



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAMILA RODRIGUES CHALEGRE DE LIMA

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS –
ELABORAÇÃO DE UM GUIA TÉCNICO A PARTIR DE
ESTUDO DE CASOS

RECIFE, 2023

CAMILA RODRIGUES CHALEGRE DE LIMA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE
FACHADAS – ELABORAÇÃO DE UM GUIA TÉCNICO A PARTIR DE
ESTUDOS DE CASOS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Antonio Nunes Barbosa Filho

RECIFE, 2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, Camila Rodrigues Chalegre de.

Manifestações patológicas em revestimento cerâmico de fachadas: elaboração de um guia técnico a partir de estudos de casos / Camila Rodrigues Chalegre de Lima. - Recife, 2023.

139 p. : il., tab.

Orientador(a): Antonio Nunes Barbosa Filho
(Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, , 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. manifestações patológicas. 2. revestimento cerâmico. 3. construção civil. 4. manutenção. 5. fachadas. I. Barbosa Filho, Antonio Nunes. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL

CANDIDATA(O)S: CAMILA RODRIGUES CHALEGRE DE LIMA

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: ANTONIO NUNES BARBOSA FILHO

Examinador 1: TIBÉRIO WANDERLEY CORREIA DE OLIVEIRA ANDRADE

Examinador 2: ANGELO JUST DA COSTA SILVA

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTO CERÂMICO DE FACHADAS – ELABORAÇÃO DE UM GUIA TÉCNICO A PARTIR DE ESTUDO DE CASOS

LOCAL: PLATAFORMA GOOGLE MEET

DATA: 06 /10 /2023 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 15h00.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com **NOTA: 9,8** (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) (X) aprovado(s) (nota > = 7,0), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito. As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões). O trabalho com nota no seguinte intervalo, **3,0 = < nota < 7,0**, será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota <3,0)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 06 de Outubro de 2023

Orientador:



Documento assinado digitalmente

ANTONIO NUNES BARBOSA FILHO

Data: 06/10/2023 17:00:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador 1:



Documento assinado digitalmente

TIBERIO WANDERLEY CORREIA DE OLIVEIRA ANI

Data: 07/10/2023 12:16:59-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Avaliador 2:



Documento assinado digitalmente

ANGELO JUST DA COSTA E SILVA

Data: 09/10/2023 11:03:09-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Candidato:



Documento assinado digitalmente

CAMILA RODRIGUES CHALEGRE DE LIMA

Data: 09/10/2023 11:15:49-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil

Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.

Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Cilene Chalegre e Edilson Felix, que, apesar de todos os empecilhos, nunca hesitaram em me dar suporte, confiança e incentivo em todos os momentos.

Ao meu irmão Adalberto, por sempre me acolher, aconselhar e proporcionar momentos de descontração. E a Guilherme, por ter me acolhido como uma irmã.

A Rodrigo, por toda paciência, confiança e suporte emocional dedicados.

A todos os familiares, em especial às minhas tias: Betania, Leilliane e Helena.

À minha avó materna, Raquel Francisca (in memoriam), por ter me criado, educado e tornado quem sou. Amo-te hoje e sempre.

Aos amigos, em especial a Klebinaldo, Ruan e Matheus que me acompanharam desde o primeiro período da faculdade e compartilhei momentos de alegria e dificuldades, pessoas nas quais sei que sempre pude e posso contar.

À Arco Consultoria, por ter me dado a base que precisava para seguir no meu caminho profissional e por ter me dado a oportunidade de conhecer amigos que hoje são como irmãos para mim. Obrigada Hygor, Rafaela, Lucas, Rafael, Victor, Mayara e Matheus.

Aos colegas da empresa Facilitat, onde trabalho e pude me desenvolver, sendo principal responsável pela admiração que tenho pela área. À Débora, obrigada por confiar no meu potencial, e aos demais, pela cumplicidade de sempre.

À TECOMAT, pelo fornecimento de parte do acervo inserido no presente documento.

Ao meu orientador, Antonio Nunes, pela dedicação, paciência e aprendizados compartilhados.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização desta dissertação e porventura deixaram de ser mencionados.

Por fim, a Deus em todas suas formas e crenças, por sempre me manter firme e guiar meus passos, e permitir a conclusão desse sonho.

RESUMO

Com o avanço dos materiais na indústria da construção civil, os elementos estruturais possibilitam uma abordagem dinâmica nas construções. Os revestimentos cerâmicos são amplamente usados em fachadas devido à sua estética, durabilidade e facilidade de limpeza. Entretanto, com o tempo, podem surgir problemas que afetam sua integridade estrutural e estética.

Nesse contexto, é relevante estudar edificações com fachadas fora dos padrões estruturais, pois podem causar desconforto estético e reduzir a durabilidade da estrutura. O objetivo deste trabalho é mapear e quantificar manifestações patológicas em edificações, usando uma metodologia desenvolvida pelo Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) da Universidade de Brasília (UnB) e contribuir com a elaboração de um Guia Técnico.

A metodologia divide-se em coleta, análise e diagnóstico das manifestações patológicas, visando melhorar o desempenho e a durabilidade das construções. Foram aplicados em 02 edifícios no Recife, Pernambuco, cujos dados foram obtidos in loco, identificando descolamento cerâmico, deslocamento, eflorescência, falha nos rejuntas e fissuração como manifestações frequentes, principalmente em aberturas e paredes contínuas.

Usando a metodologia de Gaspar e Brito (2005) e a ferramenta de Mapa Mental de Buzan (2009), elaborou-se um guia técnico para identificação das manifestações patológicas. Este estudo visa fornecer informações precisas sobre esses problemas e servir de base para futuros trabalhos e considerações sobre o assunto.

Palavras-chave: manifestações patológicas, revestimento cerâmico, construção civil, manutenção, fachadas.

ABSTRACT

With the advancement of materials in the construction industry, structural elements now allow for a more dynamic approach in constructions. Ceramic coatings are widely used in facades due to their aesthetics, durability, and ease of cleaning. However, over time, issues can arise that affect their structural integrity and aesthetics.

In this context, it is relevant to study buildings with facades that do not meet structural standards, as they can cause aesthetic discomfort and reduce the durability of the structure. The aim of this work is to map and quantify pathological manifestations in buildings using a methodology developed by the Materials Testing Laboratory (LEM) at the University of Brasília (UnB) and to contribute to the development of a Technical Guide.

The methodology is divided into data collection, analysis, and diagnosis of pathological manifestations, aiming to improve the performance and durability of constructions. It was applied to 02 buildings in Recife, Pernambuco, from which data were obtained on-site, identifying ceramic detachment, delamination, efflorescence, joint failure, and cracking as frequent manifestations, especially in openings and continuous walls.

Using Gaspar and Brito's methodology (2005) and Buzan's Mind Map tool (2009), a technical guide for identifying pathological manifestations was developed. This study aims to provide precise information about these issues and serve as a basis for future work and considerations on the subject.

Keywords: pathological manifestations, ceramic coating, civil construction, maintenance, facades.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	17
1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	21
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1. DESEMPENHO, VIDA ÚTIL, DURABILIDADE E MANUTENÇÃO	23
2.1.1. DESEMPENHO	23
2.1.2. VIDA ÚTIL E DURABILIDADE	24
2.1.3. MANUTENÇÃO.....	25
2.2. SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA	28
2.2.1. DEFINIÇÃO.....	28
2.2.2. CAMADAS ASSOCIADAS AO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO	30
2.3. SISTEMA DE DEGRADAÇÃO DE FACHADAS	35
2.3.1. FALHA, DANO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	35
2.3.2. FATORES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO.....	37
2.4. PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES	40
2.4.1. CAUSAS ASSOCIADAS AOS MATERIAIS	41
2.4.2. CAUSAS ASSOCIADAS À DOSAGEM OU TRAÇO	47
2.4.3. CAUSAS ASSOCIADAS À ESPECIFICAÇÃO	48
2.4.4. CAUSAS ASSOCIADAS À AÇÃO DE FATORES EXTERNOS .	49
2.4.5. CAUSAS VINCULADAS AO USO.....	53
2.5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COMUNS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO	55
2.5.1. DESCOLAMENTO	55

2.5.2.	DESPLACAMENTO	60
2.5.3.	FISSURAS E TRINCAS.....	61
2.5.4.	MANCHAMENTO	65
2.5.5.	FALHAS NAS JUNTAS.....	67
2.5.6.	GRETAMENTO.....	68
2.6.	MAPAS MENTAIS.....	70
2.6.1.	CONCEITO DOS MAPAS MENTAIS	70
2.6.2.	ELABORAÇÃO DOS MAPAS	71
2.6.3.	USO DE SOFTWARES PARA A ELABORAÇÃO	73
2.6.4.	OS MAPAS COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM	74
3.	METODOLOGIA	79
3.1.	LEVANTAMENTO DE DADOS	80
3.2.	TRATAMENTO DE DADOS.....	82
3.3.	DIAGNÓSTICO	82
3.4.	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	83
3.4.1.	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO.....	83
3.5.	DADOS DAS EDIFICAÇÕES.....	87
3.5.1.	EDIFÍCIO A	87
3.5.2.	EDIFÍCIO B	90
3.6.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	94
3.6.1.	EDIFÍCIO A	94
3.6.2.	EDIFÍCIO B	104
4.	MAPA MENTAL PARA CORRELAÇÃO MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA/POSSÍVEIS CAUSAS.....	112
5.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120

APÊNDICE	128
GUIA TÉCNICO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Natureza dos agentes de degradação.....	38
Quadro 2 - Quadro resumo sobre mapas mentais	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão da norma de desempenho NBR 15575.....	23
Figura 2 – Requisitos dos usuários segundo a NBR 15575	24
Figura 3 - Desempenho ao longo do tempo	25
Figura 4 – Gráfico do custo com manutenção x tempo	28
Figura 5 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico	30
Figura 6 – Camadas do sistema de revestimento cerâmico.....	31
Figura 7 – Esquema visual das juntas de uma estrutura.....	33
Figura 8 – Principais manifestações patológicas identificadas	35
Figura 9 – Brainstorm acerca das causas das patologias.....	41
Figura 10 – Causas associadas aos materiais	42
Figura 11 - Mapa brasileiro de temperatura média compensada anual – período 1991 a 2020	50
Figura 12 – Exemplo de descolamento	55
Figura 13 – Teste prático para verificação da aptidão do uso.....	57
Figura 14 – Exemplo de tempo em aberto excedido.....	57
Figura 15 - Revestimento sujeito a esforço de tração	59
Figura 16 – Deslocamento de peças cerâmicas (esquerda) e de parte do emboço (direita)	60
Figura 17 – Revestimento sujeito a esforço de compressão	60
Figura 18 – Detalhes de fissuração no revestimento.....	62
Figura 19 – Fissuras nas envoltórias de aberturas.....	63
Figura 20 – Recalque diferencial sobre solo não homogêneo.....	65
Figura 21 – Bolor em fachada.....	66
Figura 22 – Infiltração e manchas devido à umidade	66
Figura 23 – Eflorescência.....	67
Figura 24 – Falha no selante e nas juntas da fachada	68
Figura 25 – Gretamento em placas cerâmicas.....	69
Figura 26 - Como criar um mapa mental	72
Figura 27 – Representação de um mapa mental.....	73
Figura 28 – Mapa mental elaborado em software	74
Figura 29 – Ficha de identificação de manifestações patológicas por prumada ...	81
Figura 30 – Representação esquemática das regiões de análise de uma fachada .	82

Figura 31 - (a) Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro e (b) Mapa com destaque à zona 8 onde se enquadra a cidade do Recife – PE.....	83
Figura 32 - Temperaturas médias do ar para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a dezembro/2020	84
Figura 33 - Umidade relativa do ar média para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a julho/2020.....	85
Figura 34 - Insolação média para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a julho/2020.....	85
Figura 35 - Imagem de satélite da localização do Edifício A	86
Figura 36 - Imagem de satélite da localização do Edifício B	86
Figura 37 - Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício A	87
Figura 38 - Ilustração esquemática da orientação das prumadas do edifício A	88
Figura 39 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício A.....	88
Figura 40 – Volumetria do edifício A	89
Figura 41 – Fachada principal do edifício A.....	89
Figura 42 – Detalhe fachada principal	90
Figura 43 – Detalhe fachada posterior	90
Figura 44 - Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício B.....	91
Figura 45 - Ilustração esquemática da orientação das prumadas do edifício B	92
Figura 46 - Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício B.....	92
Figura 47 – Volumetria do edifício B	93
Figura 48 – Fachada principal do edifício B	93
Figura 49 – Mapa de incidência de manifestações patológicas do edifício A	94
Figura 50 – Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A1	97
Figura 51 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A2.....	98
Figura 52 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A3.....	98
Figura 54 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A4.....	99
Figura 55 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A5.....	99
Figura 56 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada B1	100
Figura 57 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada B2	100
Figura 58 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C1	101
Figura 59 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C2	101
Figura 60 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C3	102
Figura 61 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C4	102

Figura 62 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C5	103
Figura 63 – Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no edifício A	103
Figura 64 - Mapa de incidência de manifestações patológicas do edifício B	104
Figura 65 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A1	107
Figura 66 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A2	107
Figura 67 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A3	108
Figura 68 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A4	108
Figura 69 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A5	109
Figura 70 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A6	109
Figura 71 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A7	110
Figura 72 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A8	110
Figura 73 - Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no edifício B	111
Figura 74 - Classificação das possíveis causas das manifestações patológicas em sistemas de revestimentos de fachadas	112
Figura 75 – Mapa mental para a correlação de manifestações patológicas e suas causas	113

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

ABNT	-Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACM	-Alumínio Composto
ANFACER	-Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmica para Revestimento
CC	-Código Civil
IBAPE/SP	-Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo
INMET	-Instituto Nacional de Meteorologia
MF	-Módulo de finura
NBR	-Norma Brasileira
RCM	-Reliability Centered Maintenance
SindusCon	-Sindicato da Indústria da Construção Civil
VU	-Vida útil
VUP	-Vida útil de projeto

1. INTRODUÇÃO

Nas obras da construção civil, as fachadas são responsáveis por manter a integridade dos sistemas de uma edificação, ou seja, além da função estética elas atuam como uma barreira diante dos diferentes tipos de esforços. Diante da necessidade de proteção, a indústria busca trazer ideias inovadoras quanto ao novo uso de novas técnicas, produtos e materiais para o sistema, sendo assim um edifício atualmente pode apresentar acabamento em revestimento cerâmico, pinturas, pedras naturais assentadas ou até mesmo peles de vidro e alumínio.

Contudo, mesmo diante de tal evolução, é comumente verificado a incidência de manifestações patológicas de origens variadas sobre o sistema de fachada. Erros de dosagem, lixiviações, expansões dos constituintes do concreto são algumas das consequências das etapas executadas incorretamente, do não seguimento de um projeto de fachada ou até mesmo da ausência de manutenção.

O desempenho do sistema está diretamente relacionado ao comportamento das camadas diante dos esforços aos quais ele é submetido, sendo a principal delas a ação do tempo uma vez que todo elemento sofre um processo de degradação. Sousa (2008) e Gaspar (2009) complementam que as diversas ações causadas pelo tempo e o próprio desgaste proporcionam o surgimento de algumas patologias. Com as incidências patológicas sobre as fachadas, principalmente sobre as de acabamento cerâmico, o desempenho delas acaba sendo alterado e conseqüentemente comprometendo-as desde suas funções estéticas como o acabamento, até as funções estruturais como a estanqueidade da vedação.

Buscando contribuir com os estudos atuais que visam promover os fenômenos envolvidos e a evolução deles na degradação das fachadas e como poderiam ter sido evitados, o presente estudo propõe a elaboração de um mapa mental visando apoiar o profissional diante dos possíveis cenários de patologias em uma fachada.

1.1. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

O engenheiro é o responsável técnico pelas obras, serviços e projetos nas atividades de engenharia. Além da responsabilidade técnica, cabe a ele responder pela ordem civil, pela segurança, pelos materiais utilizados, danos à terceiros etc. A responsabilidade civil vem da obrigação de reparar e/ou indenizar eventuais danos causados, assim, caso sejam constatados problemas de solidez e segurança por meio de perícias, o engenheiro será responsabilizado independente do prazo decorrido.

Cabe ainda destacar a responsabilidade diante da escolha dos materiais empregados na obra, portanto, quando o material não estiver dentro das diretrizes especificadas, o profissional deve rejeitá-lo sob pena de responder por danos futuros. Ou seja, é obrigação do engenheiro prever situações que possam vir a ocorrer para que ele esteja isento de ações penais.

A preocupação acerca da responsabilidade remonta a tempos antigos e encontra-se referências a esse assunto, por exemplo, no Código de Hamurabi, conjunto de leis mesopotâmio escrito há cerca de 4.000 anos, conhecido pela referência à lei de talião: “olho por olho, dente por dente”.

O código de Hamurabi, na seção XIII, atenta para os cuidados que os construtores precisavam ter na hora de construir e, percebe-se que aspectos como o desempenho, qualidade e segurança da edificação já eram pontos preocupantes naquele tempo. Alguns artigos da seção XIII são:

229° - Se um construtor constrói para alguém e não o faz solidamente e a casa que ele construiu cai e fere de morte o proprietário, esse construtor deverá ser morto.

230° - Se fere de morte o filho do proprietário, deverá ser morto o filho do construtor.

231° - Se mata um escravo do proprietário ele deverá dar ao proprietário da casa escravo por escravo.

232° - Se destrói bens, deverá indenizar tudo que destruiu e porque não executou solidamente a casa por ele construída, assim que essa é abatida, ele deverá refazer à sua custa a casa abatida.

233° - Se um construtor constrói para alguém uma casa e não a leva ao fim, se as paredes são viciosas, o construtor deverá à sua custa consolidar as paredes.

Apesar do Código de Hamurabi pertencer a tempos remotos, a responsabilidade é passada até os dias de hoje. O artigo 9º do Código de Ética dos Engenheiros traz os deveres da profissão no exercício, destacando-se alguns deles:

- a) Oferecer seu saber para o bem da humanidade;
- b) Contribuir para a preservação da incolumidade pública;
- c) Alertar sobre os riscos e responsabilidades relativos às prescrições técnicas e às consequências presumíveis de sua inobservância;

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) é responsável por elaborar o conjunto de normas e regras técnicas que irão reger os procedimentos e situações específicas. Assim, a NBR (Norma Técnica Brasileira) vem para padronizar, organizar e qualificar os processos para facilitar a compreensão geral. Portanto, para cada processo que venha a ser realizado dentro da engenharia, existe uma norma associada. Vale destacar que a NBR não é obrigatória, mas servem para orientar o engenheiro diante das situações.

Porém, mesmo diante da padronização e normatização dos processos, da responsabilidade técnica, civil e penal dos engenheiros, da obrigação com as especificações dos projetos, as construções acabam por não apresentar uma boa qualidade e como consequência dos erros diante do exposto anteriormente e da falta de manutenções, a manifestação de patologias acaba sendo inevitável.

É notável que a construção civil vem mudando significativamente ao longo dos anos, suas técnicas, materiais e procedimentos vão se atualizando de acordo com a necessidade. Segundo a Anfacer (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos) em 2018, o Brasil era o segundo maior consumidor mundial, ficando atrás apenas da China, e o terceiro maior produtor mundial tendo produzido em 2019, novecentos e nove milhões de toneladas.

A fachada de uma edificação diz respeito a toda a área externa (frontal, lateral ou posterior) que compõe o conjunto arquitetônico do edifício. Exercem um papel fundamental na estética do edifício, mas principalmente na estanqueidade da construção e proteção contra agentes agressivos. A fachada pode receber diferentes tipos de revestimentos que devem, independente do seu tipo, cumprir as funções e requisitos de desempenho.

Assim, o uso do revestimento cerâmico em fachada deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Proteger a edificação da ação direta dos agentes agressivos de intempéries evitando a degradação precoce;
- b) Auxiliar na vedação quanto a estanqueidade ao ar e à água;
- c) Proporcionar um acabamento estético da edificação, estabelecendo seu valor econômico.

Porém, os revestimentos cerâmicos estão sendo objetos de preocupação para as construtoras e gestores de manutenção por seu alto custo de aquisição, pelas ações de intempéries e variações climáticas e pela intensidade de manifestações patológicas. Uma vez que a fachada é o ponto exterior e faz a principal troca de contatos com as pessoas, ela precisa estar conservada e com a manutenção em dia, para que não venha a ocorrer nenhuma fatalidade.

Acidentes como o ocorrido em 2021 no Centro do Recife, onde parte de um pedaço rochoso de cerâmica junto ao reboco se desprende e atingiu uma idosa de 60 anos que veio a óbito, devem ser usados como exemplo para atentar à importância de uma fachada conservada.

É óbvio que o custo da manutenção irá variar significativamente por depender de vários fatores, tais como: altura da edificação, complexidade do problema, materiais utilizados, localização geográfica e o custo da mão de obra na região. Segundo o site, Habitíssimo, o preço médio de restauração de fachadas em Recife é de R\$ 42.750,00. Vale ressaltar que se trata de um valor médio, sendo baseado no histórico de orçamentos do site.

O processo de recuperação de fachadas envolve várias etapas para restaurar a aparência e integridade estrutural da edificação. São elas:

1. Avaliação e inspeção: Primeiramente, é necessário a realização de uma avaliação detalhada do prédio. Devem incluir uma inspeção visual, análise das amostras dos materiais, testes e ensaios para identificação das manifestações patológicas.
2. Planejamento e projeto: A partir das manifestações patológicas levantadas, é desenvolvido um projeto de recuperação para determinar as ações necessárias para a restauração. Além disso, é apresentado o planejamento dos reparos necessários, levantamento de orçamentos e assembleias de condomínio para discussão e definição da resolução do problema.
3. Preparação do local: Antes do início dos trabalhos, faz-se necessário a preparação das áreas ao redor do prédio, protegendo-as e tomando medidas

necessárias para adequar e garantir a proteção dos trabalhadores e dos condôminos.

4. Realização dos reparos/restauração: Nessa etapa, a fachada é limpa e preparada para a aplicação dos novos acabamentos, seguindo as especificações do projeto.
5. Inspeção final e manutenção: Após a conclusão dos trabalhos, deve-se realizar uma inspeção para garantir que as especificações levantadas em projeto tenham sido executadas corretamente. Além disso, são válidas recomendações para manutenções periódicas para que a nova fachada seja preservada a longo prazo.

Como visto acima, o processo de recuperação varia de acordo com as necessidades específicas da edificação e das técnicas utilizadas pela empresa responsável pela execução da correção. Além de refletir nos moradores, uma vez que de acordo com o CC (Código Civil Brasileiro) de 2004, Lei nº 10.931, art. 1.336, inc. I é dever do condômino contribuir para as despesas do condomínio na proporção das suas frações ideais, salvo disposição em contrário na convenção.

Assim, o processo pode tornar-se demorado, dispendioso, interromper as funcionalidades e áreas básicas de um condomínio, além do risco de acidentes com os condôminos. Portanto, é preciso que as manutenções sejam realizadas de forma correta e nos casos em que houver as manifestações patológicas é preciso saber identificar e corrigir corretamente.

Para tal, existem várias metodologias e técnicas de organização que ajudam na estruturação e retenção de informações. Alguns exemplos são: esquemas, linhas do tempo, listas e tópicos, resumos e sínteses, mapas mentais etc. Tais metodologias seriam viáveis para o presente estudo, porém os Mapas Mentais se destacam devido sua capacidade de proporcionar uma visão geral da situação, estimular a criatividade, facilitar a revisão e adaptação, além de possibilitar a integração de diferentes tipos de informações. Ou seja, eles oferecem uma abordagem visual e estruturada que se mostra altamente eficaz para a organização e o aprendizado.

Os Mapas mentais incentivam as pessoas a pensarem, organizarem e apresentarem informações dentro de uma hierarquia radial, localizando o conceito mais importante no centro de um dado diagrama e relacionando-o a outros conceitos (ou detalhes do primeiro conceito, ou ambos) “situado cada vez mais longe do centro do diagrama” (HERMANN, 2005). A utilização do mapa mental vem com o intuito de facilitar a organização das ideias e por ser uma metodologia simples de visualização e entendimento.

Com os Mapas mentais é possível visualizar a estrutura das informações e ter uma representação visual clara dos conceitos e das interconexões, assim, é mais fácil de identificar os padrões, relações e hierarquias. Ao criar os mapas se tem a liberdade de explorar e expressar o pensamento associativo e devido sua estrutura visual e resumida é possível ter uma revisão rápida dos principais pontos e detalhes, estimulando a memória visual e facilitando a lembrança. Além disso, sua flexibilidade permite que se adicione, remova ou se reorganize elementos no mapa, conforme os conhecimentos vão sendo adquiridos.

Assim, percebe-se a importância do tema que traz consigo reflexos econômicos e sociais consideráveis. Portanto, a proposta é realizar um estudo de caso e utilizando-se da ferramenta do mapa, elaborar um Guia Técnico com a exposição das possíveis patologias dentro do revestimento cerâmico em fachada, trazendo imagens para exemplificá-las, suas possíveis causas e suas formas de manifestação para que seja possível a identificação.

1.2. OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

O presente trabalho tem como objetivo geral estudar a degradação das fachadas, de modo a definir quais fatores que podem vir a influenciar o desempenho das fachadas por meio da ferramenta de mapas mentais.

Como objetivos específicos, pode-se listar:

- ❖ Descrever as características, critérios de desempenho e qualidade dos revestimentos de fachada;
- ❖ Descrever as características, critérios de desempenho e qualidade do revestimento cerâmico;
- ❖ Descrever os tipos de patologias do revestimento cerâmico;
- ❖ Caracterizar as patologias quanto a natureza, origens e mecanismos envolvidos;
- ❖ Correlacionar causas e as patologias;
- ❖ Explicar, disseminar e trazer aplicação dos mapas mentais;
- ❖ Propor um Guia Técnico que vise auxiliar no processo de identificação de patologias em revestimentos cerâmicos em fachadas;

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo foi conduzido em três fases distintas. Inicialmente, na primeira fase, foram realizadas extensas pesquisas bibliográficas, abrangendo fontes online, literatura impressa, artigos científicos e outros recursos relevantes, com o objetivo de compilar uma revisão bibliográfica abrangente.

A segunda fase envolveu a seleção do estudo de caso, que foi conduzida por meio de pesquisas extensivas na cidade do Recife, visando identificar edifícios que apresentavam patologias avançadas em suas fachadas. A escolha recaiu sobre dois empreendimentos, um localizado próximo à praia de Boa Viagem e outro localizado no bairro da Torre, localização predominantemente residencial. Os prédios foram selecionados devido aos sérios problemas que apresentavam, além de ser possível o acesso para a inspeção visual. Para o estudo dos casos foi utilizada e adaptada a metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico das patologias identificadas LEM-UnB para a realidade em questão.

