definição
FA16	Inclinada	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga
FA17	Sem definição	Linear	Aleatório	Localizada/generalizada	Revestimento	Peitoril/ pingadeira
DA01	Sem definição	Por trecho	Isolado	Generalizada	Revestimento	Sem definição
DA02	Sem definição	Por trecho	Isolado	Localizada	Revestimento	Peitoril/ pingadeira
MA01	Sem definição	Por trecho	Isolado	Localizada	Revestimento (cor escura)	Peitoril/ pingadeira
MA02	Sem definição	Por trecho/em toda a extensão	Repetitivo	Generalizada	Revestimento (cor escura)	Sem definição
MA03	Sem definição	Por trecho/em toda a extensão	Repetitivo	Generalizada	Revestimento (cor escura)	Sem definição
MA04	Sem definição	Em toda a extensão	Repetitivo	Generalizada	Revestimento (cor escura)	Pilar, viga
EA01	Sem definição	Por trecho	Isolado	Localizada	Revestimento (cor branca)	Sem definição
PA01	Sem definição	Por trecho	Repetitivo/ aleatório/ isolado	Localizada/generalizada	Revestimento	Sem definição
AP01	Sem definição	Por trecho/em toda a extensão	Repetitivo/ aleatório/ isolado	Localizada/generalizada	Revestimento (na pintura)	Sem definição

Figura 7 - Ordem de verificação dos critérios para a identificação de anomalias



Para diferenciar as fissuras FA02 e FA03, que apresentam as mesmas características principais, adiciona-se uma informação à configuração das anomalias (malha - grande ou fina). Para diferenciar as fissuras FA06, FA07, FA08, FA10 e FA11, adiciona-se uma informação aos elementos próximos (laje, viga – abaixo da cobertura, na platibanda, na interface, superior ou inferior). Da mesma forma, para diferenciar as manchas MA01, MA02, MA03, MA04, a eflorescência, EA01, e as anomalias da pintura, AP01, acrescenta-se uma informação à origem (revestimento – cor escura, cor branca ou na pintura).

Define-se, ainda, uma ordem de verificação dos critérios para facilitar a identificação de anomalias, conforme apresentado na Figura 7: posição; configuração; agrupamento; ocorrência; origem; elementos próximos.

Aplicação em amostras de fachada

Os ortomosaicos obtidos apresentam excelente qualidade para a visualização de anomalias, possibilitando a identificação de todos os danos presentes nas fachadas. No Quadro 4, são apresentados os seis trechos de fachada analisados. Ressalta-se que cada trecho apresenta várias anomalias ocorrendo simultaneamente, porém, na presente análise, será focalizado apenas o tipo de anomalia em destaque em cada situação. Essa ocorrência simultânea de anomalias também evidencia a necessidade da existência de critérios específicos para a identificação de cada uma.

A primeira identificação realizada é visual, correlacionando a situação verificada com os tipos de anomalia exemplificados no Quadro 2. Assim, relaciona-se preliminarmente a Situação 1 com a fissura FA01, a Situação 2 com a fissura FA07, a Situação 3 com a Fissura FA08, a Situação 4 com o descolamento DA02, a Situação 5 com a mancha MA01 e a Situação 6 com a pulverulência PA01. A partir disso, pode-se considerar que as Situações 1 a 4 se referem a anomalias estruturais e as Situações 5 e 6 se referem a anomalias superficiais.

Para realizar uma análise mais consistente das anomalias, aplicam-se os critérios definidos no Quadro 3. As Tabelas 2 e 3 também são utilizadas para uma análise complementar. Os parâmetros identificados para cada anomalia verificada nos trechos analisados e sua comparação com os critérios de identificação definidos são apresentados no Quadro 5.

Na Situação 1 (Quadro 4), é observado que a anomalia possui posição inclinada, configuração linear, agrupamento isolado, ocorrência localizada, origem na base e o elemento próximo é uma abertura. Pela análise do Quadro 3, observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros, com as mesmas características, é a fissura FA01.