A terceira fase do estudo envolveu o uso de mapas mentais como ferramenta para correlacionar as manifestações patológicas encontradas com suas possíveis causas. Por fim, foi apresentado o "Guia Técnico para Identificação de Manifestações Patológicas em Fachadas de Revestimento Cerâmico", destacando sua relevância como um produto original deste estudo, que pode auxiliar na identificação e tratamento de problemas em fachadas revestidas com cerâmica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

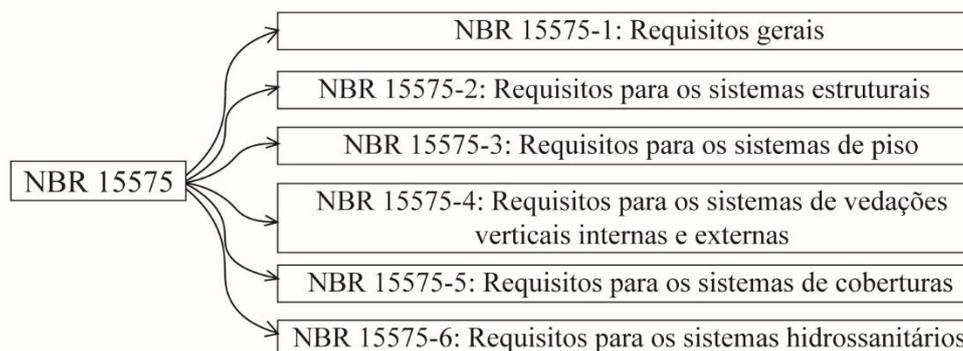
2.1. DESEMPENHO, VIDA ÚTIL, DURABILIDADE E MANUTENÇÃO

2.1.1. DESEMPENHO

O desempenho de algo está associado à maneira como ele atua ou se comporta em termos de eficiência e rendimento. Assim, o desempenho de uma edificação é o seu comportamento em relação ao uso dela e de seus sistemas. Atualmente, o setor construtivo apresenta clientes mais exigentes quanto a garantia de um imóvel com qualidade, conforto, durabilidade e de fácil manutenção durante sua vida útil.

Visando atender essa expectativa, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou em maio de 2008 a primeira versão da NBR 15575, que se refere aos sistemas que compõem a edificação habitacional, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado. Atualmente, a norma é dividida em 06 (seis) partes, sendo elas referentes aos requisitos gerais, requisitos para os sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos, requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, requisitos para os sistemas de coberturas e requisitos para os sistemas hidrossanitários, conforme a Figura 1.

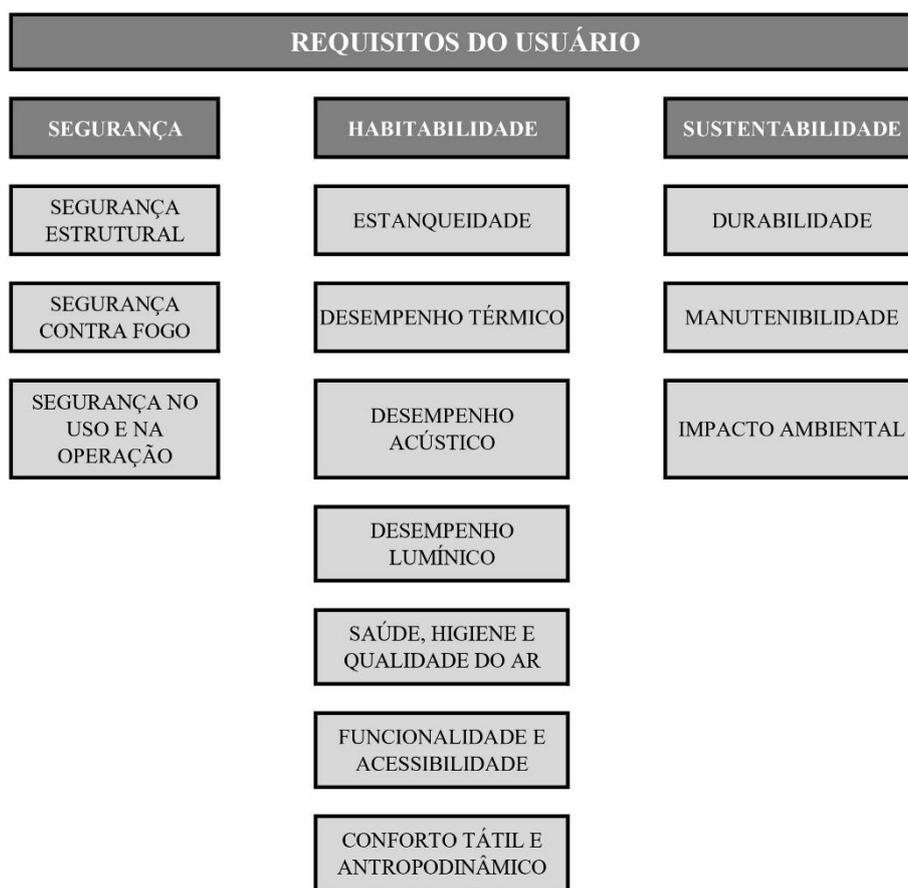
Figura 1 - Divisão da norma de desempenho NBR 15575



Fonte: A autora, 2023

A norma define uma lista geral dos requisitos dos usuários, conforme a Figura 2, que é utilizada como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios, ou seja, atendidos os critérios e requisitos estabelecidos em norma, considera-se para todos os efeitos que os requisitos do usuário foram atendidos.

Figura 2 – Requisitos dos usuários segundo a NBR 15575



Fonte: A autora, 2023

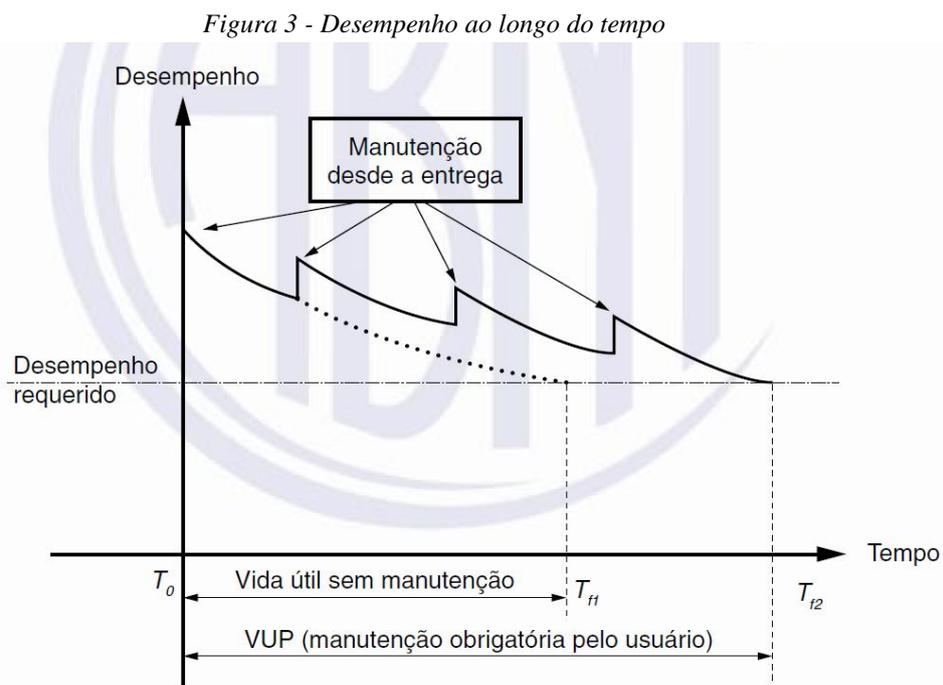
2.1.2. VIDA ÚTIL E DURABILIDADE

Segundo a NBR 15575, entende-se por vida útil (VU) o período em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos na norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificado no respectivo manual de uso, operação e manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal ou contratual).

A vida útil de projeto (VUP) é o período estimado para o qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no

respectivo manual de uso, operação e manutenção (ABNT NBR 15575-1:2013).

Tendo apresentado os conceitos é preciso atentar para que uma vez estabelecida a vida útil de projeto, todos os intervenientes precisam atuar para garantir as técnicas adequadas para que a vida útil seja maior ou igual a vida útil de projeto. Geralmente, tende-se a optar pelo uso de produtos de menor custo inicial, menos duráveis, de maior custo de manutenção e conseqüentemente gerando um maior custo global. Portanto, a VU pode chegar a ser prolongada através de manutenções nos sistemas. A Figura 3 traz a relação entre o desempenho e o tempo de vida das edificações.



Fonte: ABNT NBR 15575-1:2021

2.1.3. MANUTENÇÃO

As edificações são projetadas para atender o usuário durante muitos anos, sendo assim, ela precisa apresentar condição adequada para o seu destino, uma vez que a construção não pode ser considerável descartável, passível de substituição quando os níveis de desempenho estabelecidos não forem atendidos. Assim, para garantir uma melhor qualidade da edificação é necessário que sejam realizadas as manutenções.

O conceito acerca da manutenção remonta a meados do século XIX, diante da mecanização das indústrias, onde se faziam necessários reparos emergenciais para assegurar a produtividade. De acordo com John Moubray (1997) a manutenção se divide

em três gerações, que se dividem nas suas abordagens, planejamentos e execução. São elas:

- Primeira geração: Na primeira geração, a manutenção é realizada diante das falhas ou quebras do equipamento, assim, não há um planejamento prévio e a manutenção é tida como reativa ou corretiva. A abordagem resulta em um tempo de inatividade fora do programado, queda na produtividade e altos custos associados à reparação das falhas.
- Segunda geração: Na segunda geração, é introduzido o conceito de manutenção preventiva, onde as atividades de manutenção são realizadas em intervalos predefinidos, independente do estado do equipamento. A manutenção garante a redução de falhas, porém pode levar à substituição prematura de componentes ainda funcionais do maquinário.
- Terceira geração: Nessa geração, é apresentado a RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade), onde existe uma análise sistemática dos modos de falha, dos efeitos das falhas e das estratégias de manutenção apropriadas para garantir a confiabilidade dos ativos. Assim, a manutenção será planejada baseando-se nos riscos associados à cada falha e à priorização das atividades de manutenção, busca maximizar o desempenho e minimizar os custos desnecessários.

A principal ideia abordada por Moubray é de que os recursos devem ser alocados de maneira eficiente e priorizar as atividades que têm o maior impacto na confiabilidade, segurança e desempenho. A abordagem RCM tem sido amplamente adotada nas indústrias de petróleo e gás, aviação, energia e transporte.

Porém, independente da indústria avaliada, o que é comum dentre elas é que a ausência da manutenção acarreta o surgimento de anomalias, danos e falhas materiais que irão afetar diretamente o desempenho, a desvalorização do imóvel e dos sistemas, além da possibilidade de causa de acidentes. O IBAPE/SP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo) realizou em 2009 um estudo sobre acidentes ocorridos nas edificações em fase de uso e dentre os resultados obtidos, constatou-se que 66% das prováveis causas e origens dos acidentes estão relacionadas à deficiência com a manutenção, perda precedente do desempenho e forte deterioração.

Segundo a NBR 5674, a manutenção é tida como uma intervenção realizada na edificação e seus sistemas, elementos ou componentes constituintes. A atividade da manutenção busca garantir as condições semelhantes ao seu estado inicial.

A primeira versão da norma de manutenção foi publicada em 1977, porém, apenas com a publicação da NBR 15575 que o tema ganhou força pois ela trouxe como um dos critérios para a vida útil, a correta execução dos processos de manutenção apresentados no manual de uso, operação e manutenção. Porém, mesmo diante da importância da medida, ela é por muitas vezes negligenciada e conseqüentemente os sistemas acabam sofrendo degradação.

É preciso que exista dentro do sistema de gestão habitacional uma previsão da infraestrutura material, técnica, financeira e de recursos, que atenda aos diferentes tipos de manutenção, sendo eles:

- Manutenção rotineira: é caracterizada por abrigar os serviços padronizados e cíclicos, por exemplo, a limpeza das áreas comuns;
- Manutenção corretiva: é caracterizada por abrigar os serviços que demandam uma ação ou intervenção imediata que busque permitir a continuidade do uso dos componentes, elementos ou sistemas da edificação, além disso, ela busca evitar riscos graves ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos proprietários; e
- Manutenção preventiva: é caracterizada pela realização dos serviços que são programados com antecedência visando estimar a durabilidade esperada dos componentes, elementos ou sistemas da edificação.

De acordo com a NBR 5674, a responsabilidade principal pela manutenção é do proprietário do imóvel ou seu representante legal. Com isso, cada vez mais os proprietários e síndicos estão reconhecendo a devida importância das atividades de uso, operação e manutenção dos edifícios visando assegurar a durabilidade e a preservação das condições das edificações durante a vida útil.

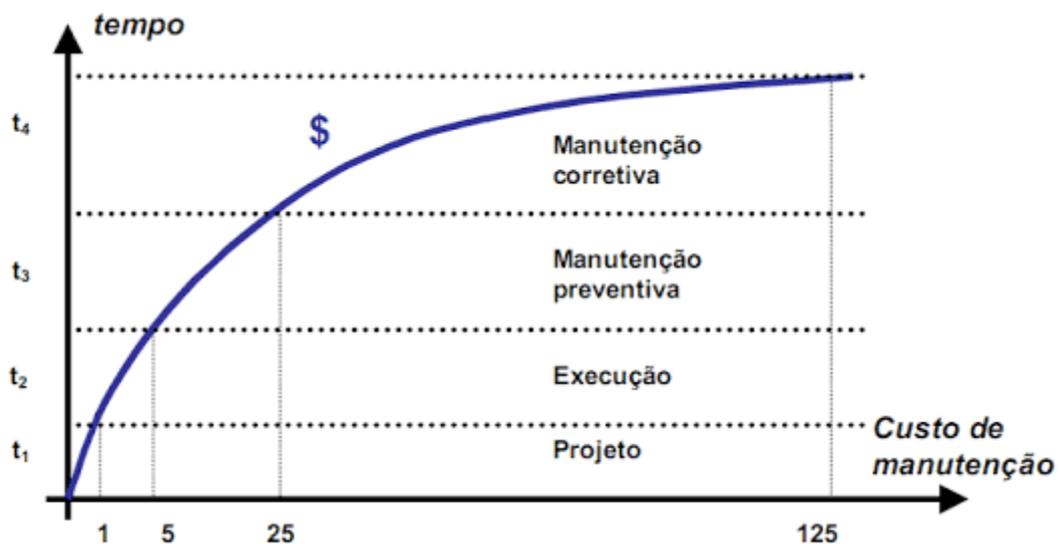
A entrega do manual de uso, manutenção e operação é obrigatória, nele constam as informações necessárias para orientar as atividades de uso, conservação e manutenção da edificação além da devida operação dos equipamentos. O manual deve conter o programa de manutenção que consiste na determinação das atividades essenciais de manutenção, periodicidade, os responsáveis pela execução, os documentos contendo as referências normativas e recursos necessários.

Diante do tema, vale relembrar a Lei de Sitter (1984) ou Regra dos cinco que demonstra que caso a manutenção não seja realizada serão necessários reparos

equivalentes a cinco vezes os custos de manutenção e caso os reparos não sejam efetuados, as despesas de renovação podem atingir cinco vezes o custo de reparo.

Culturalmente, o brasileiro é conhecido por deixar as coisas para serem resolvidas em cima da hora. É preferido corrigir os danos com métodos paliativos que não resolvem de fato o problema, as manutenções corretivas irão ocorrer inevitavelmente, porém é preciso que elas sejam reduzidas para que o custo final não seja tão alto. Supondo uma correção de projeto de R\$ 1,00, ela custaria na fase de execução R\$ 5,00 e caso fosse contestada na fase de manutenção custaria R\$ 25,00 e assim sucessivamente.

Figura 4 – Gráfico do custo com manutenção x tempo



Fonte: Costa e Silva, 2008

Portanto, através da Lei de Sitter pode-se entender a escalada dos gastos diante do tempo percorrido da decisão da recuperação de um sistema ou do elemento construtivo. Sendo assim, esses custos crescem em uma progressão geométrica de razão cinco, conforme a Figura 4.

2.2. SISTEMA DE REVESTIMENTO DE FACHADA

2.2.1. DEFINIÇÃO

O revestimento externo é o conjunto de camadas constituído pela superestrutura, alvenarias, argamassas e revestimento final, cuja função é proteger o empreendimento da ação dos agentes atmosféricos, chuva, umidade, vento, bem como dar acabamento estético. A fachada é a barreira entre os agentes externos e a edificação e pode ser

constituída por diversos materiais como: argamassa, cerâmicas, pedras naturais, porcelanato, vidros, ACM (Material Composto De Alumínio) etc.

Segundo GOLDBERG (1998) para desempenhar a função de barreira, a parede externa deve atuar simultaneamente como uma restrição, um filtro seletivo para controlar uma série complexa e conflitante de forças e ocorrências, sendo algumas delas:

- Pressão do vento e resistência a sismos;
- Resistência à movimentação térmica e umidade;
- Conservação de energia e controle do fluxo entre o meio interior e exterior;
- Resistência e controle à penetração da chuva;
- Controle da migração do vapor de água e condensação;
- Resistência acústica;
- Resistência e contenção ao fogo;
- Fornecer valor estético;
- Permitir iluminação natural para o ambiente interior;
- Permitir circulação de ar entre o meio interior e exterior;

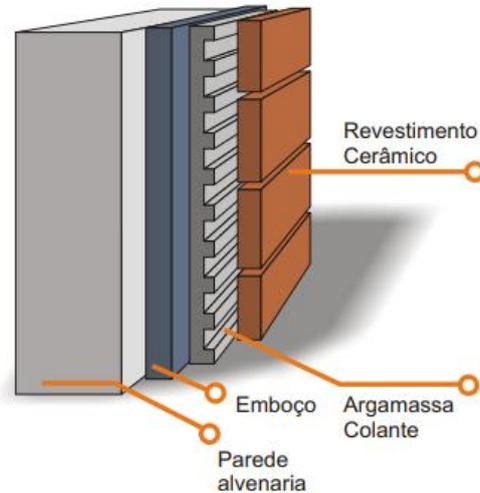
Mesmo sem possuir função estrutural, as vedações estão sujeitas a deformações e devem ser analisadas de forma conjunta aos elementos com os quais interage. Ao se tratar de revestimentos em fachada, encontram-se diversos tipos de acabamentos: tintas, cerâmicas, vidros, madeira, aço, concreto etc.; A escolha deles variam de acordo com a necessidade externa e do gosto do cliente.

Diante da variedade das opções para os revestimentos em fachadas, optou-se por abordar apenas o revestimento cerâmico, uma vez que ele é comumente encontrado nos empreendimentos e como abordado na introdução as consequências das suas manifestações patológicas podem chegar a fatalidades. Vale ressaltar a importância dos estudos acerca de todas as patologias dos demais revestimentos.

A NBR ISO 13006 traz a seguinte definição para placa cerâmica: “placa fina composta de argilas e/ou outras matérias-primas inorgânicas, geralmente usada como revestimento de pisos e paredes, usualmente conformada por extrusão (A) ou prensagem (B) à temperatura ambiente, mas podendo ser conformada por outros processos (C), subsequentemente é secada e queimada a temperaturas suficientes para desenvolver as propriedades requeridas”. Além disso, elas podem ser esmaltadas ou não esmaltadas.

O sistema de revestimento cerâmico possui as seguintes camadas básicas: substrato ou base, chapisco, emboço, argamassa colante e a placa cerâmica, apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Camadas constituintes do revestimento cerâmico



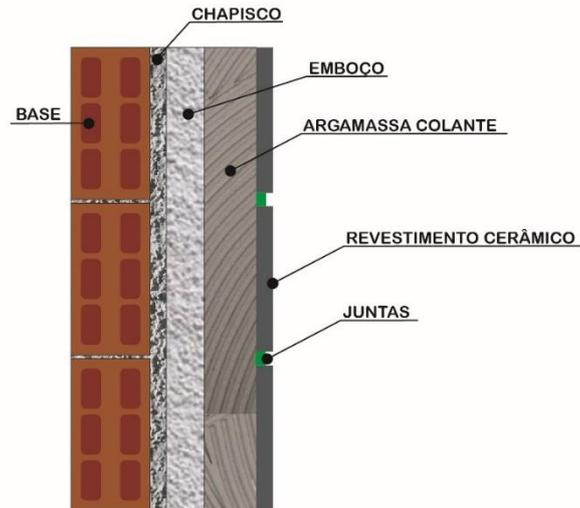
Fonte: Manual de Assentamento de Revestimentos Cerâmico, 2011

Segundo Silva (2006), as funções básicas do revestimento são: a regularização superficial dos fechamentos da base, proteção das alvenarias e estrutura de concreto com vistas à durabilidade, bem como a contribuição do desempenho geral dos fechamentos da edificação, variando de caso a caso.

2.2.2. CAMADAS ASSOCIADAS AO SISTEMA DE REVESTIMENTO CERÂMICO

De maneira genérica, as camadas que compõem o sistema de revestimento cerâmico são ilustradas na Figura 6.

Figura 6 – Camadas do sistema de revestimento cerâmico



Fonte: A autora, 2023

- Base ou substrato

A base ou substrato é a estrutura sobre a qual todo o sistema será construído, pode ser constituída por elementos de alvenaria como: alvenaria de tijolos maciços, alvenaria de tijolos furados, alvenaria de blocos de concreto ou em paredes de concreto. A base vem com a função de fornecer estabilidade estrutural para a parede, distribuir as cargas da construção e garantir uma superfície nivelada para os demais passos.

- Chapisco

O chapisco é tido como a camada inicial de revestimento aplicada sobre a base. É composto de cimento, areia grossa e água e posteriormente projetado sobre a base, possui um acabamento extremamente áspero e irregular que visa criar ancoragens mecânicas para a aderência do emboço. Com isso, ele é responsável por melhorar a aderência entre a base e as camadas subsequentes. Sem o chapisco, o emboço tenderia a perder água mais rapidamente nas regiões cerâmicas, levando à endurecimento precoce, enquanto manteria uma consistência mais branda nas áreas de concreto, prolongando o processo de secagem. Isso, por sua vez, dificultaria o processo de sarrafeamento, além de afetar o nivelamento e o alisamento uniforme do emboço.

- Emboço ou reboco

O emboço representa a camada de nivelamento que corrige as variações dimensionais dos blocos e as discrepâncias na verticalidade (ou imperfeições) das paredes. Durante o processo de aplicação, é importante evitar o alisamento excessivo da superfície do

emboço, já que a utilização excessiva da desempenadeira resulta na formação de uma camada lisa e homogênea, que carece de porosidade. Esse aspecto suave dificulta a adesão eficaz da argamassa de assentamento. É composto por uma mistura de cimento, areia e água.

- Argamassa colante

A argamassa colante é um material utilizado para fixar os revestimentos sobre as superfícies. É definida pela NBR 14081 como um produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos que, quando misturado a água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento das placas cerâmicas para o revestimento. Tal composição permite que a argamassa se fixe de forma mais eficiente às superfícies e à parede base.

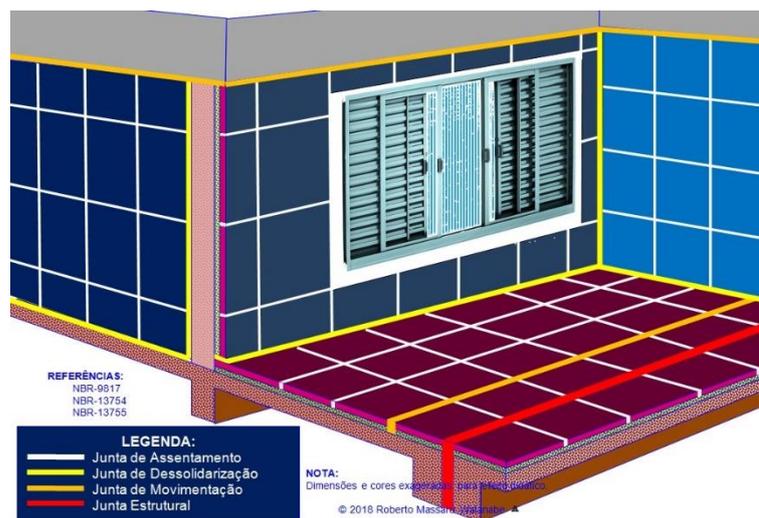
- Placas cerâmicas

As placas cerâmicas são peças retangulares ou quadradas, fabricadas a partir da mistura de argila, minerais e outros componentes cerâmicos. São classificadas com base em suas características de densidade, resistência e absorção de água e se dividem em: cerâmicas, porcelanatos e azulejos. São elementos versáteis e funcionais que buscam conferir proteção, estética e funcionalidade à fachada.

- Juntas

As juntas desempenham o papel de acomodar os movimentos naturais e garantir a estabilidade, durabilidade e integridade das estruturas. A seguir serão abordados os diferentes tipos de juntas em uma estrutura, a Figura 7 traz um esquema visual de forma didática.

Figura 7 – Esquema visual das juntas de uma estrutura



Fonte: Roberto Massaru, 2018

Para os revestimentos cerâmicos podem ser encontrados os seguintes tipos:

- As **juntas de assentamento** visam acomodar as variações dimensionais e evitar o surgimento de tensões devido à dilatação térmica, são criadas com a colocação dos espaçadores entre as peças que posteriormente serão preenchidos com rejunte. Também conferem impacto estético, influenciando a aparência final do revestimento.
- As **juntas estruturais** são projetadas para acomodar os movimentos causados pelas cargas, variações térmicas e o assentamento do solo. Divide a estrutura dos edifícios em segmentos menores, permitindo que cada segmento se mova sem afetar a estabilidade geral, podem ser verticais ou horizontais e são preenchidas com materiais elásticos que garantem flexibilidade.
- As **juntas de dessolidarização** ou juntas de isolamento, são usadas para separar diferentes elementos da estrutura, como pisos e paredes, a fim de evitar a transmissão de vibrações e impactos. Estão localizadas nas mudanças de planos (quinas de paredes, tanto internas quanto externas, perímetro das áreas revestidas e linhas de mudança de materiais do pisos).
- As **juntas estruturais** são os espaços entre as estruturas, tem por função aliviar as tensões provocadas pelo movimento de dilatação/retração do concreto principalmente pela variação da temperatura.

- Rejunte

O rejunte é um material utilizado para preencher as juntas entre as peças cerâmicas que desempenham um papel importante para estética, contribuindo para a aparência final do revestimento, bem como para a sua integridade e durabilidade. São compostos por cimento, agregados finos, pigmentos e aditivos, tais aditivos buscam conferir características como flexibilidade, resistência à umidade, prevenção de mofo etc.

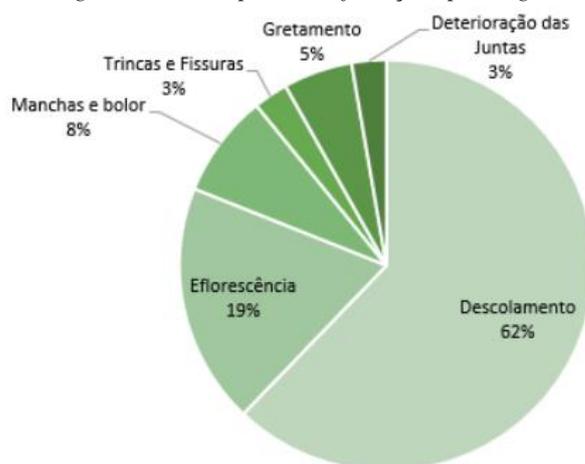
2.3. SISTEMA DE DEGRADAÇÃO DE FACHADAS

Para que seja possível determinar a degradação dos revestimentos das fachadas é necessário conhecer os mecanismos sob os quais ela está sujeita, ou seja, a sequência das alterações que o revestimento fica submetido e provoca uma alteração prejudicial diante das características físicas, mecânicas ou químicas. Tal sequência ocorre diante da exposição do revestimento aos fatores de degradação como a exposição ambiental, biológica, erros de execução ou utilização, manutenção incorreta ou ações mecânicas.

As patologias estão presentes em todos os edifícios, tanto os antigos quanto os mais novos, apesar de toda a evolução da indústria da construção. Mesmo com todas as exigências das normas, leis e dos padrões de qualidade requeridos pela indústria, as patologias continuam a surgir devido às falhas de projeto, execução e manutenção.

Por meio da coleta de 25 amostras de edifícios, Dutra *et al* (2021) destacam os principais tipos das manifestações patológicas presentes nos revestimentos cerâmicos dentro do campo amostral definido, conforme a Figura 8, trazendo ressaltos para a taxa de descolamentos (62%), que ocorrem em maior quantidade nas obras.

Figura 8 – Principais manifestações patológicas identificadas



Fonte: Dutra *et. al*, 2021

2.3.1. FALHA, DANO E MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A falha de edificação está ligada à uma inadequação ou mau funcionamento de um componente, sistema ou estrutura que a compõe, podendo ter origem no projeto, construção ou ainda da falta de manutenção adequada. No processo projetual, as falhas podem ocorrer na concepção do projeto, normas/legislações ou nas especificações dos

materiais. No processo executivo, as falhas ocorrem da não correspondência entre o previsto e a forma correta de execução, como a má execução do nivelamento e alinhamento de paredes, cura insuficiente etc. A falta de manutenção, acelera o processo de deterioração e compromete a segurança, a funcionalidade e a durabilidade da estrutura.

De acordo com Lichtenstein (1986), a maioria significativa dos problemas patológicos está associada a falha na execução de uma ou mais etapas do processo de construção de edifícios. Os problemas patológicos mais graves tendem a surgir em edifícios que possuem menos documentos disponíveis e de menor qualidade, os quais poderiam servir como fonte para a investigação das anomalias que emergem.

O dano surge quando o desempenho de um sistema diminui para um nível crítico. É tido como consequência da manifestação de falhas, e podem ter origens naturais ou intrínsecas, impactando na qualidade do sistema. Porém, uma falha não implica necessariamente na origem de um dano, comumente se faz necessário o acúmulo de falhas para que se manifeste um dano. Em geral, o dano representa uma mudança que resulta no comprometimento da segurança, funcionalidade ou estética da edificação, como por exemplo, o descolamento de peças cerâmicas em uma fachada.

As manifestações patológicas se configuram quando o sistema em questão, no presente caso o revestimento, deixa de demonstrar o desempenho esperado ao longo da sua vida útil. Ou seja, o sistema não cumpre suas funções de maneira adequada, deixando de satisfazer as necessidades dos usuários.

Dentro da construção civil, conforme a definição apresentada por Lichtenstein (1985), o termo "patologia" abrange o domínio de pesquisa que se concentra na análise das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequências das situações em que um edifício, ou suas partes constituintes, não atingem um patamar mínimo de desempenho estabelecido previamente.

Pedro et al (2002) classificam as patologias em função das suas origens em congênicas, construtivas, adquiridas e acidentais.

- a) Congênicas – são originárias da fase do projeto, como consequência da não observância das normas técnicas, ou de erros e omissões dos profissionais. Podem resultar, por exemplo, em deformações excessivas, deterioração prematura dos materiais ou em dificuldades operacionais e consequentemente aumentar os custos de manutenção.
- b) Construtivas – têm sua origem relacionada à fase de execução da obra, decorrem do emprego de mão de obra desqualificada e do uso de produtos de baixa

qualidade. Podem resultar, por exemplo, na falta de acabamento adequado, uma vez que os detalhes finais, como pintura e acabamento, podem ser comprometidos por mão de obra sem habilidade, resultando em superfícies irregulares e inadequadamente acabadas.

- c) **Aquiridas** – ocorrem durante a vida útil dos revestimentos e são resultado da exposição ao meio em que se inserem, uso inadequado, envelhecimento natural e falta de manutenção. Por exemplo, estruturas de aço e elementos de fixação, estão sujeitos à corrosão ao longo do tempo, especialmente em áreas com alta umidade ou exposição a ambientes agressivos, como ambientes marinhos.
- d) **Acidentais** – surgem de maneira imprevista e não planejada e são resultado de eventos súbitos e inesperados que podem ser naturais, como terremotos, tempestades, incêndios e inundações ou causados por ações humanas, como colisões, explosões e vandalismos. Por exemplo, incêndios podem destruir partes ou a totalidade de uma edificação, causando colapso estrutural, danos severos aos materiais e comprometendo a segurança dos ocupantes.

Ainda segundo Pedro et al (2002), a ocorrência de manifestações patológicas em revestimentos de fachada, normalmente, resulta da interação de múltiplos fatores e raramente pode ser atribuída a uma única causa. Esses fatores incluem: falha dos materiais, falhas na especificação, falhas decorrentes do processo executivo, deformações térmicas, higroscópica e estruturais, sendo estes últimos dependentes da condição de exposição e uso.

2.3.2. FATORES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO

A degradação refere-se ao processo gradual de deterioração e enfraquecimento dos materiais, componentes e sistemas de construção ao longo do tempo. Ou seja, a degradação nada mais é, que a perda de capacidade do material de responder às exigências ao longo do tempo, sob o efeito dos agentes de deterioração, a natureza do material ou até mesmo a própria manutenção.

Conforme mencionado anteriormente, as diversas formas de manifestações patológicas não estão ligadas exclusivamente a uma causa única, surgindo da interação simultânea dos fatores que promovem a degradação.

Os fatores de degradação são abordados por John e Sato (2006), e são tidos como agentes que afetam os materiais ou componentes de uma construção, desencadeando

mudanças nos materiais que resultam na redução de sua capacidade de desempenho; podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica. (Quadro 1)

Quadro 1 – Natureza dos agentes de degradação

Natureza	Classe
Agentes mecânicos	Gravidade
	Esforços e deformações impostas ou restringidas
	Energia cinética
Agentes eletromagnéticos	Vibrações e ruídos
	Radiação
	Eletricidade
	Magnetismo
Agentes térmicos	Níveis extremos ou variações bruscas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
	Quimicamente neutros
Agentes biológicos	Vegetais e microrganismos
	Animais

Fonte: ISO 15686-2, 2001

Um exemplo típico da ação conjunta dos agentes degradantes é a chuva e vento incidindo sobre a parede externa, a qual pode oferecer condições propícias para desencadear mecanismos de degradação, tais como fissuras de retração, deficiência de aderência, fungos e bolor (SOUZA; ALMEIDA, 2005).

Dentre os elementos advindos da atmosfera, a temperatura é considerada um dos agentes mais danosos para os revestimentos de fachadas de edifícios, conforme indicado por Consoli (2006). Esse agente provoca alterações físicas e químicas nos materiais, o que pode resultar em fissuras, separações e danos, especialmente em revestimentos

porosos, que têm a propriedade de absorver água, umidade e radiação solar, gerando consideráveis tensões nas interfaces dos componentes.

2.4. PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES

Originando-se no grego, a palavra patologia vem da união dos termos “Pathos” que significa doença/sofrimento e “Logos” que significa “Estudo”. Para a medicina, a especialidade médica tem por objetivo estudar as alterações do corpo humano, as doenças, e identificar suas causas e efeitos. Para a engenharia, as patologias são as doenças da construção, ou seja, são os defeitos que porventura podem acabar comprometendo o desempenho da função para qual ela fora planejada.

Assim como na medicina, na engenharia é preciso realizar a analogia e avançar para outras definições importantes, França et al. (2011) apresentam mais relações entre termos e significados que é preciso citar:

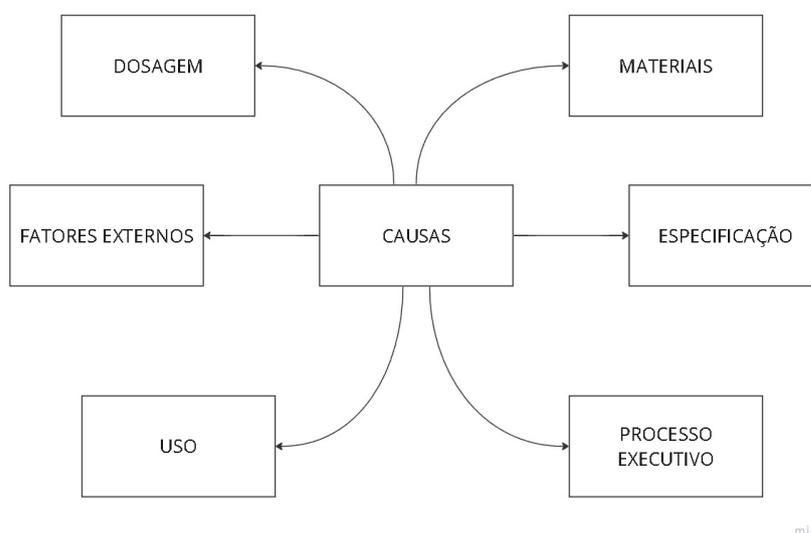
- **Profilaxia:** vem do grego *prophylaxis* e significa cautela, assim, traz referência aos meios para se evitar ou prevenir as doenças. Na Engenharia, trata-se das medidas utilizadas para evitar as anomalias ou problemas na edificação.
- **Anamnese:** a palavra deriva do grego *ana* – “trazer de novo” e *mnesis* – “memória”, é uma entrevista conduzida pelo profissional da área de saúde visando estabelecer, junto ao paciente, o ponto de partida no diagnóstico. Na Engenharia, tem-se os “sintomas”, ou seja, a forma com que a manifestação patológica se apresenta.
- **Diagnóstico:** quando se trata de diagnóstico, trata-se do conhecimento acerca de um determinado objeto, o qual pode ser obtido através de exames. Na Engenharia, trata-se da fase de identificação e descrição da origem e causa dos problemas na edificação.
- **Prognóstico:** é associado ao julgamento médico, a partir do diagnóstico e da anamnese, considera-se as possibilidades terapêuticas visando a evolução do problema com o passar o tempo.
- **Terapia:** está associada ao tratamento da enfermidade em si. Na Engenharia seriam as soluções, a partir das etapas citadas anteriormente, para que seja possível sanar as anomalias identificadas. A terapia corresponde ao estudo da solução dos problemas encontrados, cujo êxito depende de um bom diagnóstico (HELENE, 1992).

Considerando as etapas da construção civil sendo: planejamento e projeto, execução e pós-obra, no geral, as duas primeiras etapas são consideradas rápidas, enquanto a última de uso e manutenção acaba sendo mais longa. Além disso, a origem do problema está relacionada à sua etapa construtiva, mas não impede que se manifeste ao longo da vida útil do imóvel. Assim, a manifestação patológica pode ter tido origem na etapa de projeto, porém pode se manifestar apenas durante a fase de pós-obra.

Na Figura 9 são apresentadas as causas frequentes relacionadas as manifestações patológicas no revestimento de fachada, vale ressaltar que na maioria dos casos são constatadas combinações entre as causas. Com isso, mesmo com o avanço tecnológico, a presença das patologias ainda é constante e suas principais causas estão relacionadas às falhas pelo mau uso e especificação dos materiais empregados, pela falta de controle de execução de serviços e de manutenção (FELTEN et al., 2013).

No próximo item serão abordadas as manifestações patológicas.

Figura 9 – Brainstorm acerca das causas das patologias



miro

Fonte: A autora, 2023

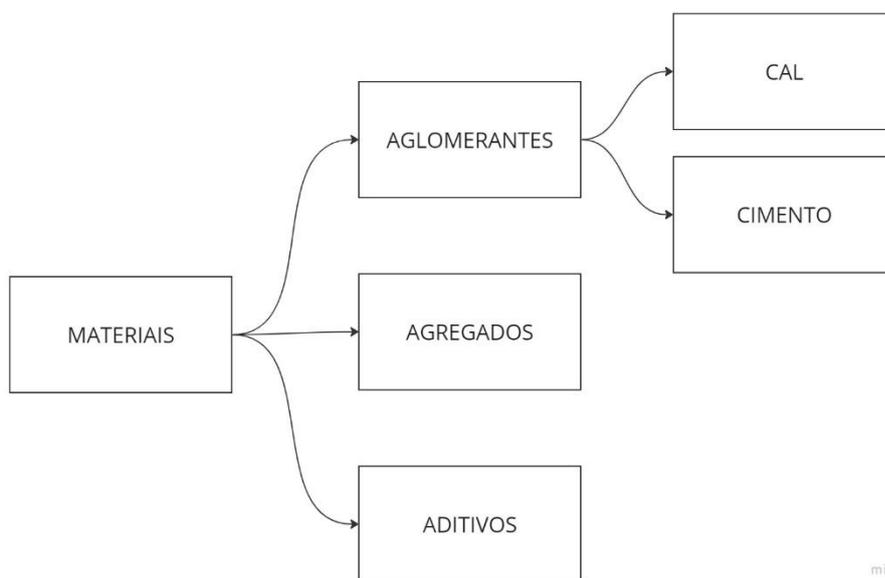
2.4.1. CAUSAS ASSOCIADAS AOS MATERIAIS

Apesar de ser um país onde se priorizam as execuções arcaicas e repetitivas, com poucas oportunidades para o incentivo, alguns espaços permitem a possibilidade da utilização de materiais novos. Hoje, a indústria civil brasileira busca constantemente novas tecnologias e materiais para melhorar a eficiência, sustentabilidade e estética dos projetos. No entanto, esses emergentes materiais acabam sem passar pelos devidos testes,

requisitos e critérios para o desempenho, o que acaba proporcionando o crescimento da ocorrência das patologias.

A constante procura pela garantia do menor preço, a incorreta aplicação e mistura, além do mau entendimento das características dos materiais são fortes aliados nas manifestações patológicas, uma vez que o baixo custo está associado à má qualidade e em campo, na hora da aplicação, pouca atenção se dá às exigências contidas na embalagem, bem como as orientações das especificações de projeto. Assim, é válido o entendimento acerca das propriedades dos materiais, bem como a avaliação das características químicas e físicas, na busca de responder de maneira aceitável as condições de serviço.

Figura 10 – Causas associadas aos materiais



Fonte: a autora, 2023

- Aglomerantes

Os aglomerantes são materiais ligantes que tem por objetivo promover a união entre os agregados. Provavelmente, o primeiro aglomerante utilizado pelos homens foi a argila, onde se encontra citações referentes ao uso na Bíblia, tendo como fatores responsáveis pelas suas características aglomerantes os silicatos de alumínio nelas contidos. Com o passar dos anos, foram produzidos os comumente utilizados: o gesso, cal e cimento. Serão abordados os dois últimos no presente estudo.

São apresentados de forma pulverulenta e, quando misturados com água formam uma pasta capaz de endurecer por simples secagem ou por meio de reações químicas, sendo por fim capazes de aderir às superfícies com as quais foram postas em contato. Para

os aglomerantes é levada principalmente a resistência alcançada ao fim de determinado prazo e a marcha de desenvolvimento, já que um começo de endurecimento muito rápido não seria conveniente para o uso diário nas obras. Na maioria dos usos, o ideal é que se tenha um início de endurecimento demorado seguido de um aumento rápido de resistência.

Outra característica a ser levada em consideração é a durabilidade, assim, é preciso que as pastas associadas aos aglomerantes após endurecidas não sofram desagregação, que podem acontecer devido a presença de compostos inconvenientes ou pela ação de agentes agressivos externos.

- Cimento

O cimento é um aglomerante ativo e hidráulico, industrializado e normalizado, ou seja, para seu uso e comercialização existe um rigoroso controle de qualidade. Comumente os problemas associados ao seu uso decorrem da falta ou má especificação, onde a recomendação do tipo do cimento é incompatível ao seu tipo de uso.

Segundo Battagin (2022) é necessário esclarecer que a qualidade e o uso apropriado do tipo de cimento são também fatores que contribuem para se evitar manifestações patológicas nas edificações. Dentre as manifestações, pode-se destacar o deslocamento, eflorescência, esfarelamento, trincas ou fissuras decorrentes da reação álcali agregado e ataque por sulfatos.

De acordo com Bolorino e Cincotto (1997), os problemas associados à escolha do tipo de cimento adotado estão relacionados principalmente à sua granulação, a qual influencia diretamente nos níveis de retração por secagem. Suas pesquisas demonstraram que, nas primeiras 24 horas, a retração é predominantemente influenciada pela retenção de umidade, a qual está proporcionalmente ligada à quantidade de partículas finas presentes. Contudo, à medida que a proporção de partículas finas aumenta, nota-se um incremento na magnitude da retração, gerando uma maior propensão ao surgimento de fissuras em estágios mais avançados do concreto.

- Cal

A cal é um componente de grande relevância na indústria da construção civil, sendo empregada de forma complementar na formulação de argamassas de emboço. Sua principal finalidade reside na melhoria da trabalhabilidade dessas argamassas. Ela se destaca por sua capacidade de atuar como agente aglutinante e por sua habilidade em

aprimorar a resistência e o aspecto estético dos revestimentos cerâmicos aplicados em fachadas. A cal é produzida a partir de rochas calcárias ou dolomíticas, sendo essencialmente composta por cálcio e magnésio.

A cal é comumente disponibilizada no mercado em duas variantes: cal virgem e cal hidratada. A cal hidratada é geralmente indicada para ser utilizada em argamassas e rebocos, pois apresenta maior flexibilidade e aderência. Já a cal virgem é mais utilizada na agricultura, especialmente para corrigir o solo, e em outras situações em que a flexibilidade e aderência da cal hidratada não são necessárias.

Quando a hidratação da cal virgem não se completa durante a extinção em fábrica, pode continuar após o ensacamento, durante o amassamento e após a aplicação da argamassa, sendo o infortúnio deste fato, o aumento de volume que acompanha essa reação. Tal aumento pode causar fissuras e trincas na argamassa, comprometendo a sua resistência e durabilidade. Além disso, pode haver descolamento da argamassa do substrato, comprometendo a aderência e a estabilidade da construção.

De acordo com Cincotto (1988), se a cal for utilizada sem passar pelo processo completo de hidratação, isso pode resultar em danos ao revestimento devido a um aumento de volume. Esse problema é observado tanto para o uso do óxido de cálcio quanto para o óxido de magnésio. As vesículas esbranquiçadas que se formam são causadas pela presença de óxido de cálcio não reagido, que permanece na forma de grãos maiores e não é absorvido pelos espaços vazios da argamassa. Esse fenômeno leva a uma expansão que provoca a formação dessas bolhas, especialmente na camada de emboço.

A hidratação do óxido de magnésio é uma reação química em que o óxido de magnésio reage com a água para formar hidróxido de magnésio, é uma reação exotérmica e ocorre de forma mais lenta do que a carbonatação. Além disso, a sua hidratação pode causar o descolamento do revestimento do emboço, o que é um fenômeno localizado.

- Agregado

Agregado é um material granular utilizado na construção civil, como areia, brita, pedra, cascalho, entre outros, que é adicionado ao cimento para formar o concreto ou argamassa.

A NBR 7211 estabelece os requisitos para a classificação das areias quanto ao módulo de finura (MF). De acordo com a norma, as areias podem ser classificadas em:

Areia fina: $2,2 < MF < 2,6$

Areia média: $2,6 < MF < 2,9$

Areia grossa: $2,9 < MF < 3,2$

As características da areia, como a forma e textura dos grãos, a granulometria e a distribuição granulométrica, exercem influência sobre as propriedades da argamassa. Isso inclui a trabalhabilidade, resistência mecânica e durabilidade do material.

O uso excessivo de areias grossas pode prejudicar a trabalhabilidade, reduzindo a aderência e comprometendo o envolvimento do grão pela pasta de cimento. Isso ocorre porque as partículas grandes de areia não se misturam bem com a pasta de cimento, o que resulta em uma aderência inadequada. Por outro lado, as areias finas em abundância podem aumentar o consumo de água na argamassa e provocar fissuração devido à retração. Isso ocorre porque as partículas de areia fina possuem maior superfície específica, o que demanda mais água para umedecê-las adequadamente. É importante ter uma distribuição granulométrica adequada dos agregados para garantir a trabalhabilidade e a resistência da argamassa.

No que diz respeito à distribuição granulométrica, quanto mais homogênea ela for, maior será o volume de espaços vazios e, como resultado, a porosidade da argamassa será maior. Portanto, para obter uma argamassa mais resistente, é aconselhável uma distribuição granulométrica contínua.

Além da granulometria, os fatores morfológicos como forma e textura das partículas dos agregados podem afetar a dosagem da argamassa porque eles influenciam diretamente na compacidade da mistura, na quantidade de água necessária para atingir a consistência desejada, na resistência mecânica e na aderência da argamassa.

Na literatura, é possível encontrar que os agregados arredondados e mais lisos garantem concretos mais trabalháveis, uma vez que as partículas podem se movimentar umas sobre as outras com mais facilidade. Enquanto os angulosos ou laminares produzem concretos de menor qualidade, repercutindo negativamente na resistência e durabilidade.

Além disso, quanto mais rugoso for o agregado, maior será sua superfície de contato com a pasta de cimento e, conseqüentemente, maior aderência, garantindo uma melhor resistência à tração. Apesar disso, é necessário um maior consumo de água para atingir essa resistência.

As impurezas presentes nas areias utilizadas na produção do concreto podem afetar diretamente a durabilidade do material. Isso ocorre porque essas impurezas podem reagir com os componentes do concreto, causando a formação de compostos indesejáveis que

afetam suas propriedades físicas e químicas. Para Cincotto (1998), estas são particularmente prejudiciais: aglomerados argilosos, pirita, mica, concreções ferruginosas e matéria orgânica.

A presença de impurezas como argila e matéria orgânica pode aumentar a quantidade de água necessária para a mistura do concreto, o que pode levar a uma redução na resistência mecânica do material. Além disso, a presença de sais solúveis pode causar a corrosão das armaduras de aço presentes no concreto, o que pode comprometer sua estabilidade estrutural.

Atualmente, a NBR 7211 define os limites máximos aceitáveis para o que foi categorizado como "substâncias prejudiciais" nos agregados, sendo esses limites calculados com base em uma porcentagem estabelecida na norma em relação à massa do material.

- Adições e aditivos

Os aditivos são substâncias ou produtos químicos adicionados intencionalmente na argamassa para melhorar ou modificar suas propriedades. Eles desempenham diferentes funções e podem ter várias finalidades, dependendo das necessidades específicas do projeto. Segundo Silva (2006), os aditivos são produtos químicos adicionados à argamassa para modificar suas propriedades no estado fresco (consistência, plasticidade, retenção de água, tempo de pega etc.) que irão refletir no seu estado endurecido (resistência de aderência à tração, módulo de elasticidade etc.).

Dentre os vários aditivos disponíveis atualmente no mercado, vale trazer ressaltar para dois tipos: os incorporadores de ar e os retentores de água.

Os aditivos incorporadores de ar produzem uma quantidade de bolhas de ar na argamassa uniformemente dispersas. Segundo Alves (2002) a presença desse ar incorporado proporciona:

- Ganho de plasticidade e aumento na estruturação do sistema fazendo com que as argamassas de revestimento se tornem aplicáveis nas superfícies;
- Diminuição na quantidade de finos sem alterar a tendência de segregação e exsudação da argamassa;
- Ganho de trabalhabilidade gerada pelas bolhas, reduzindo a quantidade de água;

- Diminuição na densidade de massa das argamassas pela formação de micro bolhas de ar, facilitando o manuseio.

É importante ressaltar que o uso excessivo e indiscriminado do aditivo incorporador de ar pode não ser benéfico e, quando empregado de maneira descontrolada, pode resultar em um efeito contrário ao desejado. No mesmo estudo, conforme afirmado por Alves (2002), foi constatada uma possível diminuição na resistência mecânica do material devido à introdução de microbolhas de ar na matriz cimentícia. O autor observou uma redução significativa, chegando a 55%, no valor da aderência à tração.

Os aditivos retentores de água são frequentemente disponibilizados na forma de pó e desempenham o papel de prevenir a perda de água pela argamassa. De acordo com Bauer (2005), essa capacidade de retenção corresponde à propriedade que permite à argamassa manter sua trabalhabilidade inalterada e permanecer aplicável por um período, mesmo quando sujeita a condições que resultem na perda de água, seja devido à evaporação, sucção do substrato ou reações de hidratação.

2.4.2. CAUSAS ASSOCIADAS À DOSAGEM OU TRAÇO

Como visto anteriormente, o sistema da fachada tem diferentes partes, como a base, o chapisco e o emboço. O desempenho do sistema e como ele funciona depende de escolher as argamassas certas, levando em conta a escolha adequada das argamassas em relação à base, ao meio externo e a localização da edificação.

Segundo as observações de Kiss (2003), a presença de problemas patológicos em fachadas externas decorre da insuficiente competência técnica durante a etapa de execução dos revestimentos. Ele aponta como principais questões os equívocos na dosagem de água e aditivos, a aplicação de camadas com espessura inadequada, a falta de uniformidade nas argamassas e até a negligência na limpeza adequada do substrato.

De acordo com Carasek e Bauer (1997), alguns dos problemas principais que surgem devido à composição das argamassas incluem a dosagem das argamassas ricas (1:2-3), que normalmente são mais rígidas e suscetíveis à retração durante a secagem, podendo resultar em problemas frequentes como fissuras e descolamento. No mesmo estudo, eles também apontam a utilização de proporções pobres de argamassa (1:10-15), que resultam em baixa capacidade de união, contribuindo para a pulverização do material.

Uma má dosagem dos agregados ignora como a granulometria, textura e formato das partículas, bem como sua distribuição granulométrica, influenciam na adequação ao

uso pretendido. A quantidade de cimento utilizada nas argamassas deve ser adaptada à aplicação específica em questão. O balanceamento apropriado do teor de cimento traz melhorias notáveis na resistência mecânica e na capacidade de aderência à superfície. No entanto, se tal proporção não estiver ajustada corretamente, isso pode ter sérias consequências em características relacionadas à durabilidade dos revestimentos, como retração durante a secagem, permeabilidade ao vapor de água e outras.

2.4.3. CAUSAS ASSOCIADAS À ESPECIFICAÇÃO

Normalmente, as manifestações patológicas que estão relacionadas com a má especificação resultam de omissões em algum momento do processo. Quando se trata de omissão que é o tipo mais comum de falha, é mais comum que se resolva com o imprevisto que pode ser conivente ao tipo de situação ou não.