Para a Situação 2, nota-se que a anomalia possui posição horizontal, configuração linear, agrupamento isolado, ocorrência localizada, origem em elemento adjacente (laje de cobertura) e possui como elementos próximos as vigas e a laje de cobertura, além da pingadeira (ou o topo da platibanda). Observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros é a fissura FA07.

Na Situação 3, é observado que a anomalia possui posição horizontal, configuração linear, agrupamento isolado, ocorrência localizada, origem em elemento adjacente (viga) e o elemento próximo é a viga (a anomalia ocorre na interface desta com a alvenaria). Observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros é a fissura FA08.

Para a Situação 4, nota-se que a anomalia possui posição indefinida (sem definição), configuração por trecho, agrupamento isolado, ocorrência localizada, origem no revestimento e os elementos próximos são a abertura e seu peitoril. Observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros é o descolamento DA02.

Na Situação 5, verifica-se que a anomalia possui posição indefinida, configuração por trecho, agrupamento isolado, ocorrência localizada, origem no revestimento e os elementos próximos são os peitoris das aberturas. Observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros é a mancha MA01.

Finalmente, para a Situação 6, é observado que a anomalia possui posição indefinida, configuração por trecho, agrupamento aleatório, ocorrência localizada, origem no revestimento e não possui elementos próximos definidos. Observa-se que a anomalia que se encaixa nesses parâmetros é a pulverulência (PA01).

Quadro 4 - Trechos de fachada analisados



Quadro 5 - Utilização dos critérios para a identificação de anomalias nas situações analisadas

IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS							
Situação	Tipologia						Tipo
	Posição	Configuração	Agrupamento	Ocorrência	Origem	Elementos próximos	
1	Inclinada	Linear	Isolado	Localizada	Base	Abertura	FA01
2	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (platibanda), pingadeira	FA07
3	Horizontal	Linear	Isolado	Localizada	Elementos adjacentes	Viga, laje (interface)	FA08
4	Sem definição	Por trecho	Isolado	Localizada	Revestimento	Peitoril/pingadeira	DA02
5	Sem definição	Por trecho	Isolado	Localizada	Revestimento (cor escura)	Peitoril/pingadeira	MA01
6	Sem definição	Por trecho	Aleatório	Localizada	Revestimento	Sem definição	PA01

Discussão dos resultados

Para realizar a identificação de anomalias pela análise de imagens, é necessário o conhecimento das formas de manifestação dos danos, evidenciando a importância de critérios que auxiliem na detecção. A indicação de critérios de análise e a utilização de guias com imagens podem auxiliar na avaliação de anomalias (Ertemir; Edis, 2022). Diversos autores se utilizam de critérios e representações visuais de anomalias para realizar correlações entre os tipos de anomalias existentes e as principais causas, origens, formas de reparo e urgência de reparo (Pereira *et al.*, 2021; Ertemir; Edis, 2022; Gaspar, 2009; Pereira *et al.*, 2020; Santos, 2018, 2017).

Quanto ao estabelecimento de correlação entre diferentes tipos de anomalias e critérios para a sua identificação, observa-se que a atribuição de pesos para a importância da relação entre cada característica e os tipos de anomalias permite obter uma síntese dos principais atributos que podem auxiliar na definição da ocorrência de cada anomalia (Quadro 3). A aplicação da metodologia proposta em trechos de ortomosaicos de amostras de fachada leva a concluir que a definição de critérios específicos pode ser associada à identificação precisa da tipologia de determinada anomalia. Os resultados obtidos indicam que os critérios estabelecidos podem auxiliar no estudo da degradação, uma vez que especificam os diferentes tipos de anomalias com base em parâmetros criteriosos, ao invés de simplesmente demarcá-las.

Os critérios definidos apresentam alta relevância para a identificação de anomalias. Para as fissuras, a posição, a configuração, o agrupamento, a ocorrência, a origem e os elementos próximos são parâmetros amplamente relatados para descrever os diferentes tipos dessa anomalia (Ertemir; Edis, 2022; Gaspar, 2009; Santos, 2017). Os descolamentos em revestimentos de argamassa são anomalias tratadas por sua extensão (relacionada ao critério de configuração), sua localização e o contexto em que ocorre (relacionados ao critério de elementos próximos) (Gaspar, 2009).