Quando se trata de falha da especificação, fala-se na ausência dos elementos construtivos como pingadeiras, vergas, contra-vergas, ausência ou erro na disposição de telas metálicas, ausência ou erro na disposição das juntas de dilatação, falta de especificação dos materiais envolvidos ou ausência da indicação correta dos procedimentos de execução do revestimento de fachada.

Gripp (2008) reitera que os projetos para revestimento cerâmico de fachadas devem ter e seguir algumas diretrizes e parâmetros para a elaboração que devem, além de apresentar o aspecto estético, possuir detalhes como:

- Descrição dos produtos (substratos, argamassas, placas cerâmicas e rejuntas);
- Posicionamento e dimensão das juntas de dilatação e assentamento (horizontais e verticais);
- Posicionamento das telas metálicas;
- Procedimentos de execução e detalhes específicos como platibandas e peitoris

Além disso, é indispensável que haja a compatibilidade do projeto executivo do sistema de fachada com os demais projetos, principalmente estrutural e arquitetônico.

Campante e Baía (2003) dividem o procedimento do projeto de revestimento cerâmico para fachada em três fases:

- Análise preliminar: primeiramente, deve-se identificar e entender as especificações dos elementos do edifício com os quais o revestimento terá interface.
- Elaboração do projeto: a posteriori, é necessário considerar a necessidade da adoção de detalhes construtivos específicos, tais como: juntas, peitoris, pingadeiras etc.
- Redefinição de projeto: por fim, podem ser feitas as alterações que casualmente sejam necessárias depois da execução do revestimento.

2.4.4. CAUSAS ASSOCIADAS À AÇÃO DE FATORES EXTERNOS

Por ser a barreira entre o meio externo e o interno, as fachadas estão sujeitas às condições de exposição que variam de acordo com as particularidades climatológicas da região. Melo Júnior (2010) descreve que todas as variações climáticas como precipitação, vento, radiação solar, umidade relativa e temperatura são contribuintes para o processo de deterioração e afetam diretamente as características do edifício e sua durabilidade.

O clima desempenha um papel significativo na degradação das fachadas ao longo do tempo. Para questões de classificação de durabilidade, o clima se classifica em: microclima, mesoclima e macroclima.

- Microclima, refere-se às condições climáticas específicas que ocorrem em uma pequena área, a exemplo de um jardim ou rua;
- Mesoclima, refere-se às condições climáticas específicas que ocorrem em uma região geograficamente maior, como uma cidade ou um vale;
- Macroclima, refere-se ao clima em escala regional ou global.

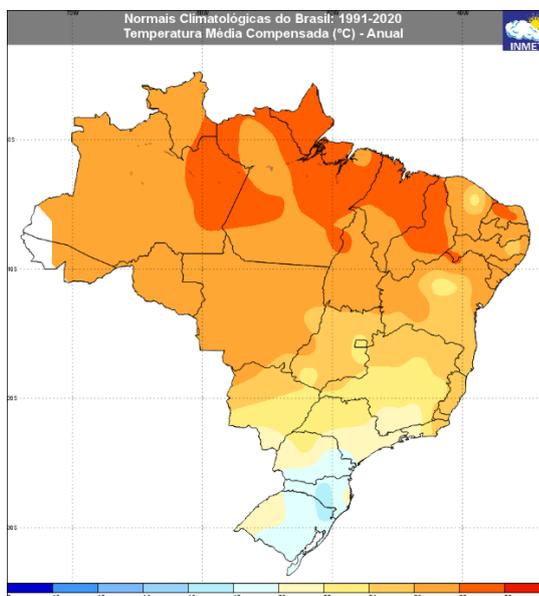
Quando se analisa a degradação das fachadas e sua relação com o clima, é preciso levar em consideração a interação entre eles; assim, pode-se relacionar a interação da temperatura com a umidade relativa, por exemplo.

2.4.4.1. Variações térmicas

O Brasil possui três tipos de clima: equatorial, tropical e temperado; no equatorial apresenta-se chuva diária e muito calor, no tropical tem-se chuvas menos regulares e temperaturas elevadas e o clima temperado, no inverno, pode atingir temperaturas

inferiores a zero grau. E apesar de sua variedade climática, apresenta um clima quente em quase todo o território, como pode ser visto na Figura 11, e tal fator é de grande influência nos processos de degradação.

Figura 11 - Mapa brasileiro de temperatura média compensada anual – período 1991 a 2020



Fonte: INMET, 2023

De acordo com Consoli (2006), a temperatura é um dos agentes mais agressivos aos revestimentos dos edifícios provocando variações físicas e químicas nos materiais, gerando fissuras, deslocamentos e rupturas, principalmente nos casos dos revestimentos porosos, uma vez que eles absorvem água, umidade e radiação solar e ocasionam grandes tensões nas interfaces dos componentes.

O revestimento cerâmico é um material que sofre dilatação, assim, é comum que se expanda no calor ou retraia no frio. Assim, diante de uma situação em que existe uma mudança brusca na temperatura, a alteração rápida causa a dilatação e, por consequência, faz com que o elemento se desprenda. Além disso, a coloração utilizada nos revestimentos da fachada é de extrema importância quando se trata dos efeitos das variações de temperatura.

Segundo Guimarães et al (2003) os materiais de cores escuras apresentam absorções mais altas provocando uma maior variação superficial de temperatura, representando tendências maiores de desconforto térmico. Os materiais de cores claras apresentaram menores variações térmicas, estando sujeitos a dilatações térmicas menores, reduzindo assim a probabilidade de colapso proveniente do aumento de tensões.

Luz (2004) traz no seu estudo de caso que as fachadas com a orientação solar de maior incidência (fachadas norte e noroeste) foram as primeiras e as mais afetadas pelo

destacamento das placas cerâmicas, atestando assim que o efeito da incidência da radiação solar contribuiu para o surgimento das manifestações patológicas.

As variações térmicas, junto à umidade, acabam provocando esforços higrotérmicos que atuam sobre os acabamentos e provocam uma dilatação nas unidades construtivas em função dos coeficientes de dilatação e da técnica construtiva. As variações podem provocar o surgimento de fissuras e gretas.

2.4.4.2. Ação da chuva e dos ventos

O grau de importância atribuído ao estudo da penetração da chuva varia de região para região. Em regiões de altos índices de precipitação e umidade relativa do ar, certamente as solicitações impostas à parede, no que se refere à estanqueidade, são bem mais significativas, necessitando de maiores cuidados na concepção das fachadas (BAUER, 1987). Um aspecto significativo a ser considerado em relação às fachadas é a interação entre o vento e a chuva, conhecida como chuva direcionada, pois essa combinação tem um impacto direto na deterioração dessas superfícies.

A presença de chuva combinada com a influência do vento afeta as fachadas de forma distinta. Enquanto uma parte da fachada é atingida diretamente pela chuva impulsionada pelo vento, a face oposta tende a estar relativamente mais protegida. Nesse contexto, a longevidade das fachadas está intrinsecamente ligada a um projeto de fachadas que possua os critérios para proteção contra os elementos ambientais a que estão expostas.

Além da orientação da fachada, deve-se levar em consideração à incidência da chuva carregada pelo vento pluvial dominante, isto é, os lados voltados para os ventos predominantes de uma região específica estarão mais expostos à maior incidência de chuva. Por se tratar de uma cidade situada na costa nordeste do Brasil, Recife acaba sofrendo, também, a ação dos ventos litorâneos, que acabam aumentando as chances de infiltração, especialmente se as juntas de vedação não estiverem adequadamente projetadas e mantidas.

Os ventos litorâneos tendem a ser mais fortes e constantes, resultando em cargas de vento significativas exercidas sobre as fachadas e podem possuir partículas da água do mar que aceleram os processos de corrosão e erosão nos materiais das fachadas. A consideração desses fatores desde o estágio de projeto até a manutenção contínua é essencial para garantir a integridade, a eficiência e a longevidade das construções em áreas costeiras.

A ação da chuva e dos ventos pode ter impactos significativos nas fachadas dos edifícios ao longo do tempo. A escolha de materiais adequados, a aplicação de técnicas de impermeabilização, a manutenção regular e o planejamento de sistemas de drenagem são medidas essenciais para proteger e manter a integridade e a aparência das fachadas diante das condições climáticas. Também é essencial levar em conta as características e o propósito individual de cada material, além de desenvolver soluções que contribuam para assegurar a vedação completa da estrutura como um todo.

2.4.4.3. Influência da umidade nas fachadas

A umidade é tida como uma variável complexa que pode impactar a integridade dos revestimentos e, conseqüentemente, a longevidade e a estética da edificação.

Segundo VERÇOZA (1991), a umidade não se limita a ser uma simples causa de patologias; ela age também como um elemento indispensável para o surgimento de grande parte das manifestações patológicas em edificações. A umidade desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de eflorescências, corrosão, crescimento de fungos, mofos, deterioração de revestimentos, rebocos e até mesmo na origem de incidentes estruturais.

Uma das principais causas para o desenvolvimento dessas manifestações está ligada à falta de impermeabilização. Conforme a NBR 9575 (ABNT, 2010), a impermeabilização consiste em um conjunto de operações e técnicas construtivas, compostos por uma ou mais camadas que possuem a finalidade de proteger as construções contra a atividade da umidade, vapores e deletéria de fluidos.

Além disso, o acúmulo de fungos nas camadas de revestimento, seja ele dos mais variados tipos, geram colônias que se alimentam de materiais orgânicos, tornando-se locais ideais para a sua proliferação, pois são áreas que apresentam ou possuem contato com a umidade (PINTAN, 2013).

Conforme Perez (1988), os principais mecanismos responsáveis pela fixação de umidade, são: absorção de umidade; absorção de água por capilaridade; absorção de água por infiltração; absorção de água por condensação; e umidade acidental.

Na absorção de umidade, VERÇOZA (1991) afirma que a ela é aquela relacionada à execução da construção e é necessária para a obra, mas que desaparece com o tempo (cerca de seis meses). Elas se encontram dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para concretos e argamassas, pinturas etc.

Segundo Klein (1999), a umidade capilar (também conhecida como umidade ascensional) é a umidade que sobe do solo úmido. Esse fenômeno é observado nas partes inferiores das construções, nas fundações, devido às próprias características do solo encharcado e à ausência de barreiras que restrinjam seu avanço. Também ocorre em decorrência de materiais de construção que possuem canais capilares que permitem a entrada de água no interior das estruturas; blocos de concreto, argamassa, madeira e cerâmica são alguns exemplos desses materiais.

A chuva é o agente mais comum para gerar umidade, com fatores importantes que incluem a direção e a velocidade do vento, a intensidade da precipitação, a umidade do ar e elementos relacionados à própria construção (impermeabilização, porosidade de revestimentos, sistemas de drenagem inadequados, entre outros). O simples fato de haver precipitação não necessariamente resulta em problemas relacionados à umidade proveniente dessa causa, é necessário que haja algum precedente para que a água influencie na estrutura, como abordado no item anterior.

A umidade de condensação se apresenta na forma diferente das anteriores, onde a água já está presente no ambiente e fica depositada na superfície da estrutura e não infiltrada. Por fim, a umidade de origem de vazamentos, Verçosa (1991) afirma que é de difícil identificação do local e de correção, uma vez que os vazamentos se apresentam, em sua maioria, encobertos pela construção, sendo danosos para o desempenho esperado da edificação.

Uma abordagem para minimizar os processos de deterioração das fachadas e garantir sua impermeabilização envolve a especificação de revestimentos pouco porosos ou o uso de barreiras contra a penetração de água, como pingadeiras, molduras, cornijas, peitoris e frisos.

2.4.5. CAUSAS VINCULADAS AO USO

Quando se trata das causas vinculadas ao comportamento em uso, fala-se da movimentação da estrutura e como os revestimentos se acomodam a estrutura e da sobrecarga no revestimento.

Da movimentação estrutural, Medeiros e Sabbatini (1999) afirmam que os problemas patológicos, principalmente os descolamentos ocorrem com a maior intensidade nos primeiros e últimos andares das edificações, nas regiões onde o deslocamento estrutural é mais intenso (como os balanços) e nas fachadas que recebem maior insolação (graças aos choques térmicos).

Os movimentos estruturais, como recalques das fundações, também podem ocorrer e se manifestar através de fissuras nos componentes da fachada e nos outros elementos do edifício.

Em outro caso, o excesso de carga no revestimento das fachadas pode acontecer devido à instalação não prevista nos projetos de detalhes como telas metálicas, brises e toldos, após a execução. Além disso, pode ser decorrente do carregamento acima do limite suportado pelo revestimento devido a espessura excessiva do emboço etc.

2.5. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COMUNS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

A manifestação patológica, normalmente, não se atribui a apenas uma única causa e resulta da combinação de vários fatores, podendo ser sucedida da sobreposição dos efeitos que vão se acumulando até que se manifeste visualmente um dano maior. Dentre as principais manifestações patológicas pode se citar o descolamento, deslocamento, fissuras e trincas, manchamento, falhas nas juntas, desagregação e deterioração.

2.5.1. DESCOLAMENTO

O descolamento está entre as patologias mais comuns e corriqueiras em revestimentos cerâmicos, além disso, pode ser abordado como descolamento ou deslocamento a depender de sua ocorrência.

É tratado como descolamento, o revestimento cerâmico que se apresenta visivelmente descolada ou que por meio do ensaio de percussão, popularmente conhecido como “bate fofo”, se verifica o som cavo. Os deslocamentos ou destacamentos, por sua vez, é a consequência do fenômeno anterior e caracterizado pela queda da placa cerâmica. Na Figura 12 é apresentado um exemplo de descolamento.

Figura 12 – Exemplo de descolamento



Fonte: Acervo Tecomat, 2018

Segundo uma pesquisa realizada em 2016 pela Neoway Criactive e coordenada pelo SindusCon-SP com 87 construtoras de todo o país, classificadas como empresas de médio e grande porte, na maioria dos casos (81,4%), o problema surgiu até o segundo ano após a aplicação.

Segundo Rêgo (2012), os descolamentos podem ocorrer de três formas: adesiva, coesiva ou mista. A forma adesiva ocorre na interface do revestimento e do adesivo, ou seja, a camada adesiva permanece aderida ao substrato; na forma coesiva, acontece o desprendimento do sistema do substrato; E na forma mista, acontecem simultaneamente os dois casos citados anteriormente.

Pode-se citar como causas para a patologia em questão: a falta de um projeto adequado, falhas técnicas na mão de obra do assentamento, falhas na fabricação das placas, falha no substrato, falhas nas argamassas de assentamento, falhas nos rejuntamentos, ações externas ao sistema do revestimento etc.

Como problemas decorrentes das falhas de mão de obra podem ser citados:

- **Falha no substrato**

A qualidade da superfície do substrato que será aplicada a cerâmica é fundamental para que haja a adesividade, assim, a mesma deve ser isenta de poeira, plana e resistente. Caso a argamassa colante seja aplicada sobre concreto, é necessário que os desmoldantes que ficam aderidos ao concreto sejam limpos. Além disso, a superfície não pode apresentar alta porosidade pois é necessário que ela tenha uma rápida absorção de água da argamassa.

- **Tempo em aberto**

De acordo com a NBR 1408 entende-se por tempo em aberto, “o maior intervalo de tempo no qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa colante”. O tempo em aberto é definido, pela norma, em condições ideais de laboratório; porém, na prática, tal tempo é reduzido drasticamente uma vez que sofre o efeito do meio ambiente como temperatura, insolação e vento. Assim, uma argamassa que possui o tempo em aberto especificado pelo fabricante de 20 minutos, na prática, em condições críticas, é reduzido para 5 minutos.

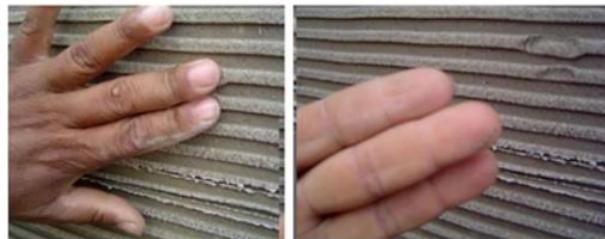
O tempo é medido a partir do término de preparação da argamassa e quando passa o tempo de maturação é formada uma superfície sem pegajosidade denominada “peeling”, assim, após o tempo excedido, não se deve assentar o revestimento cerâmico. Na Figura 13 é apresentado um teste prático para o uso, quando a argamassa não “suja” os dedos do operador, o tempo está “vencido” e a argamassa deve ser removida e aplicar uma nova porção. Além disso, na Figura 14, apresenta-se outra maneira para observar o tempo em

aberto, onde se arranca a cerâmica com a argamassa fresca caso o verso dela saia “limpa”, o tempo em aberto foi ultrapassado.

Figura 13 – Teste prático para verificação da aptidão do uso



Argamassa apta para uso



Argamassa com Tempo em Aberto ultrapassado

Fonte: Remaster – Engenharia e construção, 2020

Figura 14 – Exemplo de tempo em aberto excedido



Fonte: Aecweb, 2021

A literatura apresenta algumas conclusões relevantes a respeito desse tema. Das Chagas (2009) ressalta que o desprendimento em sistemas de revestimento pode ser interpretado como a perda de aderência entre a placa cerâmica e a argamassa de emboço, ou entre a argamassa de emboço e a superfície de base, devido às forças aplicadas

excederem a resistência de aderência entre essas camadas, ou ainda devido a falhas coesivas.

Saraiva (1998) realça diversos fatores que podem ocasionar o desprendimento das cerâmicas, tais como o próprio peso, especialmente em camadas excessivamente espessas; as discrepâncias nas propriedades mecânicas dos materiais presentes nas diferentes camadas; os movimentos da base; e, especialmente, as oscilações térmicas recorrentes nas fachadas que permanecem expostas ao sol durante longos períodos e que são revestidas com cerâmicas de tonalidades escuras, as quais tendem a absorver mais calor em comparação com as cerâmicas de cores claras.

Fiorito (1994) acrescenta, de maneira suplementar, alguns exemplos de distorções induzidas pelas variações de temperatura, sejam elas entre a parte superior e inferior de um piso elevado, entre as faces externas e internas de edifícios ou decorrentes das condições térmicas do ambiente circundante:

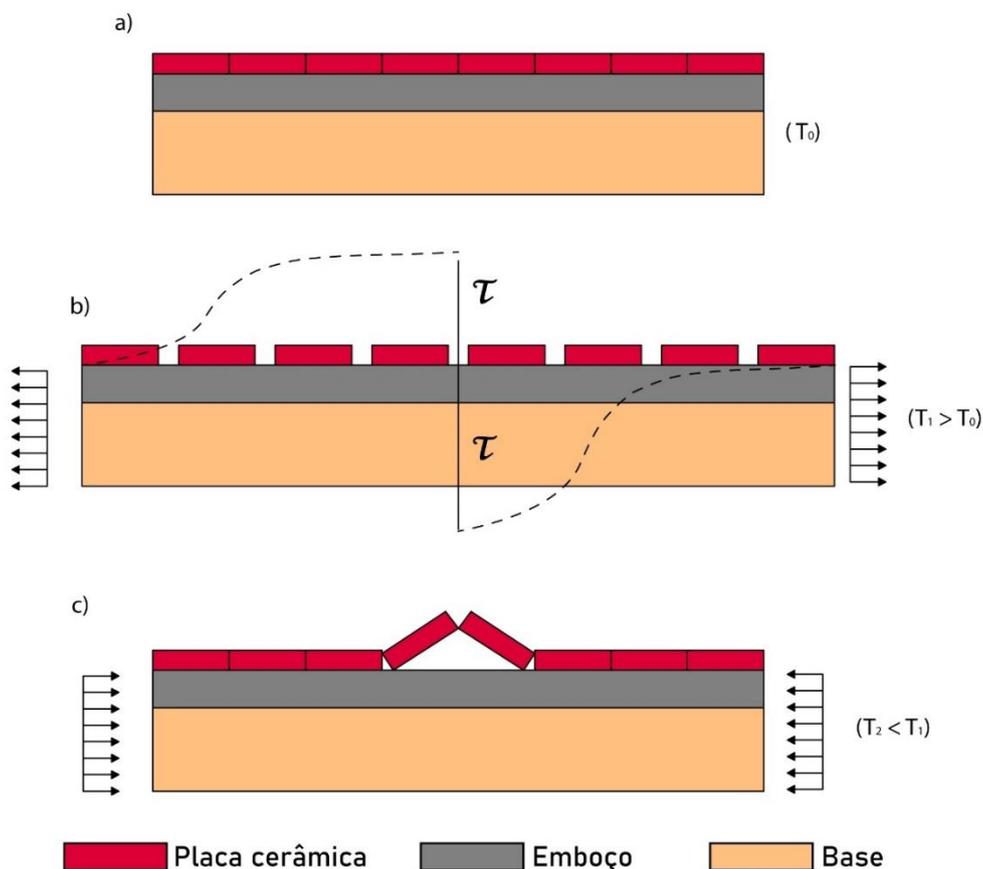
- em fachadas, quando a temperatura externa é inferior à temperatura do ambiente interno (ou seja, em época de frio), ou quando após um longo período de calor a temperatura cai bruscamente interna ou externamente, tem-se compressão no revestimento;
- para os revestimentos cerâmicos, como existe uma diferença entre o coeficiente de dilatação térmica linear entre as peças cerâmicas, a argamassa e o concreto, haverá compressão à medida em que a temperatura cai em todo o conjunto.

Assim, ao considerar o mecanismo de desprendimento nas fachadas devido às variações de temperatura, de acordo com o estudo de Fiorito (1994) (Figura 15), durante a fase de aquecimento, o revestimento tende a se dilatar, resultando no afastamento das placas entre si e, conseqüentemente, na abertura das juntas. Esse processo gera tração entre as diferentes camadas de materiais, originando tensões de cisalhamento entre o tardo das peças cerâmicas e a argamassa colante (Figura 15b). Se a resistência à aderência na interface entre a argamassa adesiva e as cerâmicas for menor do que a força de cisalhamento gerada, as placas da base poderão se descolar da camada de regularização.

Na fase de resfriamento, ocorre a contração da base, e à medida que a interface entre a argamassa adesiva e as cerâmicas perde resistência de aderência devido à restrição de

movimento, é comum observar o descolamento das peças cerâmicas devido à ação de compressão no plano de revestimento (Figura 15c).

Figura 15 - Revestimento sujeito a esforço de tração



Fonte: A autora, 2023 (modificado Fiorito, 1994)

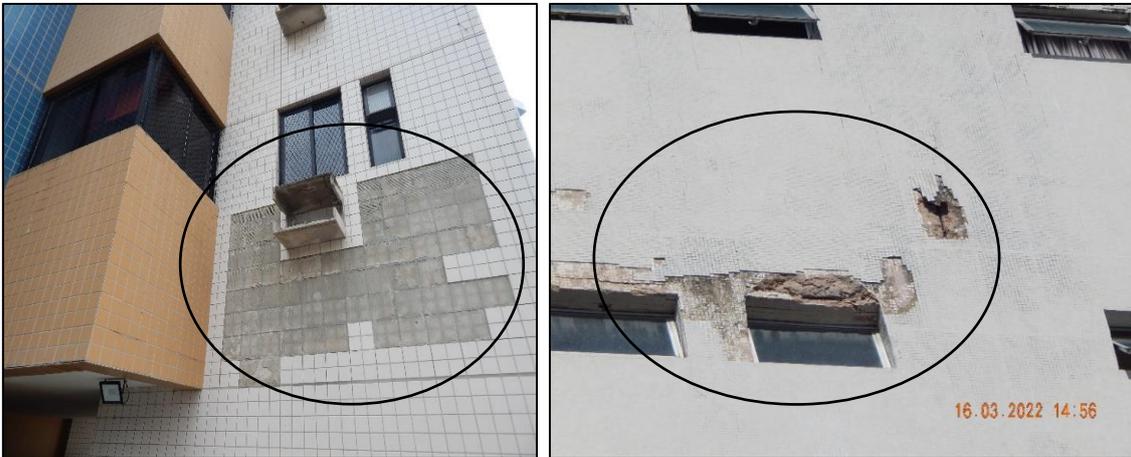
Medeiros e Sabbatini (1999), afirmam que a incidência desses desprendimentos é mais acentuada nos pavimentos superiores e inferiores, nas áreas sujeitas a maiores deslocamentos estruturais e nas fachadas mais expostas à luz solar. Adicionalmente, os autores enfatizam que esses descolamentos merecem uma atenção especial devido aos riscos de acidentes associados à possível queda das placas cerâmicas ou de partes das camadas de revestimento.

Dado que o deslocamento é a principal consequência do descolamento, é crucial dar uma atenção redobrada devido aos riscos de acidentes decorrentes da possível queda de placas ou fragmentos das camadas de revestimento. Isso se faz necessário para evitar que tais elementos se desprendam da estrutura e possam atingir objetos de valor ou, ainda mais crítico, representar um perigo para as pessoas.

2.5.2. DESPLACAMENTO

O deslocamento (Figura 16) ocorre quando existe a queda de placas cerâmicas, levando ou não a argamassa de assentamento, ou até mesmo parte do emboço. É uma consequência do descolamento e ocorre pelas mesmas razões.

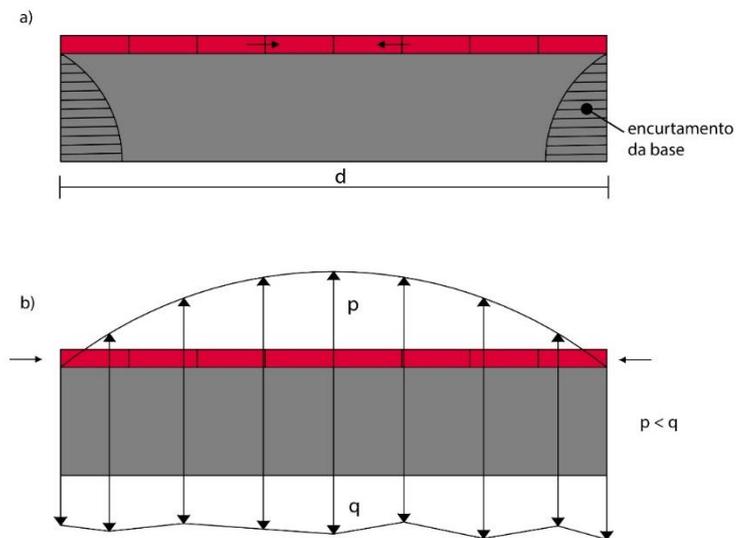
Figura 16 – Deslocamento de peças cerâmicas (esquerda) e de parte do emboço (direita)

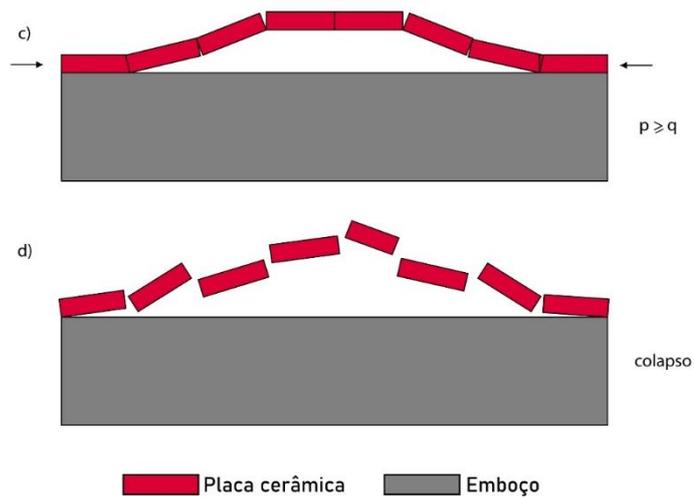


Fonte: Acervo Tecomat

A tensão de compressão no sistema de revestimento cerâmico pode igualmente se originar devido à retração da camada regularizadora (emboço). Isso resulta na tendência das peças cerâmicas de se aproximarem umas das outras, levando à sua flambagem, conforme ilustrado na Figura 2.21.

Figura 17 – Revestimento sujeito a esforço de compressão





Fonte: A autora, 2023 (modificado Fiorito, 1994)

Fiorito (1994) ressalta que as possíveis causas do deslocamento incluem a falta de aderência entre as camadas, a expansão da cerâmica devido à umidade, a retração excessiva da argamassa e, principalmente, o surgimento de tensões cíclicas resultantes do efeito térmico, que podem levar o sistema de revestimento cerâmico à ruptura por fadiga.

Como dito anteriormente, o deslocamento é a manifestação patológica mais avaliada, uma vez que é a que apresenta maior risco. LUZ (2004) afirma que esta manifestação pode ser considerada a mais perigosa, por causar danos à integridade física e material.

Para um diagnóstico conciso, é necessário determinar em qual fase do processo construtivo a patologia foi originada: na interface placa cerâmica-argamassa colante, no interior da argamassa, na interface argamassa colante-substrato, no interior do substrato, na interface substrato-base ou até mesmo no interior da base.

2.5.3. FISSURAS E TRINCAS

As fissuras e trincas são manifestações patológicas que resultam do alívio de tensões entre as partes de um elemento ou entre dois elementos que estejam em contato. As fissuras são aberturas mais estreitas e superficiais, na maioria das vezes causadas por variações de temperatura ou retração do material. As trincas são tidas como expressão coloquial e são fissuras mais largas e profundas. Podem ser causadas por tensões mais intensas, como carregamentos excessivos, recalques da fundação, erros de projeto ou de construção.

Segundo NBR 15575, as fissuras são seccionamentos na superfície ou em toda a seção transversal de um componente, com abertura capilar, provocado por tensões

normais ou tangenciais, podem ser ativas ou passivas e apresentam aberturas inferiores ou iguais a 0,6 mm enquanto as trincas são fissuras que apresentam aberturas iguais ou superiores a 0,6 mm.

Para Sabbatini e Barros (2001), a fissura é definida como uma abertura linear que se forma na superfície de um componente devido à ruptura parcial de sua massa, sendo caracterizada por ter uma abertura inferior a 1 mm. Por outro lado, a trinca é descrita como uma ruptura que ocorre no interior da peça, geralmente devido a esforços, resultando na separação de suas partes e manifestando-se por meio de linhas estreitas, que, em geral, têm dimensões superiores a 1 mm.

Embora haja semelhanças nos conceitos, divergências surgem entre as normas e os autores quando se trata de estabelecer os parâmetros para a definição das aberturas em trincas e fissuras. Divergências a parte, é essencial prestar uma atenção especial ao aparecimento de trincas e fissuras, pois, na maioria dos casos, os ocupantes das edificações sentem insegurança devido à deterioração da aparência visual, do conforto e da salubridade.

As aberturas (Figura 18) estabelecem trajetos favoráveis à entrada de agentes nocivos externos, principalmente a água, o que, por sua vez, propicia o surgimento de novas patologias, tais como eflorescências, manchas de umidade, crescimento de fungos ou mofo, corrosão das armaduras e desprendimento de placas cerâmicas.

Figura 18 – Detalhes de fissuração no revestimento



Fonte: Acervo Tecomat

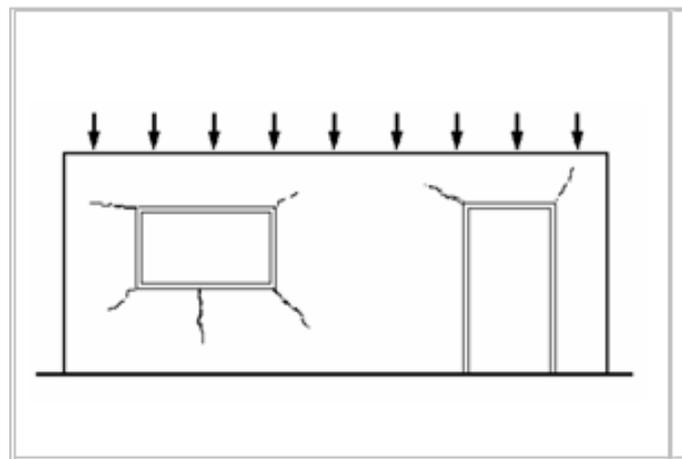
A ocorrência das fissuras varia de acordo com a sua distribuição e localização: na envoltória de aberturas, por movimentações térmicas, movimentação higroscópica, retração e recalques de fundações.

- Na envoltória das aberturas

Elementos como portas e janelas, quando instalados sem o devido reforço, como vergas e contravergas, ou mesmo quando sua utilização não é eficiente, têm a tendência de causar fissuras que se originam a partir dos pontos onde a concentração de tensões é maior. Portanto, a incorporação desse reforço é recomendada como uma maneira de reduzir as tensões nos cantos das aberturas e evitar o surgimento de fissuras. Segundo Caprino (2018), as manifestações patológicas podem ser resultado da presença de vergas e contravergas inadequadas ou da sua ausência, bem como do excesso de carga aplicada em alvenaria não estrutural, excedendo sua capacidade de suporte.

Apresenta predominantemente uma configuração na diagonal, como apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Fissuras nas envoltórias de aberturas



Fonte: Caporrino, 2018

- Por movimentações térmicas

As trincas de origem térmica podem se manifestar devido a variações na expansão e contração entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre diferentes áreas de um mesmo material.

Caporrino (2018) traz que o coeficiente de dilatação térmica, a absorvência e a porosidade são exemplos de propriedades que afetam as variações distintas nos componentes de uma edificação. Tais variações podem levar ao descolamento dos elementos de alvenaria em relação à estrutura, especialmente quando os detalhes construtivos nas conexões entre a alvenaria e a estrutura não são devidamente executados.

- **Movimentação higroscópica**

As variações de umidade causam alterações nas dimensões dos materiais, portanto, aumentos na umidade tendem a expandir o elemento enquanto a diminuição da umidade leva a contração. Uma vez que o revestimento está ligado à estrutura, essas variações dimensionais são limitadas e acabam resultando em fissuras.

A umidade pode se manifestar no revestimento de várias maneiras. Entre elas, pode-se mencionar aquela proveniente do próprio revestimento. Sabe-se que durante a fabricação desses componentes, uma grande quantidade de água é usada para que as reações ocorram. No entanto, se houver um excesso de água livre durante o processo de evaporação, isso resultará na contração do material e conseqüentemente na criação de fissuras. As fissuras também podem se apresentar durante a fase de execução da obra.

É válido ressaltar que a umidade também está presente no ar, onde os materiais podem absorver grandes quantidades de água por meio do contato externo e no solo, através da ascensão por capilaridade pela base da construção. Esta última é responsável por grande parte das fissuras nos pisos e rodapés.

- **Retração**

O processo de retração é intrínseco aos materiais a base de cimento e dependem do consumo de aglomerante, excesso de finos e teor de água de amassamento. Segundo Thomaz (1989) quando a argamassa endurece, há uma redução em seu volume, seja devido à evaporação da água excedente utilizada na preparação da argamassa ou ao processo de hidratação. Mesmo após a secagem do elemento, podem ocorrer variações nas dimensões devido a fatores como variações de temperatura e umidade.

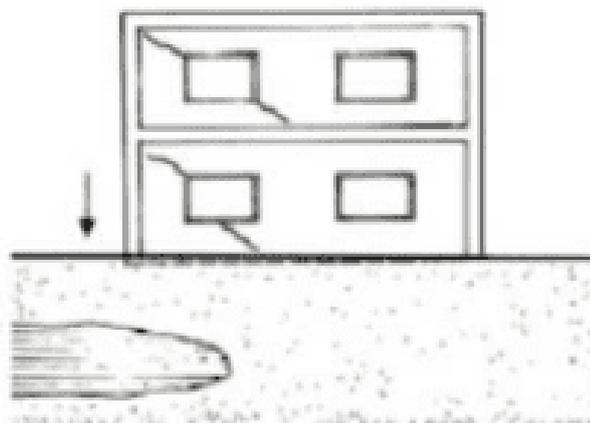
- **Recalque de fundações**

O recalque de fundações está associado as propriedades do solo: capacidade de carga e deformabilidade. O tipo e estado do solo, a disposição do lençol freático, a influência das edificações vizinhas, o tipo de fundação são fatores relevantes para a sua definição.

Segundo Thomaz (1989), dentre as várias causas dos recalques em fundações pode-se destacar: as fundações assentadas sobre seções de corte e aterro, contração do solo, diferentes sistemas de fundações associados e falta de homogeneidade do solo.

Normalmente, as fissuras se apresentam de forma inclinada e muitas vezes são confundidas com a acomodação e deflexão dos componentes estruturais, como ilustra a Figura 20.

Figura 20 – Recalque diferencial sobre solo não homogêneo



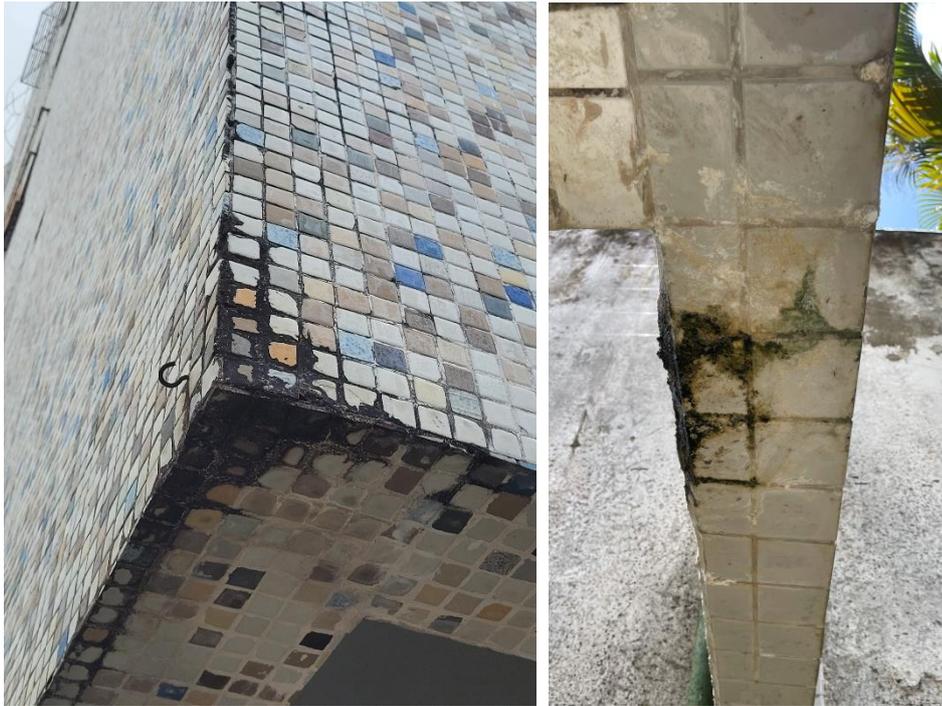
Fonte: Thomaz, 1989

2.5.4. MANCHAMENTO

Infiltrações, manchas, bolores, mofos e eflorescências estão entre as manifestações patológicas mais comuns. Geralmente, afetam tanto a estética quanto a integridade da estrutura envolvida.

Uma infiltração ocorre quando água ou umidade penetram indesejavelmente em um espaço, estrutura ou superfície onde não deveriam estar. Quando essa água ultrapassa uma barreira, geralmente deixa uma mancha visível. Quando há um ambiente propício para o crescimento de fungos, podem surgir os bolores, que consistem no desenvolvimento de microrganismos que causam alterações estéticas, resultando em manchas escuras, geralmente de cor preta, marrom ou verde. Quando há acúmulo de sais nas superfícies devido à umidade que se desloca do interior, formam-se as eflorescências. Esses cristais de sais podem causar trincas e até quedas de parede. As eflorescências são caracterizadas por sua aparência, que se manifesta como manchas claras, esbranquiçadas ou amarelas.

Figura 21 – Bolor em fachada



Fonte: A autora, 2023

Figura 22 – Infiltração e manchas devido à umidade



Fonte: A autora, 2023

Figura 23 – Eflorescência



Fonte: A autora, 2023

2.5.5. FALHAS NAS JUNTAS

A deterioração das juntas de assentamento pode acontecer por diversas razões, incluindo impactos nas áreas de encontro, especialmente com as esquadrias; exposição às condições climáticas, como a ação do sol e da água (SARAIVA, 1998); desgaste do rejunte devido a ciclos de umidade e temperatura; envelhecimento, que se manifesta nas resinas orgânicas pela mudança de cor; especificação incorreta e/ou uso inadequado do rejunte, que pode resultar em alta porosidade superficial e baixa resistência mecânica; infiltração de substâncias potencialmente danosas e água. Todos esses fatores podem levar à formação de fissuras e, eventualmente, à queda do rejunte da fachada.

Com a formação de espaços entre as placas cerâmicas (conforme ilustrado na Figura 24), são criados caminhos para a entrada de água, o que compromete o desempenho do rejunte. Além de aliviar tensões, o rejunte também desempenha um papel importante na impermeabilização do revestimento.

Figura 24 – Falha no selante e nas juntas da fachada



Fonte: Acervo Tecomat, 2019

No que diz respeito às juntas de movimentação e de dessolidarização, de acordo com Fontenelle e Moura (2004), sua deterioração pode ser identificada pela perda de estanqueidade da junta e pelo envelhecimento do material de preenchimento. Mesmo afetando diretamente as argamassas de preenchimento, essa deterioração compromete o desempenho geral dos revestimentos cerâmicos.

É válido trazer destaque que a perda de estanqueidade pode começar imediatamente após a instalação das juntas e agravar-se com o tempo, principalmente devido a procedimentos inadequados de limpeza, como o uso de ácidos e bases concentrados, além da exposição a agentes atmosféricos corrosivos e solicitações mecânicas causadas por movimentações estruturais.

2.5.6. GRETAMENTO

Gretamento é a abertura na superfície esmaltada da placa cerâmica similar a um fio de cabelo, onde normalmente apresenta formato circular, espiral ou em forma de teias de aranha.

A manifestação pode ocorrer durante a fabricação da placa ou após o uso dela, decorrente da diferença de dilatação entre a massa que constitui o tardo da cerâmica e o esmalte.

Bauer (1996) afirma que durante o processo de fabricação da placa cerâmica a massa fica em tensão de compressão em geral nas camadas mais superficiais, visando aumentar a sua resistência mecânica. Conforme o tempo se passa, a tensão de compressão residual vai sendo liberada com o decorrer do tempo e caso ocorra alguma tração na parte vítrea, ele ficará gretado (Figura 25).

Figura 25 – Gretamento em placas cerâmicas



Fonte: A autora, 2023

2.6. MAPAS MENTAIS

2.6.1. CONCEITO DOS MAPAS MENTAIS

O córtex cerebral é dividido em duas partes: os hemisférios direito e esquerdo e desde que o ser humano nasce, os hemisférios começam a se especializar e a dividir as tarefas entre si. Roger Sperry, David Hubel e Torsten Wiesel em 1981 receberam o Prêmio Nobel da Fisiologia e da Medicina pelo estudo das funções cerebrais e a nomeação da especialização funcional dos hemisférios cerebrais. Em resumo, eles descobriram que os dois lados do cérebro mesmo ligados por uma rede de nervos complexos lidam, predominantemente, com diferentes tipos de atividades mentais.

O lado esquerdo do cérebro lida com as atividades acadêmicas: palavras, números, ordem, lógica, sequência, listas e linearidade. Enquanto o lado esquerdo lida com cores, imaginação, espaço, dimensões e devaneios. Assim, ao criar um mapa mental, o cérebro faz uso dos dois hemisférios cerebrais.

Os mapas mentais foram desenvolvidos por Tony Buzan, psicólogo, escritor e consultor em educação e visa auxiliar a memorização. Buzan observou que alguns de seus alunos possuíam dificuldade em memorizar as lições enquanto outros apresentavam um bom desempenho, partindo dessa observação, ele constatou que os últimos utilizavam desenhos, ilustrações, setas além de marcarem os textos com canetas coloridas.

O mapa mental é um processo de estímulo a criatividade, planejamento, sumarização e memorização, relacionando um conjunto de ideias que geram novas ideias, gerando assim um ciclo virtuoso.

Buzan, traz a ideia de que o mapa mental é o instrumento didático da década de 90, uma vez que os mapas mentais tiveram ampla repercussão no mundo empresarial para o treinamento dos colaboradores. Com isso, a origem dos mapas está presente:

- a) nos estudos sobre a memória, principalmente na associação do cérebro e dos fatores essenciais para a lembrança;
- b) na busca de uma técnica de memorização que evolui e reforça a técnica do pensamento;
- c) no pensamento criativo ou no incentivo ao brainstorming;
- d) no incentivo da capacidade do cérebro de estabelecer relações entre imagens e palavras.

2.6.2. ELABORAÇÃO DOS MAPAS

“Em geral, os mapas mentais são diagramas de uso pessoal, já que contêm símbolos e informações dispostos na ordem e hierarquia que o usuário faz deles.” (HERMANN; BOVO, 2005). Segundo BELLUZO, 2007 “o mapa mental é uma técnica que possibilita registrar o pensamento de uma maneira mais criativa, flexível e não linear.” Ou seja, é o incentivo da mente para o direcionamento das ideias para um determinado processo.

Buzan (2005) criou 7 leis para os mapas mentais sejam elaborados:

- Iniciar no centro da página, em sentido paisagem;
- Usar uma imagem para a ideia central;
- Usar muitas cores;
- Conectar os galhos principais à imagem central (subtópico ao tópico central) e os galhos secundários aos galhos principais;
- Fazer os galhos fluírem organicamente e em curvas;
- Usar apenas uma palavra-chave por linha;
- Usar muitas imagens para ilustrar.

Na sua pesquisa, Buzan também identifica e apresenta várias vantagens para a utilização do mapa mental, trazendo destaque à redução no tempo de anotação, redução no tempo de leitura, redução no tempo que se leva para identificar as palavras-chave de um texto e um maior poder de correlação entre as informações. Através disso, ele busca garantir uma menor perda de conteúdo e mais rápida identificação e absorção da informação.

Por fim, ele define a construção do mapa mental através de cinco passos, são eles:

- a) Criar uma ideia central: Neste item, o objetivo é trazer o foco para um ponto central que contenha a ideia principal, assim, quando se observa o mapa, o entendimento prévio da ideia do mapa é criado na nossa mente.
- b) Adicionar ramos ao mapa: Posteriormente, são criados os ramos que possuem as palavras-chaves dos temas ligados diretamente à ideia central, além disso, o criador pode ficar livre para explorar o tema e criar “ramos filhos”.
- c) Adicionar palavras-chaves: Após a criação dos ramos, deve-se adicionar a palavra-chave. Esta por sua vez irá indicar o fluxo de informações que a

ramificação irá seguir, é aconselhado o uso de uma palavra por ramo para que as informações estejam segmentadas e permita a você absorver uma maior quantidade de informações.

- d) Adicionar cores aos ramos: Trabalhando o cérebro para obter informações de maneira mais rápida, as cores são adicionadas para que haja uma captura de informações visuais ligadas e o cérebro crie atalhos mentais. Assim, existe uma conexão para o usuário entre as cores e a informação.
- e) Incluir imagens: As imagens conseguem carregar mais informações do que apenas uma palavra, elas são processadas imediatamente pelo cérebro e assim como as cores, trazem estímulos visuais que ajudam na recordação das informações.

A Figura 26 apresenta um exemplo de como se deve criar um mapa mental.

Figura 26 - Como criar um mapa mental



Fonte: Mapa mental, 2015

Vale ressaltar a importância da estrutura que será construída que deve respeitar a hierarquia dos conceitos, onde os conceitos mais gerais (categorias) devem estar próximos do centro e conforme as ideias vão ficando especificadas devem ser detalhadas nas bordas. Ou seja, conforme existe o afastamento radial do centro do mapa (onde fica o título) em direção às extremidades, o nível do detalhamento vai aumentando e conforme existe o distanciamento do centro para a periferia vai aumentando o grau das ideias.

Conforme as palavras-chave vão surgindo, novas relações e questionamentos irão aparecer e emergindo assuntos relacionados que possibilitam cada vez mais novas associações. Ou seja, são feitas perguntas como: O que? Como? Por quê? Para que? Onde? Quando? Quem? gerando novos questionamentos e novas linhas de pensamento, conforme a Figura 27.

Figura 27 – Representação de um mapa mental



Fonte: Okada Aok Cartografia cognitiva, 2004

2.6.3. USO DE SOFTWARES PARA A ELABORAÇÃO

Primeiramente, é necessário reforçar que os mapas podem ser realizados com canetas coloridas e um bloco de papel, ou podem ser utilizados softwares adequados. Apesar da evolução da tecnologia, e da forte utilização dos softwares existe ainda uma reserva por parte dos especialistas. Aldo Novak, autor de *A Única Diferença*, enfatiza que os mapas para aprender devem ser feitos sempre à mão enquanto os mapas para ensinar devem ser feitos através de programas especiais.

Vale ressaltar que existem limitações diante da elaboração dos mapas independente do modo com que se elabora. Ou seja, como as ideias, relações e hierarquias vão se construindo conforme o mapa vai sendo elaborado e possivelmente existirá um retrabalho, até que se alcance o grau ideal das informações passadas. Sendo assim uma das maiores vantagens do uso dos softwares para a elaboração dos mapas, a possibilidade de alterar e simular quantas vezes forem necessárias. Um exemplo de software para a elaboração dos mapas pode ser encontrado na Figura 28.

Figura 28 – Mapa mental elaborado em software



Fonte: Mapamental.org, 2021

Alguns softwares podem ser baixados ou usados online, como: Freemind, Iris - Mapas Mentais, Mindly, Mind Meister e alguns precisam ser utilizados online, como: Canva, Mind Maps, Coggle, Miro etc.

2.6.4. OS MAPAS COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM

Como afirmado anteriormente, os Mapas Mentais servem para armazenar, organizar e priorizar as informações. Lima e Douglas (2018) afirmam que os mapas mentais são técnicas de alto poder de fixação e retenção de conteúdos e ideias, onde elas são absorvidas rapidamente e segundo os autores, a técnica proporciona agilidade na lembrança dos conteúdos mapeados visando favorecer a realização de exercícios.

Garcia (2018) afirma que a liberdade dada para a criatividade na criação dos mapas mentais na exposição dos conceitos é um dos principais fatores que facilitam a aprendizagem. Visando elucidar e resumir as informações expostas anteriormente, foi elaborado o Quadro 2, que traz um apanhado das informações expostas sobre o assunto.

Quadro 2 - Quadro resumo sobre mapas mentais

MAPAS MENTAIS	
Conceito	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Método para adquirir conhecimento, reter informações, estruturá-las e determinar sua importância relativa;</i> • <i>Consiste em uma ferramenta para registrar e transmitir informações, revisar conteúdo, estimular a criatividade, resolver problemas, gerenciar o tempo, apoiar processos educacionais, evocar memórias específicas, e fomentar novas reflexões e ideias;</i> • <i>Estratégia desenvolvida para promover um funcionamento mais rápido e eficiente do cérebro, inspirada na estrutura neuronal humana</i>
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Possui ramificações que irradiam do centro de uma folha, que precisa estar em layout de paisagem;</i> • <i>Precisa ser colorido e aconselha-se no mínimo três cores;</i> • <i>É necessário a presença de uma imagem-chave central e tantas imagens quanto sejam possíveis;</i> • <i>Cada ramificação deve conter sua palavra-chave;</i> • <i>As ramificações e suas palavras-chave em diferentes níveis devem seguir uma lógica de espessura, onde à medida que se afastam do centro, tornam-se menos espessas e mais específicas.</i>

MAPAS MENTAIS	
Elementos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Papel, canetas ou softwares;</i> • <i>Palavras-chave escritas em letras maiúsculas;</i> • <i>Ramificações com diferentes espessuras de acordo com os níveis;</i> • <i>Imagens coloridas;</i> • <i>Hierarquização da importância através de códigos numéricos ou símbolos;</i> • <i>Associação com setas ou cores.</i>
Utilização	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Revisar e ampliar o conhecimento;</i> • <i>Fazer conexões entre os conceitos e compartilhar as ideias;</i> • <i>Ensino de pessoas com dificuldades de aprendizado;</i> • <i>Auxiliar a leitura, revisão e estudo dos conteúdos;</i> • <i>Identificar as palavras-chave e auxiliar na clareza dos objetivos, metas e na tomada de decisões;</i> • <i>Anotações e apresentações, desenvolver ideias, gerenciar o tempo e administrar os diversos tipos de projetos.</i>
Características	<ul style="list-style-type: none"> • <i>A aprendizagem se dá por processo associacionista, ou seja, por meio da associação de ideias.</i> • <i>A organização hierárquica deve ser indicada com o uso de códigos numéricos, símbolos e cores;</i> • <i>É permissível o uso da imaginação</i>

MAPAS MENTAIS

Vantagens	<ul style="list-style-type: none">• <i>Traz uma visão ampla acerca do tema;</i>• <i>Permite ou amplia a criatividade sobre novas ideias e na resolução de problemas;</i>• <i>É um método eficaz para identificar a ideia central;</i>• <i>Incentiva a associação de ideias e sentidos;</i>• <i>Permite a aplicação do conceito do pensamento radiante, onde o cérebro cria raciocínios e ideias para facilitar o aprendizado;</i>• <i>Busca quebrar a monotonia do trabalho/estudo que fica mais agradável com o uso das cores que incentivam as zonas cerebrais específicas;</i>• <i>Facilita a identificação das relações e dos vínculos das informações;</i>• <i>A revisão das informações se torna mais rápida e conseqüentemente as lembranças mais eficientes e exatas.</i>
Limitações	<ul style="list-style-type: none">• <i>É necessário que seja atrativo com representação positiva dos eventos e conseqüências;</i>• <i>A estrutura precisa ser clara, para que os resultados proporcionados pelos mapas sejam mantidos;</i>• <i>Dificuldade em resumir em uma única palavra</i>• <i>Poluição visual</i>

MAPAS MENTAIS

Demais informações

- *Desenvolvido para incorporar as cinco principais funções do nosso cérebro: recepção (através dos sentidos), armazenamento (retenção e preservação de informações), análise (uso de padrões para organizar informações de forma significativa), controle (gerenciamento de informações com base na saúde, comportamento e ambiente) e expressão (transmissão das informações recebidas através do pensamento, fala, desenhos e movimentos)*

Fonte: A autora, 2023

3. METODOLOGIA

Com o objetivo de estruturar a abordagem das ocorrências patológicas que afetam os sistemas de revestimento de fachadas, este trabalho de dissertação analisa casos de dois edifícios localizados na cidade de Recife, Pernambuco.