As anomalias superficiais (manchas, eflorescência, pulverulência e anomalias na pintura) também são usualmente descritas por sua extensão (relacionada aos critérios configuração, agrupamento e ocorrência) e pelos elementos próximos, geralmente associados à exposição à água da chuva, aos detalhes da fachada e ao acúmulo de umidade (Gaspar, 2009). Os elementos projetados da fachada, por exemplo, são locais mais propensos ao acúmulo de umidade, podendo levar à manifestação de manchas e eflorescências, além de fissuras (Ertemir; Edis, 2022).

A definição de critérios proporciona uma maior eficiência na elaboração de mapas de danos, uma vez que facilitam a diferenciação entre os tipos de anomalias, principalmente quando estas ocorrem simultaneamente. O mapa de danos é uma ferramenta essencial para o estudo da degradação, permitindo visualizar a localização e a extensão das anomalias. Além disso, o conhecimento dos tipos de anomalias que afetam a fachada também pode auxiliar no diagnóstico, no reparo e na prevenção dos danos (Bersch *et al.*, 2020; Moura Júnior; Póvoas, 2022).

O mapeamento de danos depende tanto do conhecimento das formas de manifestação das anomalias, expressas por meio dos critérios definidos, quanto da qualidade da imagem analisada. Imagens distantes e anguladas dificultam a visualização dos danos existentes (Moura Júnior; Póvoas, 2022). Os ortomosaicos utilizados,

obtidos a partir de imagens capturadas com RPA, apresentam excelente qualidade para a visualização de anomalias. A utilização de RPA permite a obtenção de imagens aproximadas e perpendiculares à fachada, possibilitando um excelente resultado na construção do ortomosaico, permitindo a visualização de detalhes na fachada (Acosta *et al.*, 2019; Mendes *et al.*, 2022; Ruiz; Lordsleem Júnior; Rocha, 2021).

Conclusão

Com a investigação realizada, observa-se que os critérios propostos expressam características físicas que auxiliam efetivamente na detecção de diferentes tipos de anomalias em revestimentos de argamassa.

A partir das matrizes de correlação apresentadas, pode-se destacar que, para a identificação de anomalias estruturais, há uma maior relevância relativa (R%) da ocorrência localizada, da configuração linear e do agrupamento isolado. Há um equilíbrio da relevância de posições (geometrias) e origens variadas. E, quanto aos elementos próximos, é alta a relevância da categoria “sem definição”, seguida pelas vigas e lajes. Por outro lado, para a identificação de anomalias superficiais, há uma maior relevância relativa da configuração “por trecho”, do agrupamento repetitivo, da ocorrência generalizada e da origem no próprio revestimento. Também são altas as relevâncias das categorias “sem definição” dos critérios posição e elementos próximos.

Além dos aspectos gerais verificados para os grupos de anomalias estruturais e superficiais, o Quadro 3 sintetiza as principais características dentro de cada critério, para cada tipo de anomalia. A análise dessas características em conjunto com a representação visual proporcionada pelo Quadro 2 se mostra eficiente para a caracterização e detecção dos diferentes tipos de anomalias em imagens ou ortomosaicos de fachadas.

A pesquisa contribui para o mapeamento de danos e o estudo da degradação de fachadas. A definição de critérios específicos conduz para a identificação precisa da tipologia de determinada anomalia, tornando o processo de elaboração de mapas de danos mais eficiente e confiável, principalmente quando se observa a ocorrência simultânea de várias anomalias. Em futuros estudos, podem ser adicionados outros tipos de anomalias e mais critérios que ajudem a diferenciá-los, além de ampliar a metodologia para outros tipos de revestimentos.

Referências

- ACOSTA, L. M. *et al.* Exploring technological alternatives to the visual inspection method in the built environment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 222, 2019.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E 632-81**: standard practice for developing accelerated tests to a prediction of the service life of building components and materials. Philadelphia, 1996.
- BARTHEL, C.; LINS, M.; PESTANA, F. O papel do mapa de danos na conservação do patrimônio arquitetônico. In: CONGRESO IBEROAMERICANO, 1.; JORNADA TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO, 8., Buenos Aires, 2009. **Anais [...]** Buenos Aires: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica, 2009.
- BAUER, E. *et al.* Relative importance of pathologies in the severity of facade degradation. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 5, n. 7, 2020.
- BAUER, E.; SOUZA, J. S.; MOTA, L. M. G. Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 23-43, out./dez. 2021.
- BAUER, E.; SOUZA, J. S.; PIAZZAROLLO, C. B. Application of the degradation measurement method in the study of facade service life. **Building Pathology and Rehabilitation**, v. 12, p. 105-119, 2020.
- BERSCH, J. D. *et al.* Diagnosis of pathological manifestations and characterization of the mortar coating from the facades of historical buildings in Porto Alegre - Brazil: a case study of Château and Observatório Astronômico. **International Journal of Architectural Heritage**, p. 1145-1169, 2020.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS ISO 15686-1**: Buildings and constructed assets: service life planning: part 1: general principles and framework. London, 2011.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS ISO 15686-2**: buildings and constructed assets: service life planning: part 2: service life prediction procedures. London, 2012.
- CARRETERO-AYUSO, M. J. *et al.* Interrelations between the types of damages and their original causes in the envelope of buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 39, 2021.

- CARVALHO, G.; OLIVEIRA, C. A.; ZANONI, V. Contribuição à conservação das fachadas de concreto aparente em edifícios de arquitetura moderna: Mapa de danos como estratégia de monitoramento. In: ENCONTRO DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 4., Lisboa, 2020. **Anais [...]** Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2020.
- CHAI, C. V. V. C. **Previsão da vida útil de revestimentos de superfícies pintadas em paredes exteriores**. Lisboa, 210 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
- COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.
- CÓIAS, V. **Inspeções e ensaios na reabilitação de edifícios**. Lisboa: IST Press, 2009.
- DIAS, I. S.; FLORES-COLEN, I.; SILVA, A. Critical analysis about emerging technologies for building's façade inspection. **Buildings**, v. 11, 2021.
- ERTEMIR, D. Y.; EDIS, E. Sustaining modern heritage buildings: visual defect categorisation guides for the general condition survey of rendered-painted facades. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 41, n. 3, p. 606-624, 2022.
- FLORES-COLEN, I. **Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva**. Lisboa, 2009. 487 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. de; FREITAS, V. P. de. Técnicas de diagnóstico e de manutenção para remoção de manchas em paredes rebocadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 1., Lisboa, 2005. **Anais [...]** Lisboa: Universidade do Porto, 2005.
- FREITAS, J. G. **A influência das condições climáticas na durabilidade dos revestimentos de fachada: estudo de caso na cidade de Goiânia – GO**. Goiânia, 2012. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.
- GASPAR, P. **Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes**. Lisboa, 330 f. Tese (Doutorado em Ciências de Engenharia) - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- LUBELLI, B.; VAN HEES, R. P. J.; GROOT, C. J. W. P. Sodium chloride crystallization in a “salt transporting” restoration plaster. **Cement and Concrete Research**, v. 36, p. 1467-1474, 2006.
- MAGALHÃES, A. C. **Patologia de rebocos antigos**. 2022. Disponível em: <https://docplayer.com.br/22056330-Patologia-de-rebocos-antigos-1.html>. Acesso em: 26 jan. 2024.
- MARQUES, F. P. F. M. **Tecnologias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão**. Lisboa, 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.
- MELO JÚNIOR, C. M. **Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens**. Brasília, 2016. 376 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- MENDES, M. V. A. S. *et al.* Damages mapping of façade using aerophotogrammetry and thermography inspection: Zoroastro Artiaga Museum – Art Deco in Brazil. **Revista Matéria**, v. 27, n. 3, 2022.
- MOTA, L. M. G. **Estudo da iniciação e da propagação da degradação de fachadas com revestimento em argamassa**. Brasília, 2021. 179 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2021.
- MOURA JÚNIOR, J.; PÓVOAS, Y. Mapa de danos em fachadas de uma universidade pública: Estudo de caso em dois edifícios da Escola Politécnica de Pernambuco. **Concilium**, v. 22, n. 7, p. 718–732, 2022.
- PEREIRA, C. *et al.* Atlas of defects within inspection systems. In: BRITO, J. de; FLORES-COLEN, I. (ed.). **New trends on building pathology**. Kanata: CIB, 2021.
- PEREIRA, C. *et al.* Urgency of repair of building elements: prediction and influencing factors in façade renders. **Construction and Building Materials**, v. 249, 2020.