Apresenta-se uma abordagem prática e objetiva para analisar danos em sistemas de revestimento de fachadas. Destaca-se a importância de inspeções rotineiras, investigam-se os mecanismos que causam problemas em diferentes regiões da fachada e avalia-se a frequência desses problemas. Por fim, com base nas informações coletadas, é desenvolvido um mapa mental para facilitar a identificação e o diagnóstico.

Os estudos de caso são amplamente utilizados na pesquisa acadêmica em várias áreas do conhecimento, permitindo uma investigação aprofundada de casos específicos. Uma das principais vantagens dos estudos de caso é a profundidade da análise proporcionada. Focando em um caso específico, é possível mergulhar profundamente em todos os elementos relevantes, considerando o contexto histórico, relações interpessoais e fatores ambientais. Essa abordagem é especialmente útil para investigar relações de causa e efeito em profundidade, compreender trajetórias de desenvolvimento e analisar processos de mudança ao longo do tempo.

A metodologia utilizada no estudo é resultante da avaliação teórica das fachadas e diagnóstico de patologias através da Metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico das patologias identificadas LEM-UnB, sendo adaptada ao estudo dividindo-se em três etapas: coleta de dados, tratamento de dados e diagnóstico. Por fim, foi proposto um mapa mental a partir dos estudos de Buzan (2005) e um Guia Técnico adaptado de Antunes (2010) para identificação das patologias.

A metodologia foi escolhida devido sua versatilidade, uma vez que permite sua aplicação em diversos tipos de edifícios, independentemente de sua altura, projeto arquitetônico ou idade. Além disso, viabiliza a realização de comparações entre essas diferentes construções.

No presente estudo, optou-se por edifícios que compartilham do mesmo sistema construtivo, sendo eles de estrutura de concreto armado e paredes de alvenaria em blocos cerâmicos. Essas construções possuem diferentes idades, porém todas inferiores a 40 anos. Nas fachadas desses edifícios, são empregados revestimentos cerâmicos.

3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS

Na primeira fase, são realizadas visitas para levantamento de informações quanto ao histórico da edificação, idade, quantidade de pavimentos, orientação cardinal das fachadas, possíveis documentos projetuais, intervenções anteriores e manutenção, caso existam.

Neste momento deve ser realizada a inspeção visual e identificação de manifestações patológicas dos edifícios com auxílio de algum documento técnico, para este trabalho foi utilizado o Guia Técnico proposto pela autora, as manifestações patológicas foram registradas por meio de registros fotográficos para melhor representação.

Durante a inspeção é realizada a quantificação das manifestações patológicas através de fichas de identificação (Figura 29). Tal quantificação foi registrada pela autora, durante a visita, levando em consideração a orientação cardinal e sua localização. A análise foi feita por pavimento e as manifestações foram consideradas em cada região, a partir da verificação da possível origem da mesma e por fim, contabilizava-se os registros.

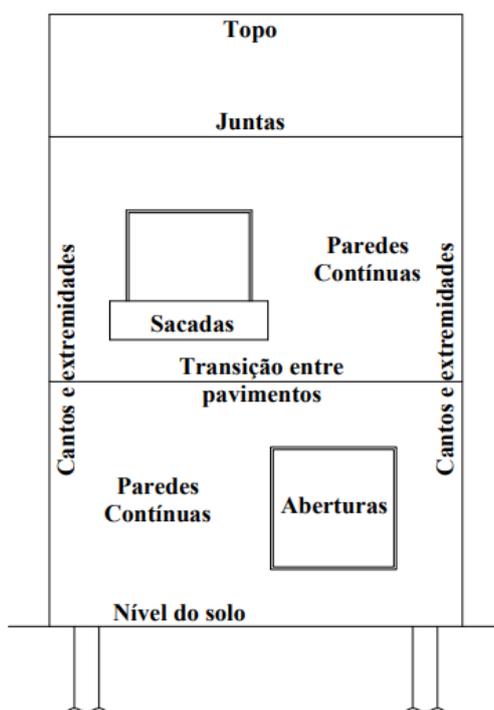
Figura 29 – Ficha de identificação de manifestações patológicas por prumada

FICHA DE QUANTIFICAÇÃO						
Edifício						
Prumada:				Orientação da fachada:		
Localização		Manifestações Patológicas				
Andar	Região	Desc. Cerâmico	Desplac. Cerâmico	Falha de rejunte	Fissuração	Eflorescência
1º	Nível do solo					
	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
2º	Nível do solo					
	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
3º	Nível do solo					
	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					
4º	Nível do solo					
	Paredes contínuas					
	Aberturas					
	Sacadas					
	Cantos e extremidades					
	Juntas					
	Transição entre pavimentos					

Fonte: Antunes, 2010

Por fim, a partir do quantitativo, realiza-se o mapeamento das manifestações patológicas por fachada do edifício. Para este trabalho, utilizou-se da ferramenta desenvolvida por Gaspar e Brito (2005), onde se divide a fachada em diferentes regiões (Figura 30): próximo ao nível do solo, paredes contínuas, aberturas, transição entre pavimentos, sacadas, cantos e extremidades.

Figura 30 – Representação esquemática das regiões de análise de uma fachada



Fonte: Antunes, 2010 (modificado Gaspar e Brito, 2005)

A inspeção dos edifícios foi realizada exclusivamente pela pesquisadora responsável por este estudo, com foco estritamente na observação visual. Todos os demais procedimentos da pesquisa, incluindo o tratamento dos dados, foram executados pela autora para os dois edifícios em análise.

3.2. TRATAMENTO DE DADOS

Nesta etapa, são utilizadas as informações contidas nas fichas para calcular as ocorrências de cada tipo de manifestação patológica encontrada nas prumadas das fachadas de cada edifício e representam-se essas ocorrências por meio de gráficos de setores. Além disso, são elaborados mapas de incidência dos danos em cima da representação esquemática das fachadas.

3.3. DIAGNÓSTICO

Nesta etapa final da metodologia, é elaborada uma matriz que relaciona as causas com as manifestações patológicas e são levantadas as regiões onde há maior probabilidade de ocorrência e diagnóstico. A matriz de correlação utilizada neste estudo

é inspirada na abordagem de Silvestre e Brito (2008), mas leva em consideração apenas os dados específicos dos estudos de caso realizados. Essa matriz estabelece conexões entre as manifestações patológicas que afetam o sistema de revestimento das fachadas e suas causas mais prováveis. O diagnóstico visa identificar a origem dos problemas, com base na análise das manifestações patológicas ao longo da fachada e nos mecanismos que levaram a essas ocorrências.

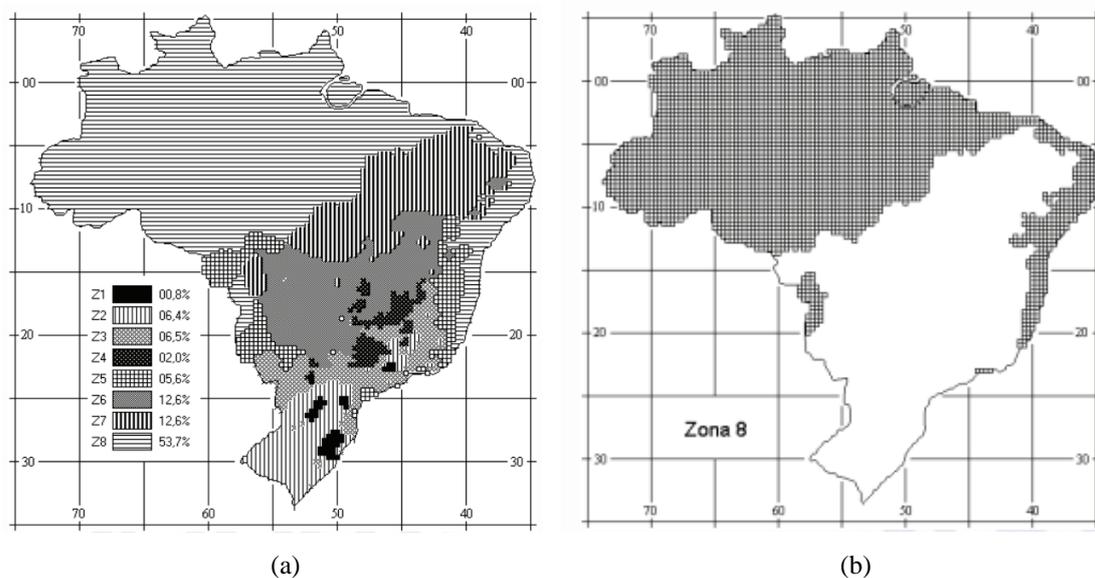
3.4. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

3.4.1. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA REGIÃO

A localização da edificação desempenha um papel crucial em sua durabilidade e necessidade de manutenção, pois está sujeita às condições ambientais específicas da região. Dependendo de onde está situada, é necessário considerar o projeto, os materiais e o processo construtivo. Por exemplo, edifícios próximos à orla podem sofrer uma deterioração mais rápida em comparação com aqueles localizados no centro.

A cidade do Recife está localizada na Zona 8 (Figura 31) do zoneamento bioclimático do território brasileiro segundo a ABNT NBR 15220-3:2005, que inclui áreas com climas semelhantes. A Z8 abriga 53,7% das terras do país e a partir desse zoneamento, é possível definir as características construtivas distintas e o agrupamento de climas com características similares.

Figura 31 - (a) Mapa de zoneamento bioclimático brasileiro e (b) Mapa com destaque à zona 8 onde se enquadra a cidade do Recife – PE



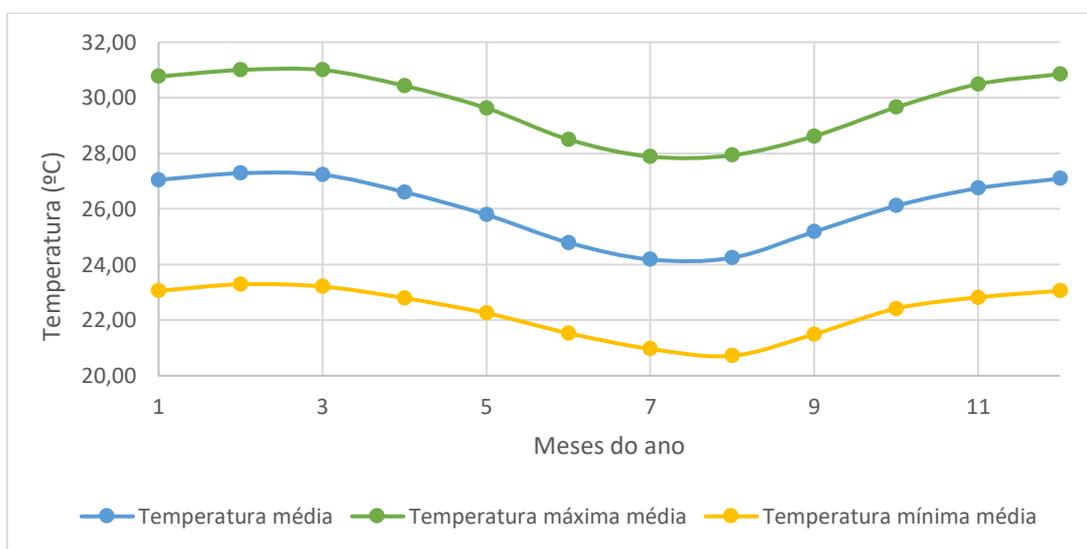
Fonte: ABNT, NBR 15220-3:2005

A cidade do Recife está localizada na região Nordeste do Brasil, possui um clima tropical caracterizado por altas temperaturas e chuvas constantes ao longo do ano, tornando difícil a identificação das quatro estações durante o ano.

Segundo levantamento do INMET, as médias de temperatura máxima variam de 28°C a 31°C, e as médias de temperatura mínima variam de 20°C a 23°C. Normalmente, os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, enquanto os meses mais frescos são os de julho e agosto. Por ser localizada na costa, a cidade recebe a influência das brisas oceânicas que ajudam a moderar as temperaturas.

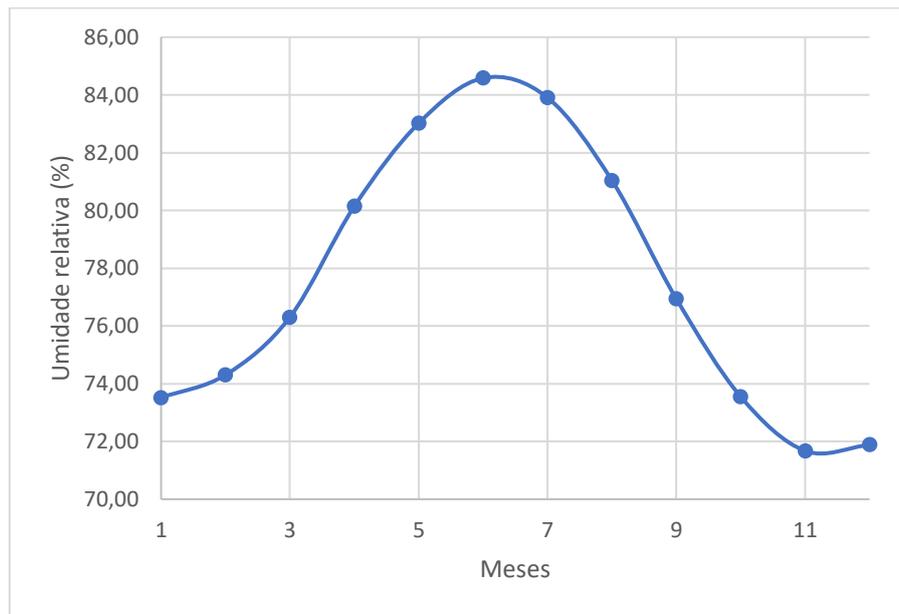
Quanto à umidade possui altos níveis de umidade, em torno de 77%, alcançando suas médias mais baixas nos meses de setembro a dezembro. Nos gráficos abaixo, são apresentados os dados das médias de temperatura, umidade e insolação (Figura 32, Figura 33 e Figura 34 respectivamente), obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020).

Figura 32 - Temperaturas médias do ar para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a dezembro/2020



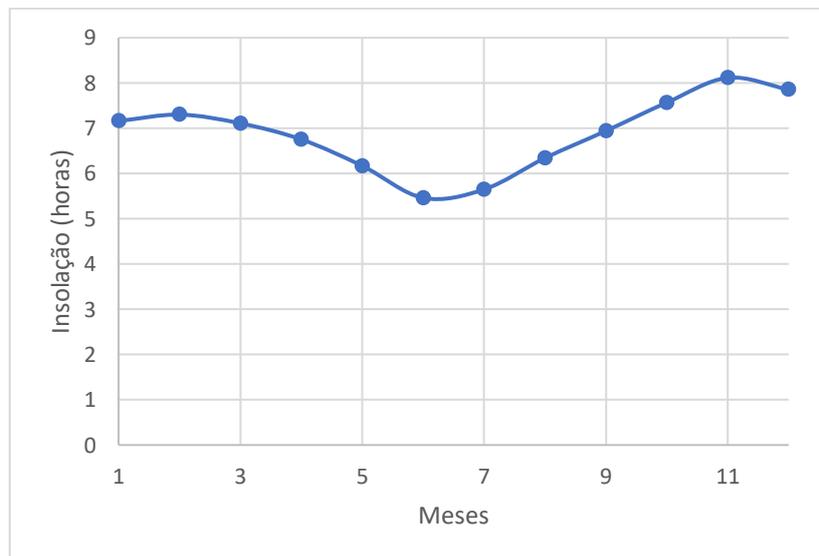
Fonte: INMET, 2020

Figura 33 - Umidade relativa do ar média para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a julho/2020



Fonte: INMET, 2020

Figura 34 - Insolação média para a estação Recife (curado) (82900), janeiro/1992 a julho/2020



Fonte: INMET, 2020

As edificações utilizadas no estudo foram escolhidas de forma que pudesse refletir a influência da sua localização, assim, o edifício A está localizado na Zona Sul da cidade próximo à costa marítima e ao mangue (Figura 35). Já o edifício B está localizado na Zona Norte da cidade, prioritariamente residencial (Figura 36).

Figura 35 - Imagem de satélite da localização do Edifício A



Fonte: Google Earth, 2023

Figura 36 - Imagem de satélite da localização do Edifício B



Fonte: Google Earth, 2023

As edificações foram analisadas uma por uma onde foi possível elencar as manifestações patológicas pela metodologia utilizada neste estudo. Além disso, as edificações possuem o mesmo tipo de sistema construtivo e estrutura de concreto armado e fechamento em estruturas de vedação em blocos cerâmicos de idades semelhantes.

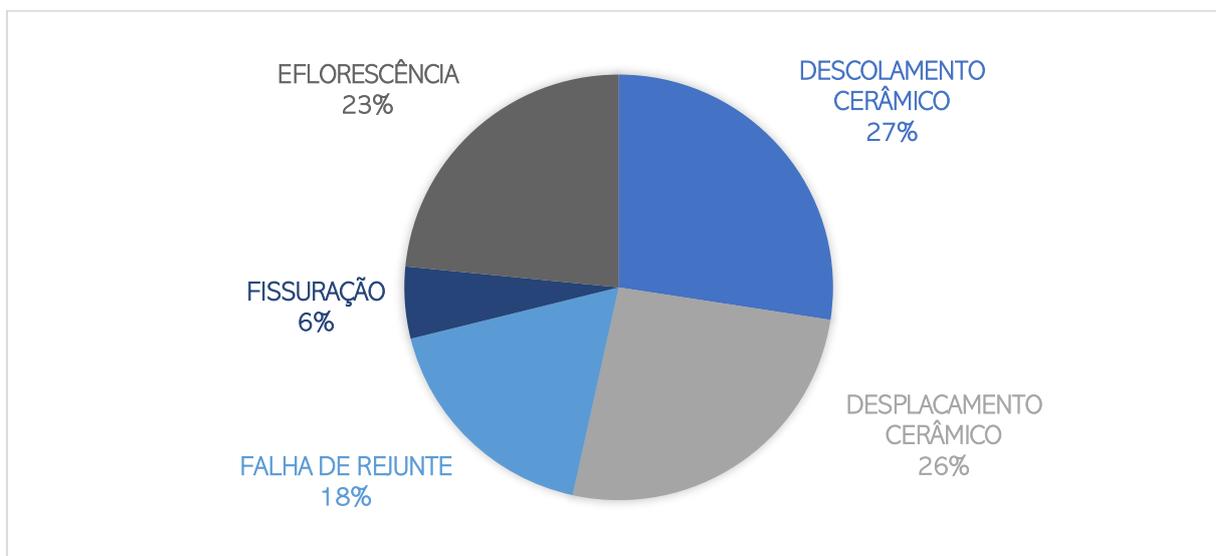
3.5. DADOS DAS EDIFICAÇÕES

3.5.1. EDIFÍCIO A

➤ Dados da edificação:

- Tipo de uso da edificação: Residencial;
- Idade: Cerca de 30 anos;
- Número de pavimentos: 09 pavimentos;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;
- Acabamento de fachada: pastilha de porcelana 2,5 x 2,5 em tons variados de cores;
- Principais falhas observadas: descolamento cerâmico (27%), deslocamento (26%), eflorescência (23%), fissuração (6%) e falha no rejunte (18%), conforme a Figura 37.

Figura 37 - Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício A

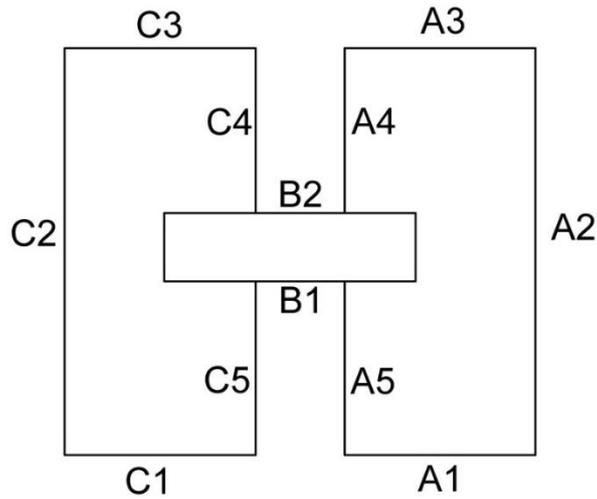


Fonte: A autora, 2023

O edifício A possui 07 pavimentos tipo sobre pilotis, não possui juntas de movimentação horizontal entre os pavimentos, e apresenta duas caixas de elevadores e escada localizada no eixo central.

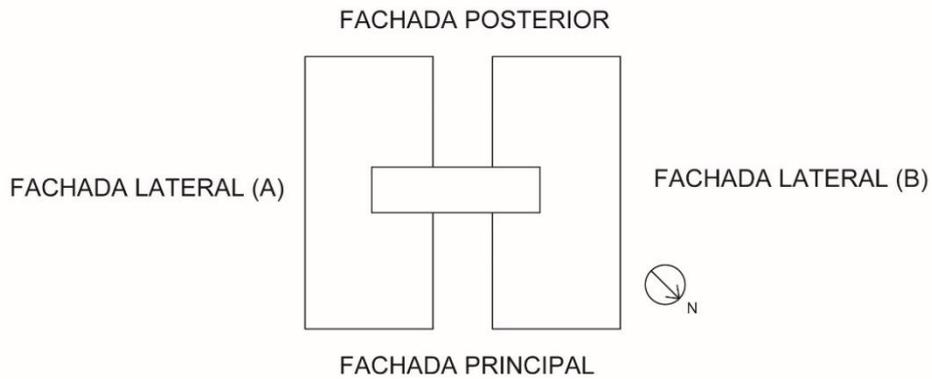
Para facilitar a coleta dos dados e melhorar o entendimento do leitor, as fachadas foram divididas em prumadas (Figura 38).

Figura 38 - Ilustração esquemática da orientação das prumadas do edifício A



Fonte: A autora, 2023

Figura 39 – Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício A



Fonte: A autora, 2023

Figura 40 – Volumetria do edifício A



Fonte: Google Earth, 2023

Figura 41 – Fachada principal do edifício A



Fonte: Corretor Paulo Miranda, 2020

Figura 42 – Detalhe fachada principal



Fonte: A autora, 2023

Figura 43 – Detalhe fachada posterior



Fonte: A autora, 2023

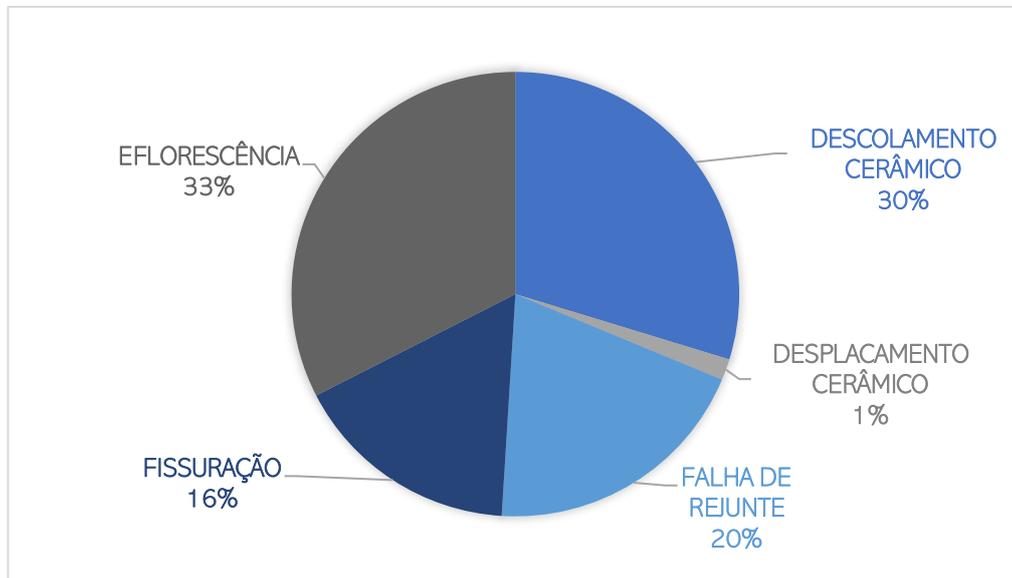
3.5.2. EDIFÍCIO B

➤ Dados da edificação:

- Tipo de uso da edificação: Residencial;
- Idade: Cerca de 15 anos;
- Número de pavimentos: 09 pavimentos;
- Sistema construtivo: estrutura de concreto armado e fechamentos em alvenarias de vedação em blocos cerâmicos;

- Acabamento de fachada: cerâmica 10 x 10 cm nas cores vermelho e branco;
- Principais falhas observadas: descolamento cerâmico (30%), deslocamento (2%), eflorescência (33%), fissuração (15%) e falha no rejunte (20%), conforme a Figura 44.

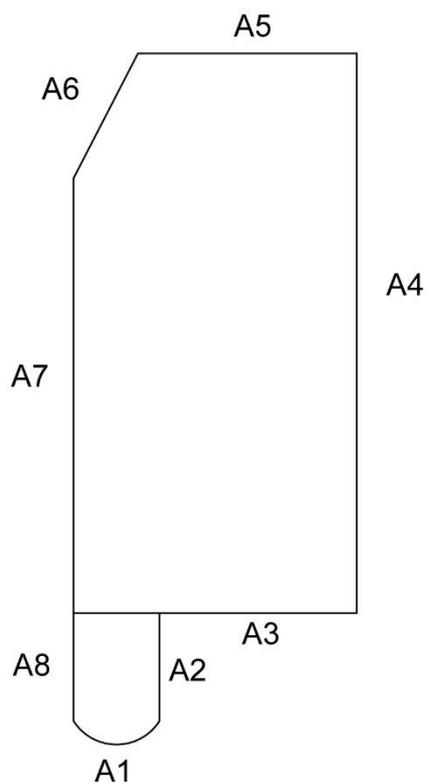
Figura 44 - Ocorrência de manifestações patológicas global do edifício B



Fonte: A autora, 2023

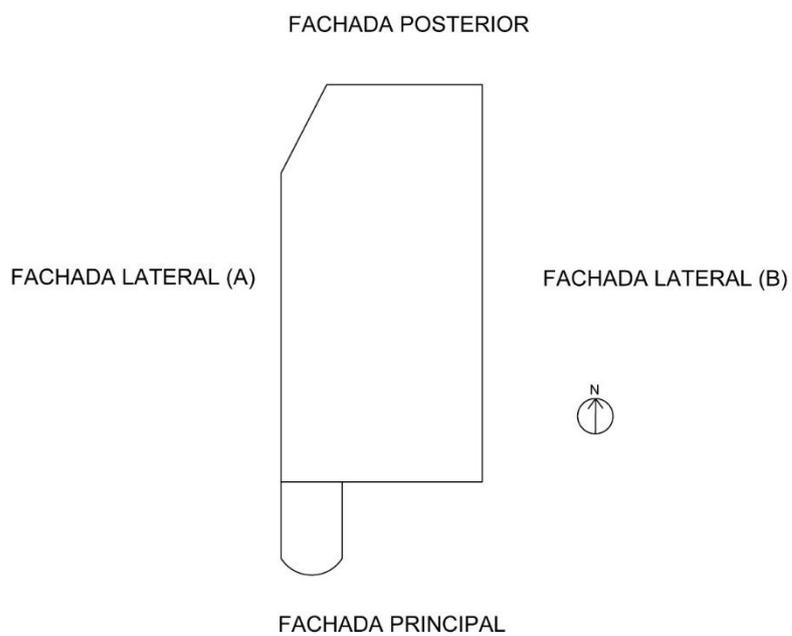
Para facilitar a coleta dos dados e melhorar o entendimento do leitor, as fachadas foram divididas em prumadas (Figura 45).