PEREIRA, F. D. G. **Influência das variações de temperatura no desempenho de fachadas de alvenaria**. Porto, 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

PIAZZAROLLO, C. B. **Estudo da evolução e da gravidade da degradação nas diferentes zonas componentes da fachada**. Brasília, 2019. 152 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

PUIM, P.; GONÇALVES, T. D.; BRITO, V. Controlo e prevenção de anomalias devidas à cristalização de sais solúveis em edifícios antigos. In: CONGRESO DE PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS, 4., Santiago de Compostela, 2012. **Anais [...]** Santiago de Compostela: PATORREB, 2012.

RUIZ, R. D. B.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; ROCHA, J. H. A. Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT): estudo exploratório. **Revista ALCONPAT**, v. 11, n. 1, p. 88–104, 2021.

SANTOS, D. G. **Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios**. Brasília, 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SANTOS, M. J. B. O. **Catálogo de patologias em fachadas de edifícios residenciais de Brasília**. Brasília, 2017. 212 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada: aplicação ao caso de Brasília/DF**. Brasília, 2014. 198 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SOUSA, R.; SILVA, F. M. S.; SOUSA, F. **Fachadas de edifícios**. Lisboa: Lidel, 2016.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas: efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes**. Brasília, 2016. 114 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOUZA, J. S. **Impacto dos fatores de degradação sobre a vida útil de fachadas de edifícios**. Brasília, 2019. 139 f. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SOUZA, J. *et al.* Application of a graphical method to predict the service life of adhesive ceramic external wall claddings in the city of Brasília, Brazil. **Journal of Building Engineering**, v. 19, p. 1–13, 2018.

TINOCO, J. E. L. **Mapa de danos: recomendações básicas**. Olinda: Centro de Estudos de Conservação Integrada, 2009. (Textos para discussão. Série 2: gestão de restauro).

TIRELLO, R. A.; CORREA, R. H. Sistema normativo para mapa de danos de edifícios históricos aplicado à Lidgerwood Manufacturing Company de Campinas. In: COLÓQUIO LATINOAMERICANO SOBRE RECUPERAÇÃO E PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO INDUSTRIAL, 5., Campinas, 2012. **Anais [...]** Campinas: TICCIH, 2012.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro por meio de bolsa de estudo. Ao Projeto DMM_{Project}: Mensuração e Modelação, do Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da UnB, pelo apoio na realização da pesquisa. Ao Projeto Monitoramento, Análise Estrutural e Verificação de Segurança e Desempenho do Edifício do INCRA Utilizando Dados de Sensores Diversos e Inteligência Artificial com Uso de Deep Learning, pelo custeio das inspeções realizadas.

Melissa Lorrane Frazão Lopes

Conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, recebimento de financiamento, pesquisa, metodologia, design da apresentação de dados, redação do manuscrito original, redação - revisão e edição.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental | Universidade de Brasília | Campus Darcy Ribeiro | Brasília - DF- Brasil | CEP 70910-900 | Tel.: (62) 98569-0421 | E-mail: melissafrazao8@gmail.com

Elton Bauer

Conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, metodologia, supervisão, validação de dados e experimentos, redação - revisão e edição.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental | Universidade de Brasília | Tel.: (61) 99136-4741 | E-mail: elbauerlem@gmail.com

Lenildo Santos da Silva

Disponibilização de ferramentas, supervisão, validação de dados e experimentos.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental | Universidade de Brasília | Tel.: (61) 99293-7035 | E-mail: lenildo@gmail.com

Editor: **Marcelo Henrique Farias de Medeiros**

Editoras de seção: **Hercília Hitomi Hirota e Juliana Parise Baldauf**

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.