Figura 45 - Ilustração esquemática da orientação das prumadas do edifício B



Fonte: A autora, 2023

Figura 46 - Ilustração esquemática da orientação das fachadas do edifício B



Fonte: A autora, 2023

Figura 47 – Volumetria do edifício B



Fonte: Google Earth, 2023

Figura 48 – Fachada principal do edifício B



Fonte: A autora, 2023

3.6. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

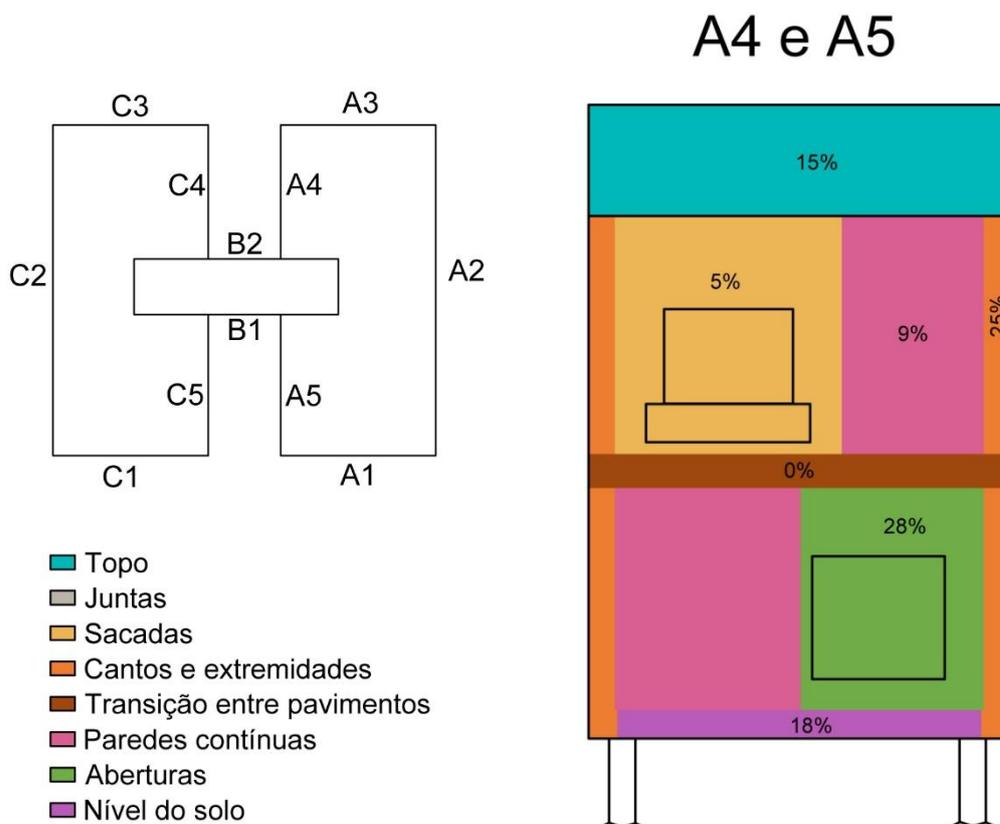
Da mesma forma que a coleta de dados foi abordada, os resultados e discussões também levarão em consideração as características individuais de cada edifício.

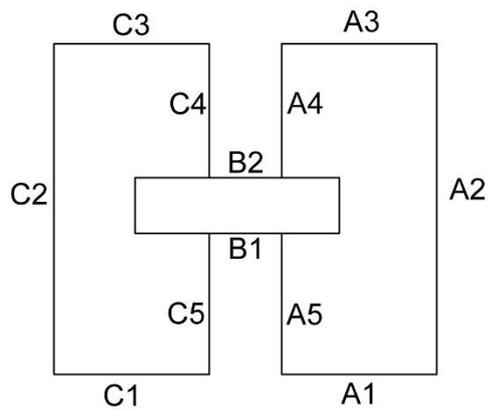
A quantificação das manifestações patológicas que afetam os edifícios é demonstrada em termos percentuais em relação a uma representação esquemática padrão das diferentes áreas de análise, com um esquema para cada prumada do edifício em questão.

A ocorrência das manifestações patológicas em relação ao total é ilustrada por meio de gráficos de setores (pizza), onde os dados correspondentes a cada orientação da fachada do edifício analisado são apresentados em percentagens separadas nestes gráficos.

3.6.1. EDIFÍCIO A

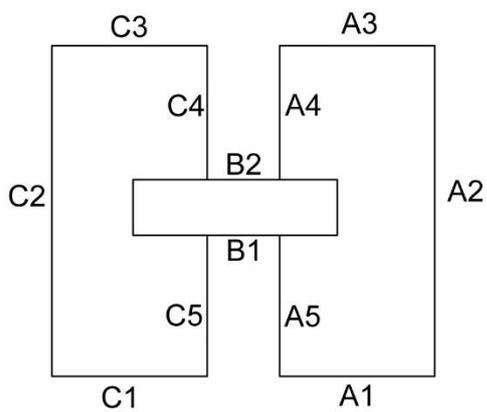
Figura 49 – Mapa de incidência de manifestações patológicas do edifício A





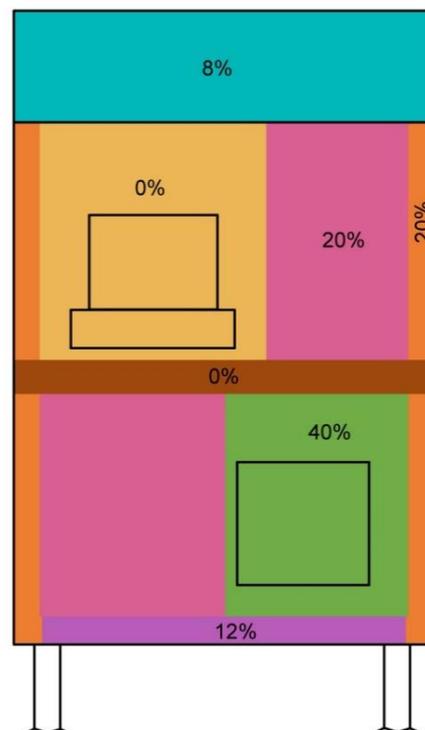
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

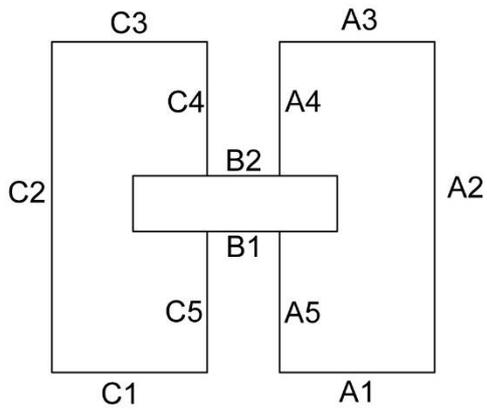
C4 e C5



- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

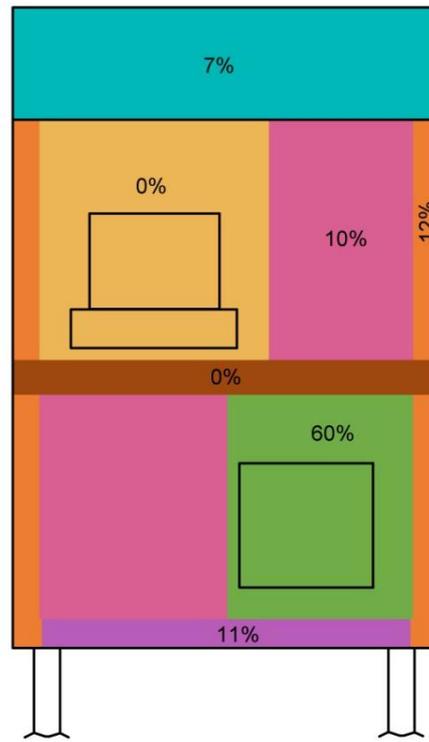
A3, B2 e C3



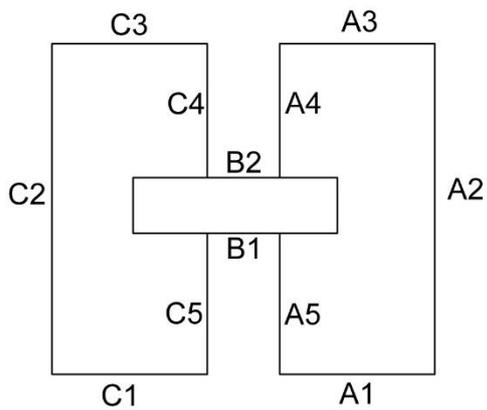


- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

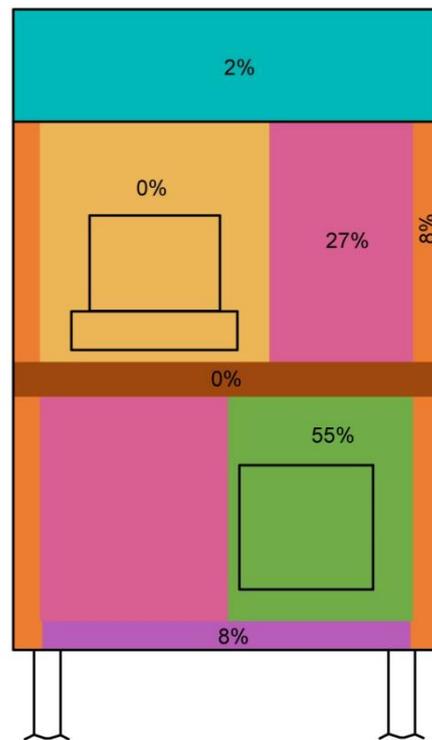
A1, B1 e C1

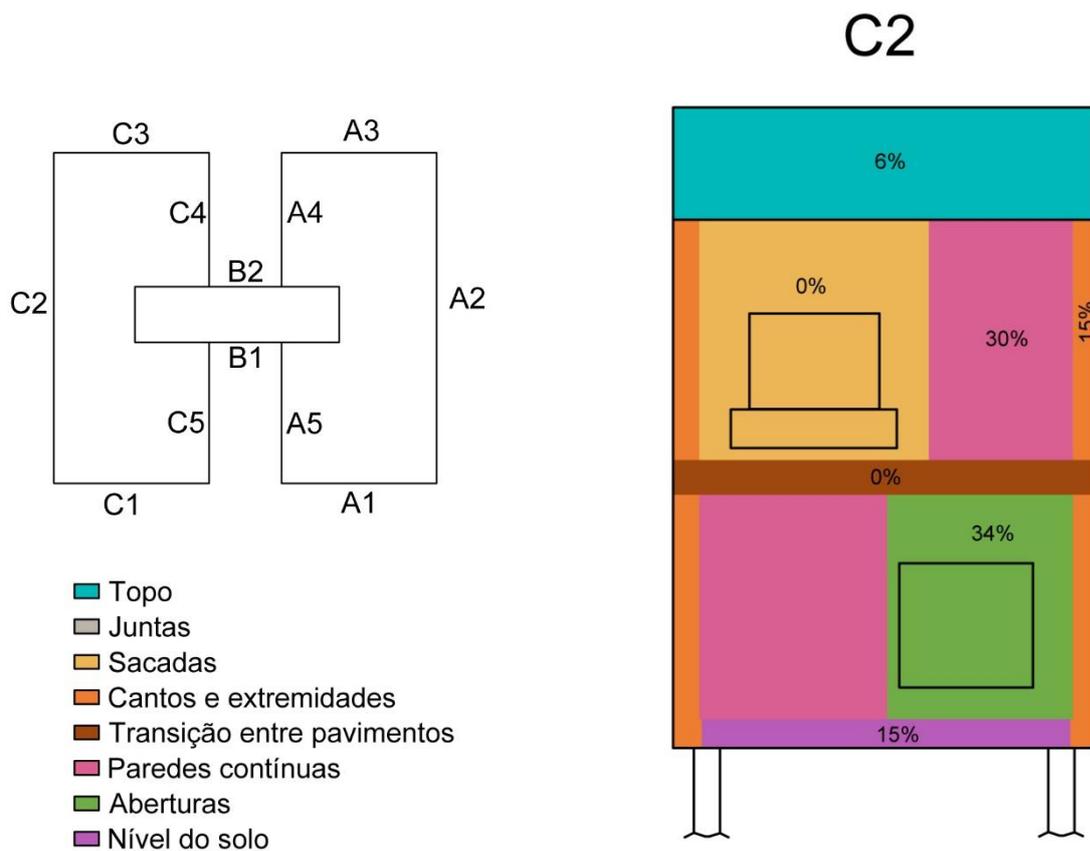


A2



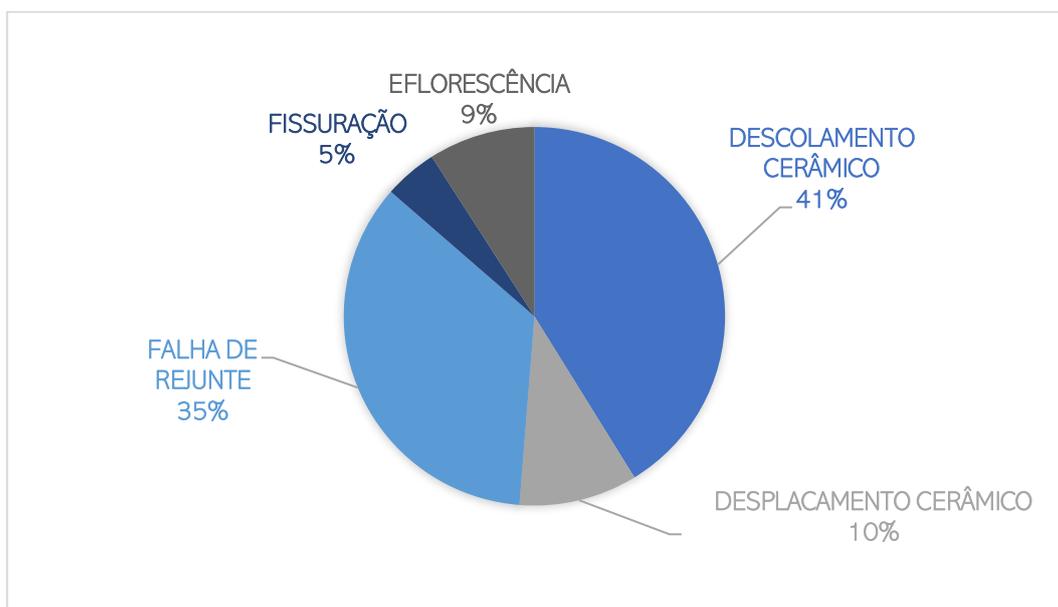
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo





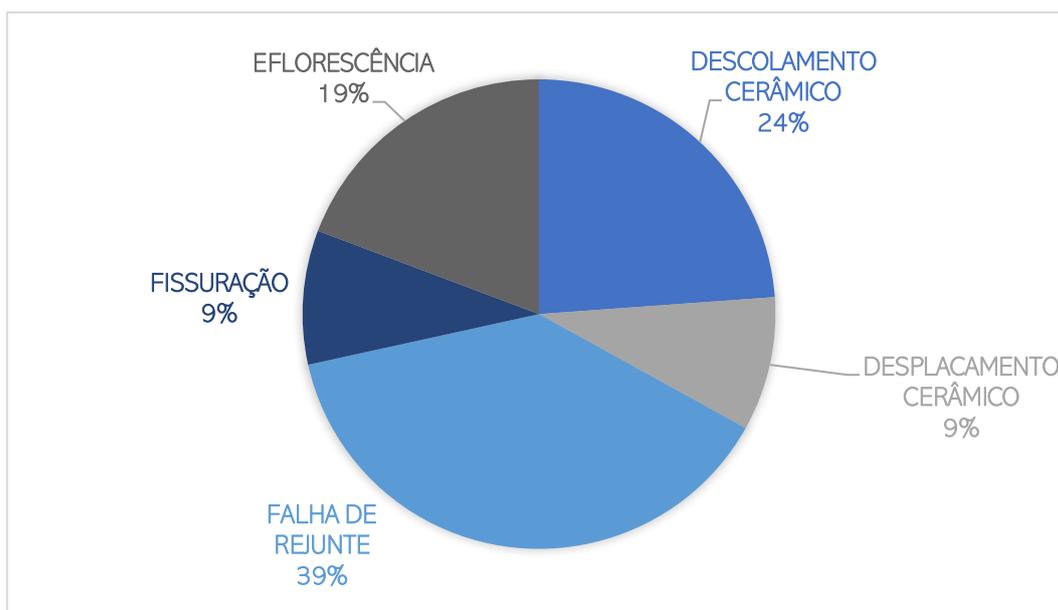
Fonte: A autora, 2023

Figura 50 – Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A1



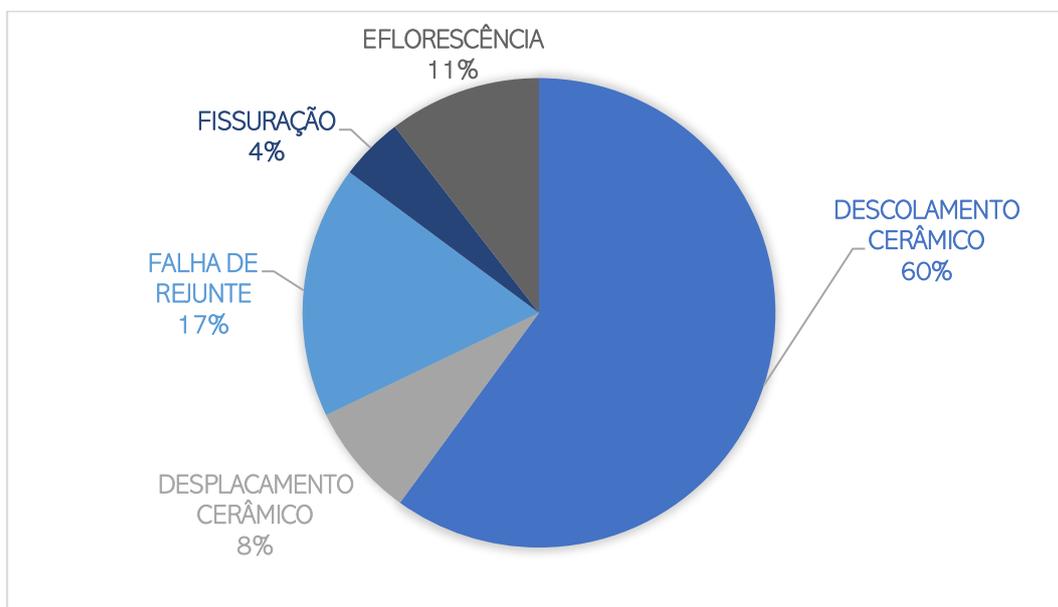
Fonte: A autora, 2023

Figura 51 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A2



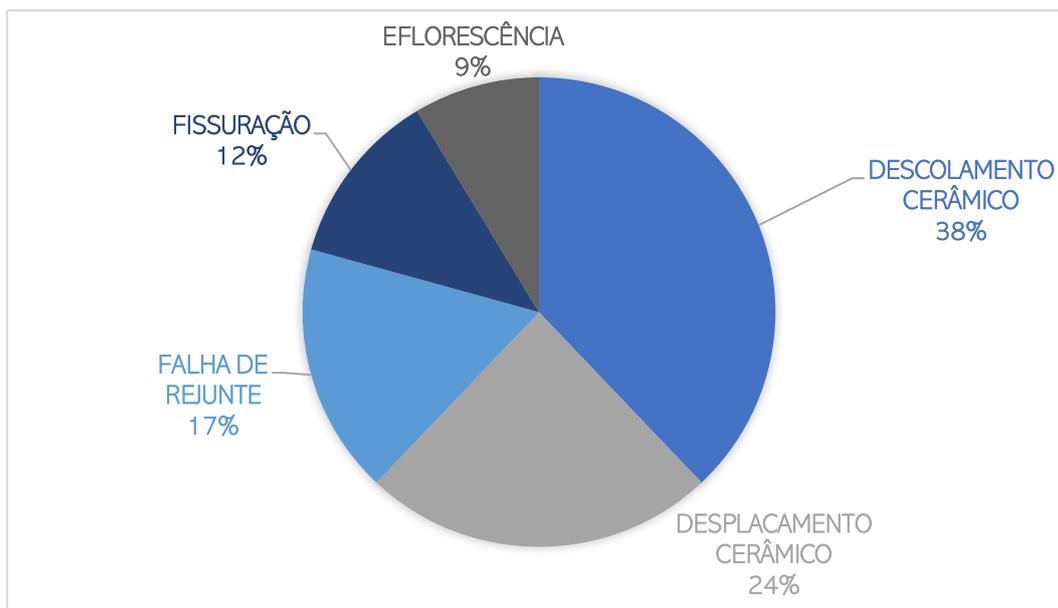
Fonte: A autora, 2023

Figura 52 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A3



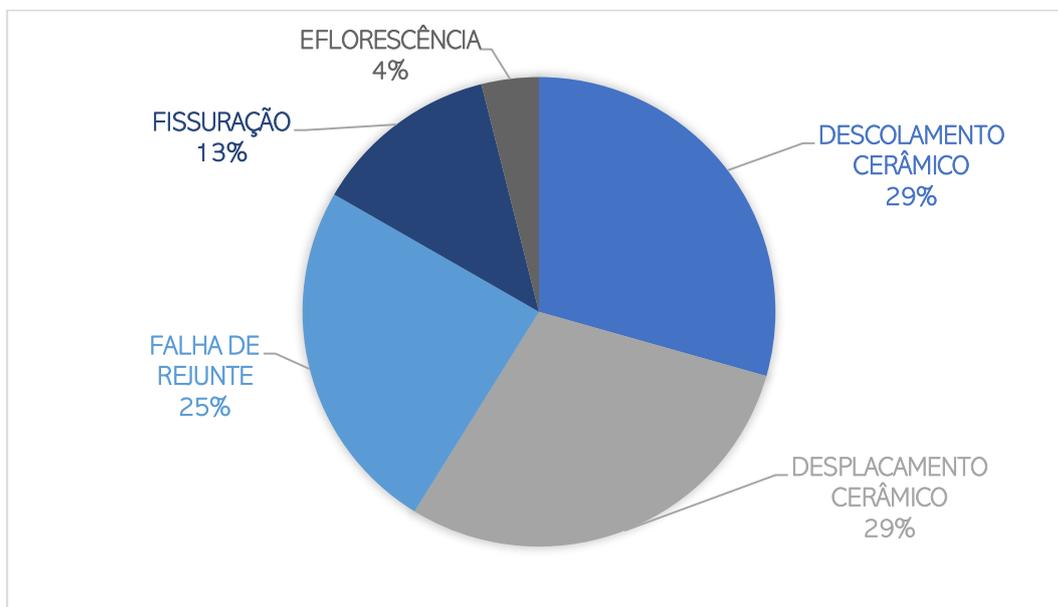
Fonte: A autora, 2023

Figura 53 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A4



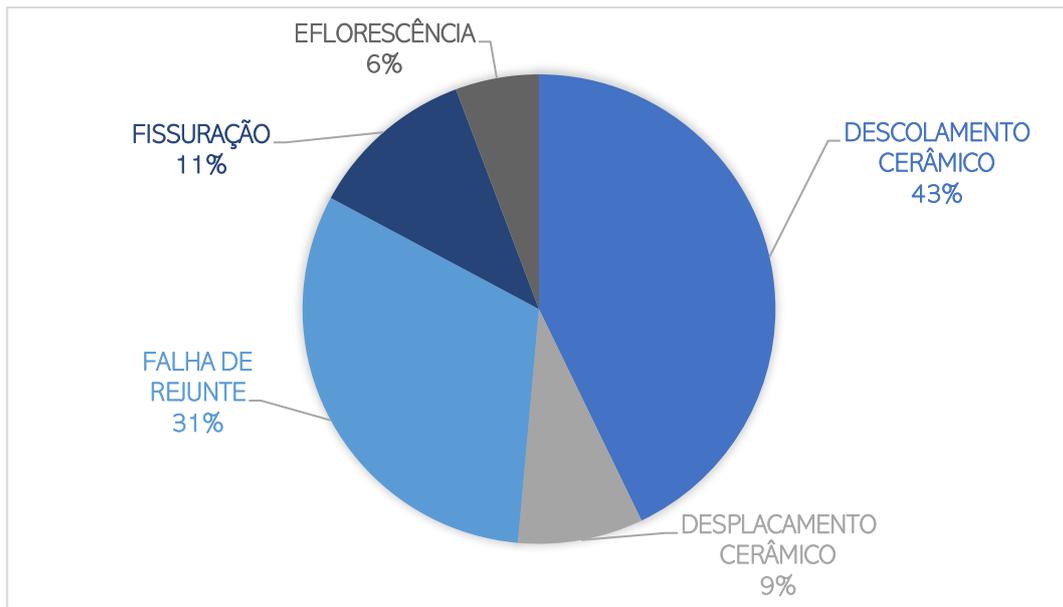
Fonte: A autora, 2023

Figura 54 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A5



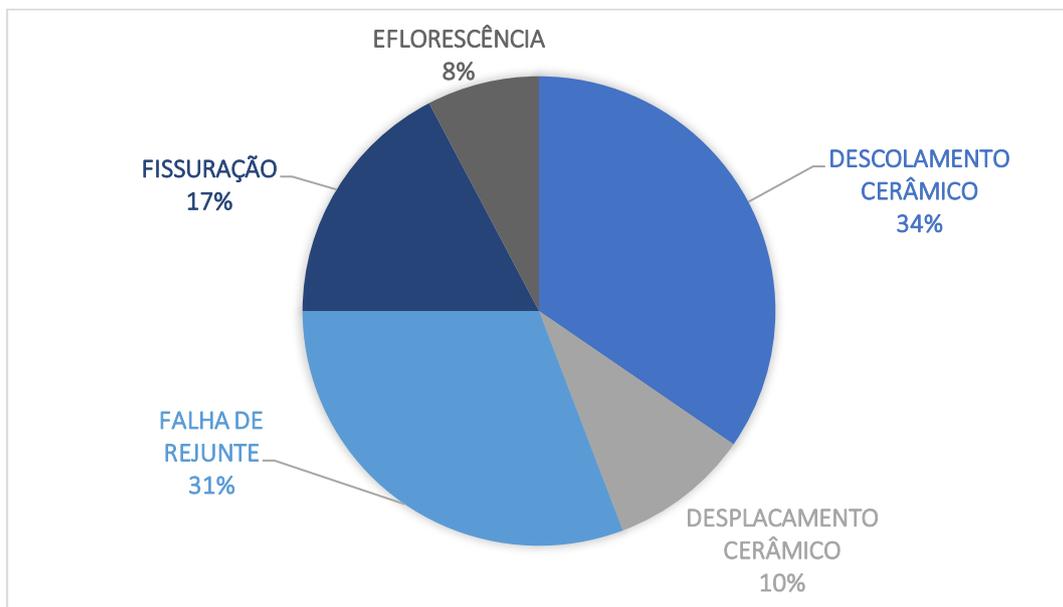
Fonte: A autora, 2023

Figura 55 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada B1



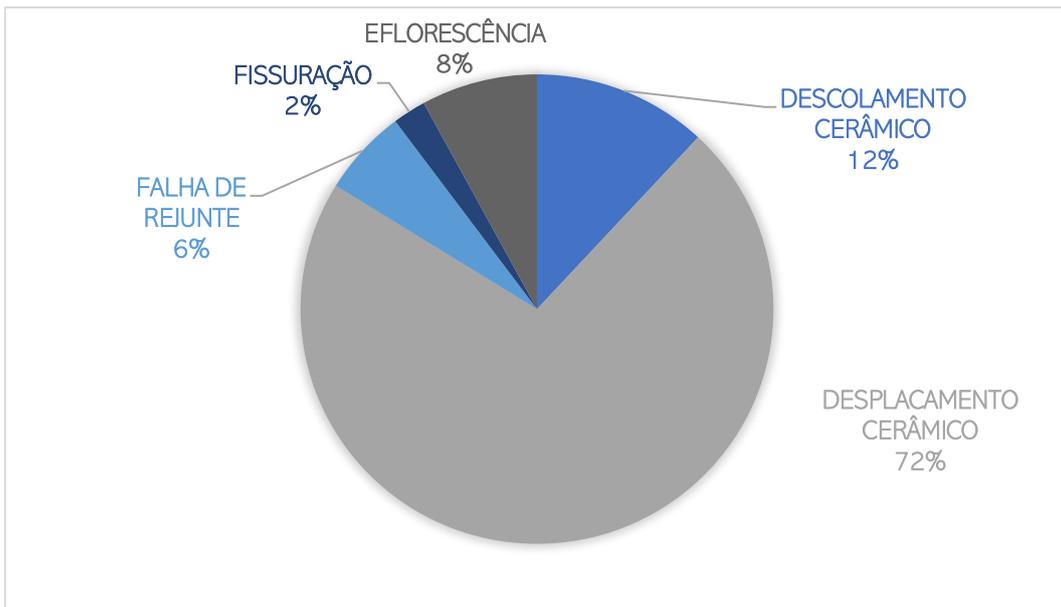
Fonte: A autora, 2023

Figura 56 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada B2



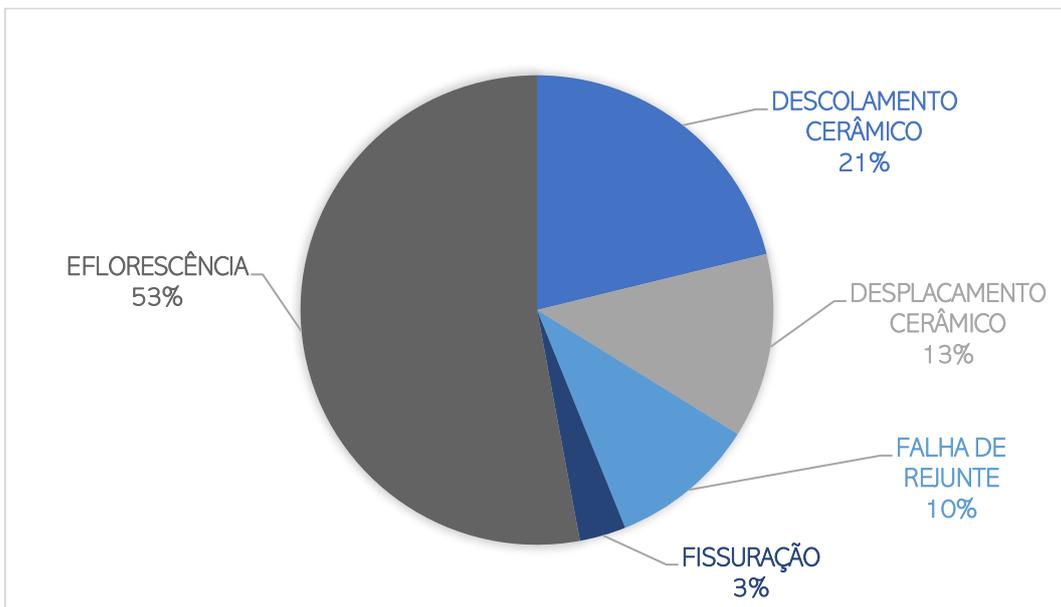
Fonte: A autora, 2023

Figura 57 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C1



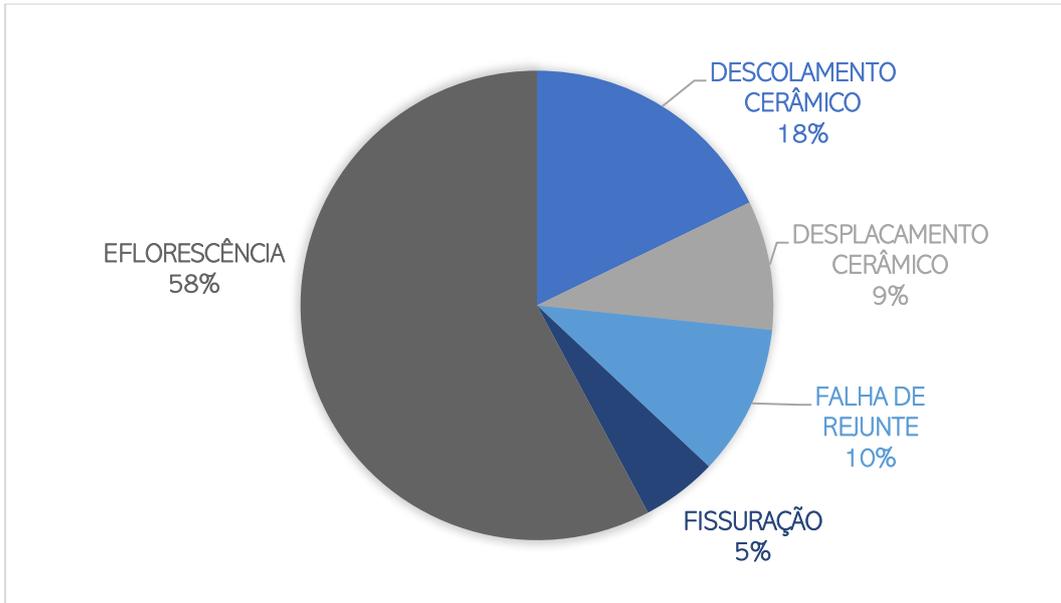
Fonte: A autora, 2023

Figura 58 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C2



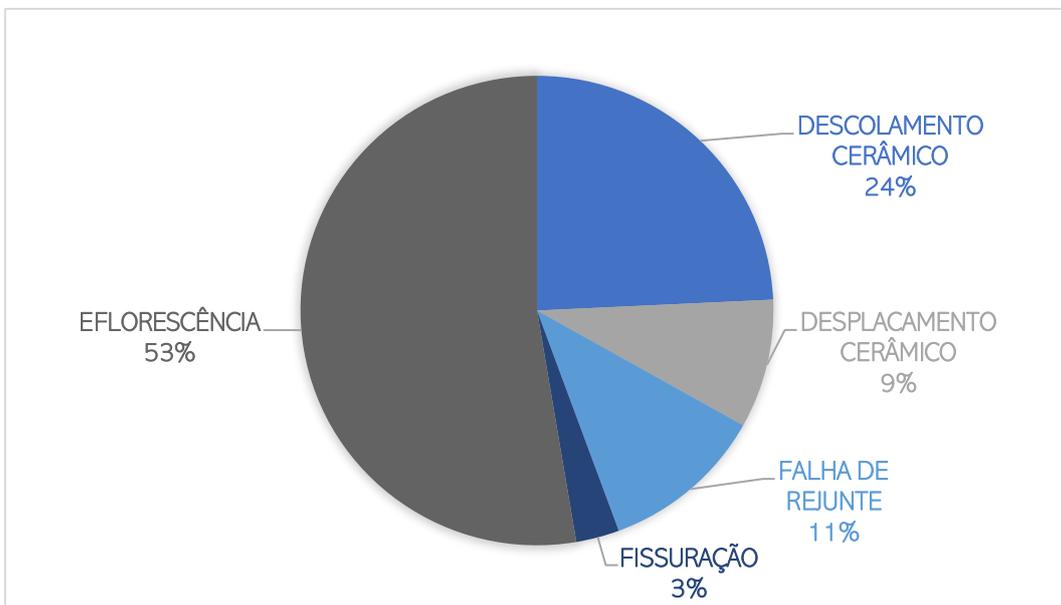
Fonte: A autora, 2023

Figura 59 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C3



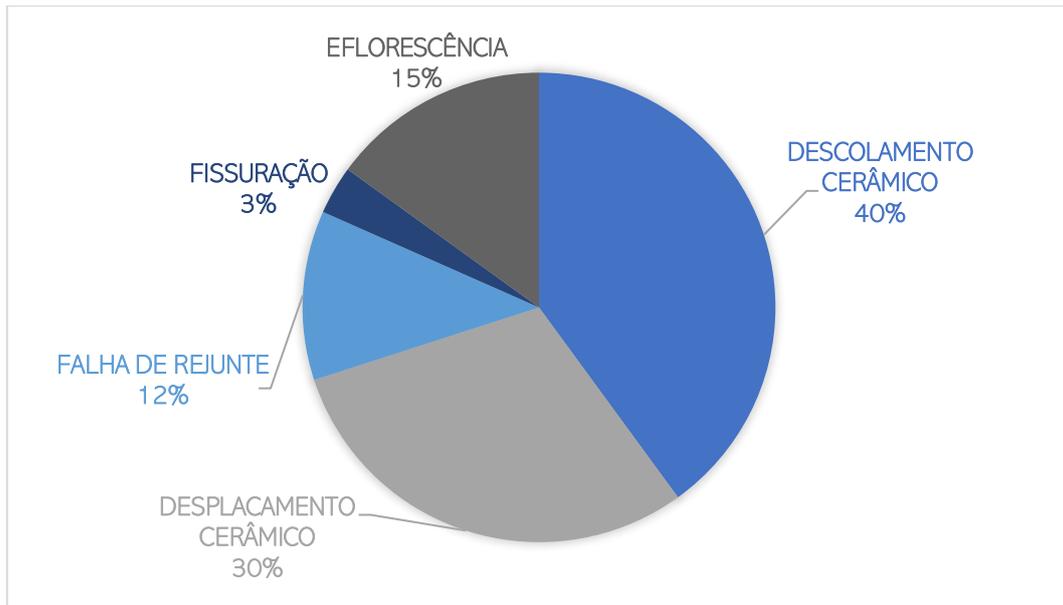
Fonte: A autora, 2023

Figura 60 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C4



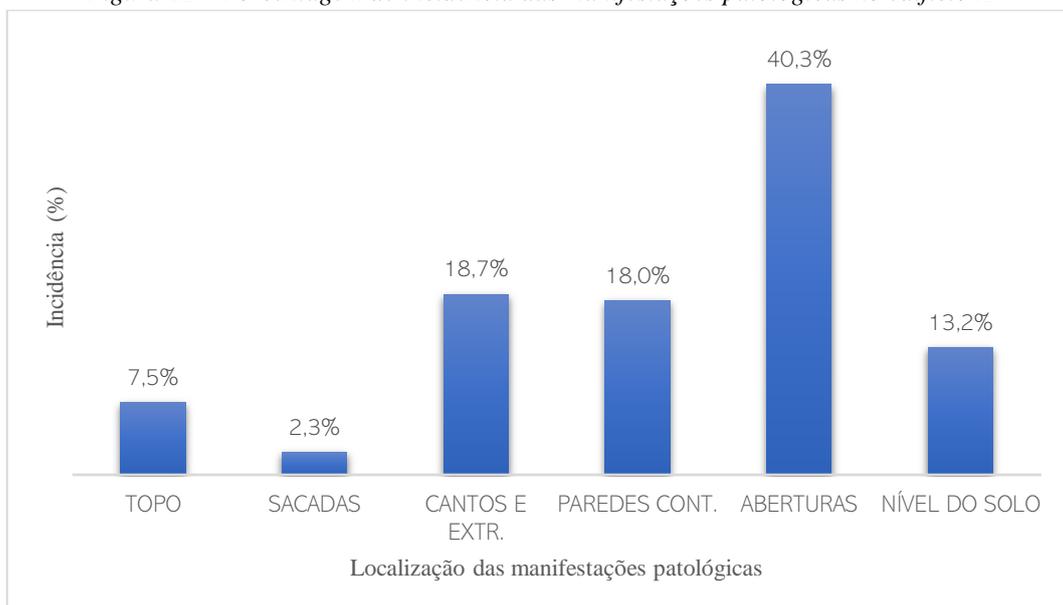
Fonte: A autora, 2023

Figura 61 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada C5



Fonte: A autora, 2023

Figura 62 – Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no edifício A



Fonte: A autora, 2023

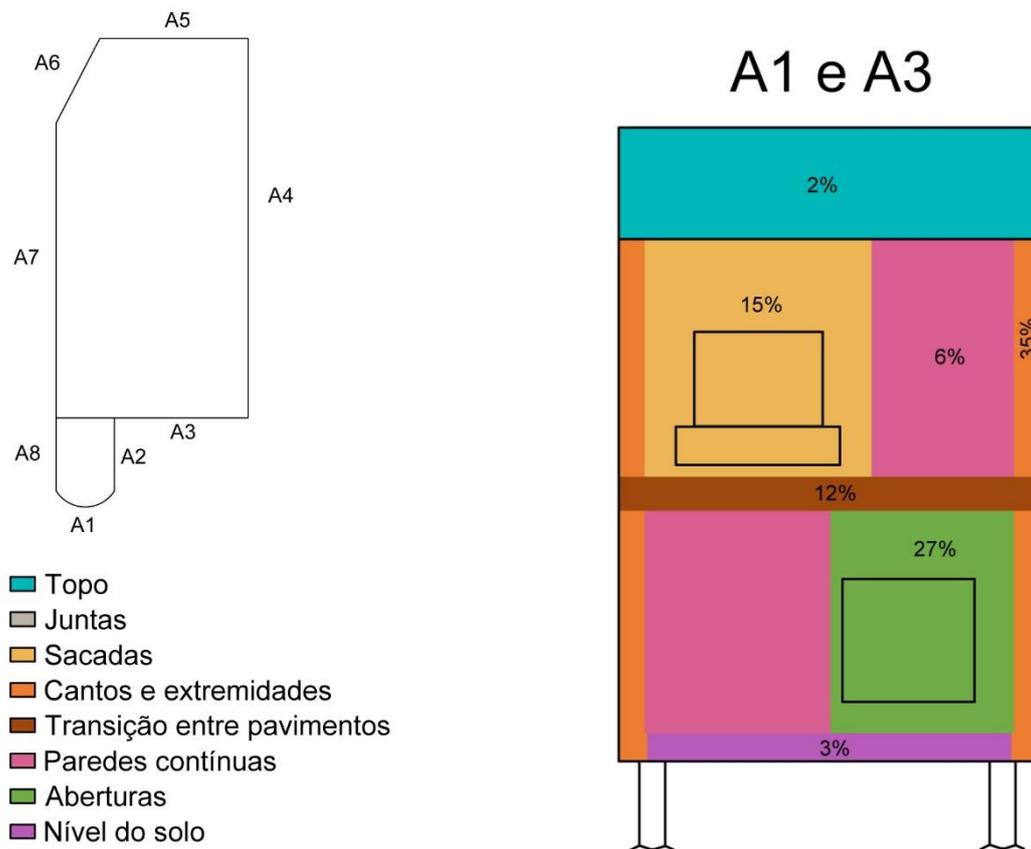
Para o edifício, não foi possível identificar a transição entre pavimentos, uma vez que a inspeção visual acabou limitando a verificação. O edifício também não possuía juntas visíveis. Encontra-se a maior ocorrência de manifestações patológicas nas aberturas (40,3%), seguido por cantos e extremidades (18,7%). Diante das prumadas, as que apresentam atualmente maior nível de preocupação são a C1, uma vez que apresentou

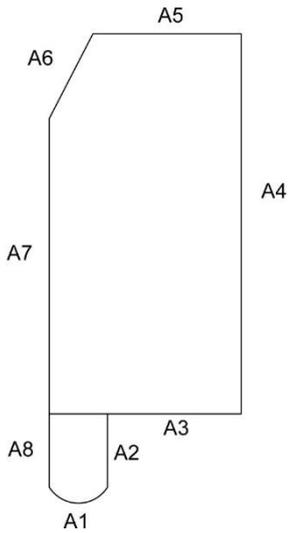
alta quantidade de deslocamento (72%), e a A3, que apresentou uma alta quantidade de descolamento (60%), cuja consequência direta é o deslocamento.

Devido sua localização próximo à área de ventos as prumadas C1 e A1 são atingidas diretamente pelos ventos litorâneos enquanto, as prumadas opostas C3 e A3 estão mais protegidas, refletindo assim nos valores patológicos apresentados. Com isso, as manifestações patológicas nas prumadas C1 e A1 representam, juntas, 34% das patologias encontradas no edifício, enquanto as prumadas C3 e A3 representam 15%, menos da metade.

3.6.2. EDIFÍCIO B

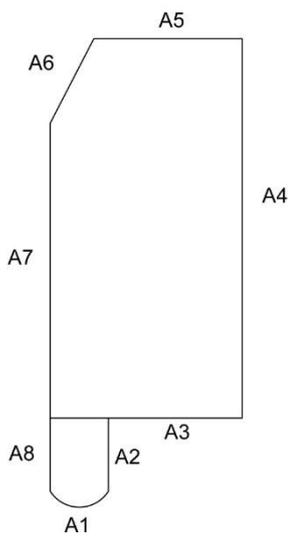
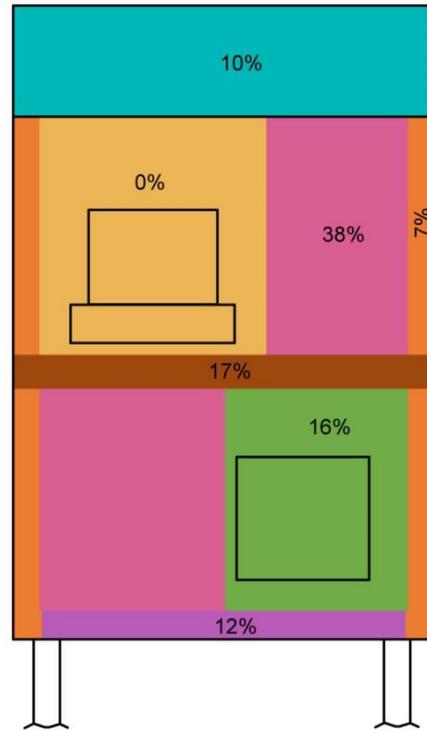
Figura 63 - Mapa de incidência de manifestações patológicas do edifício B





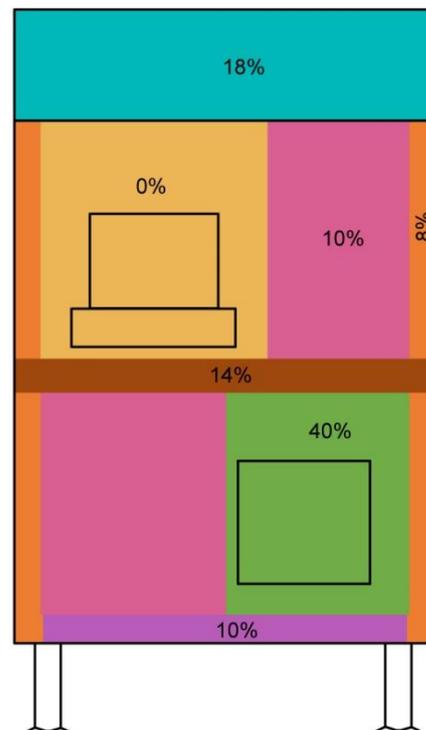
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

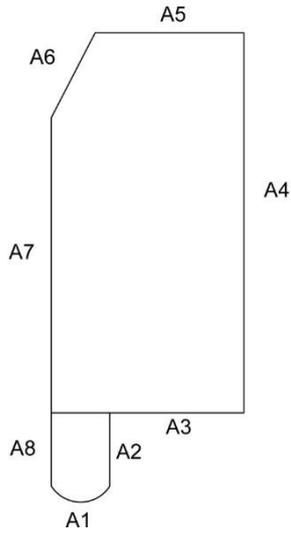
A2 e A4



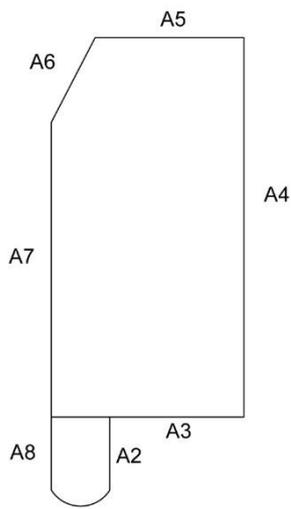
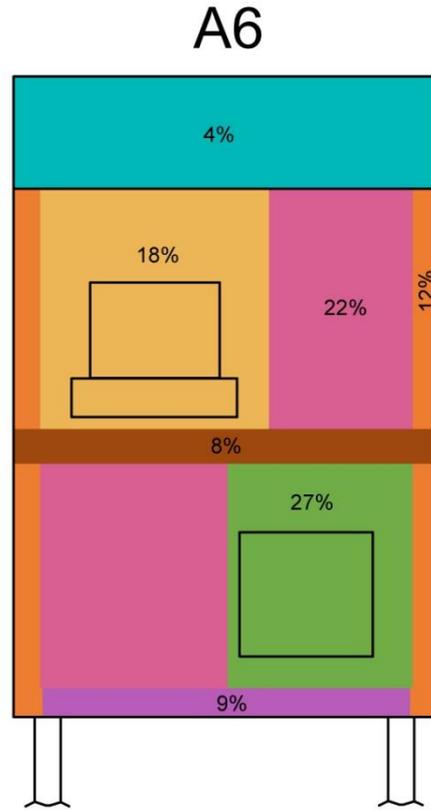
- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

A5





- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo

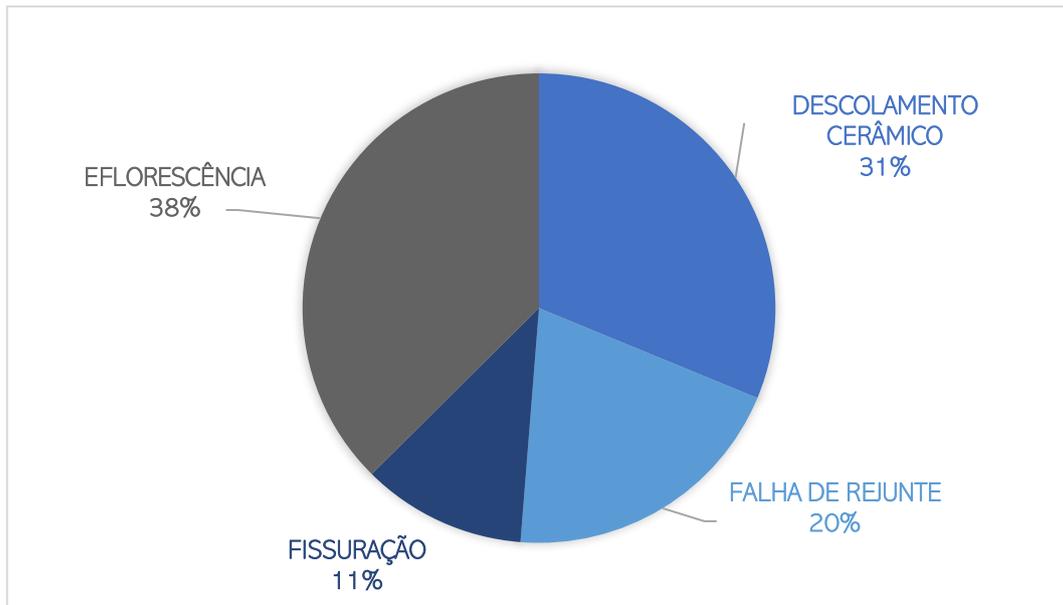


- Topo
- Juntas
- Sacadas
- Cantos e extremidades
- Transição entre pavimentos
- Paredes contínuas
- Aberturas
- Nível do solo



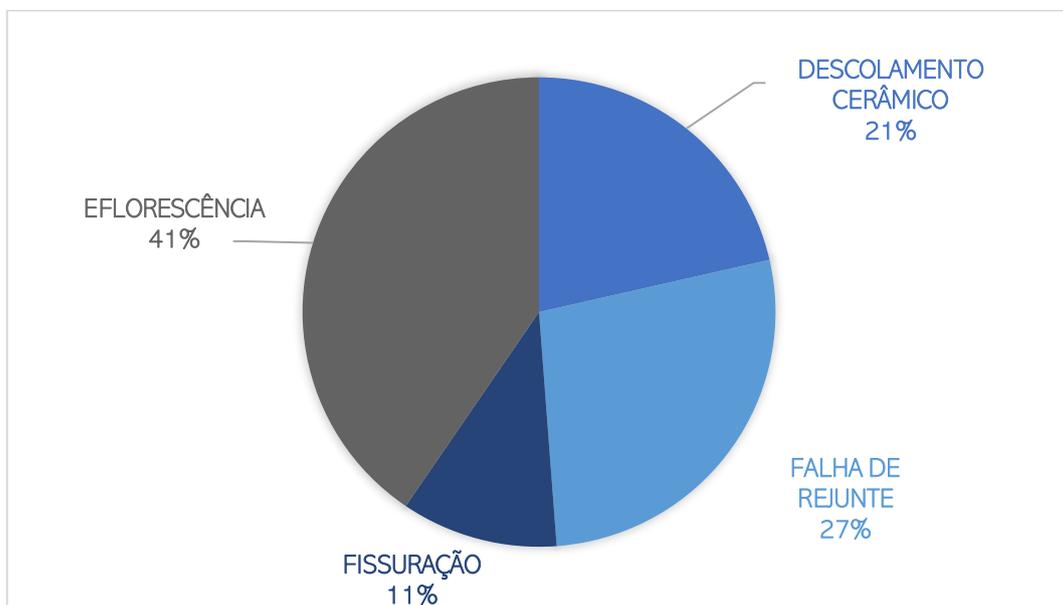
Fonte: A autora, 2023

Figura 64 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A1



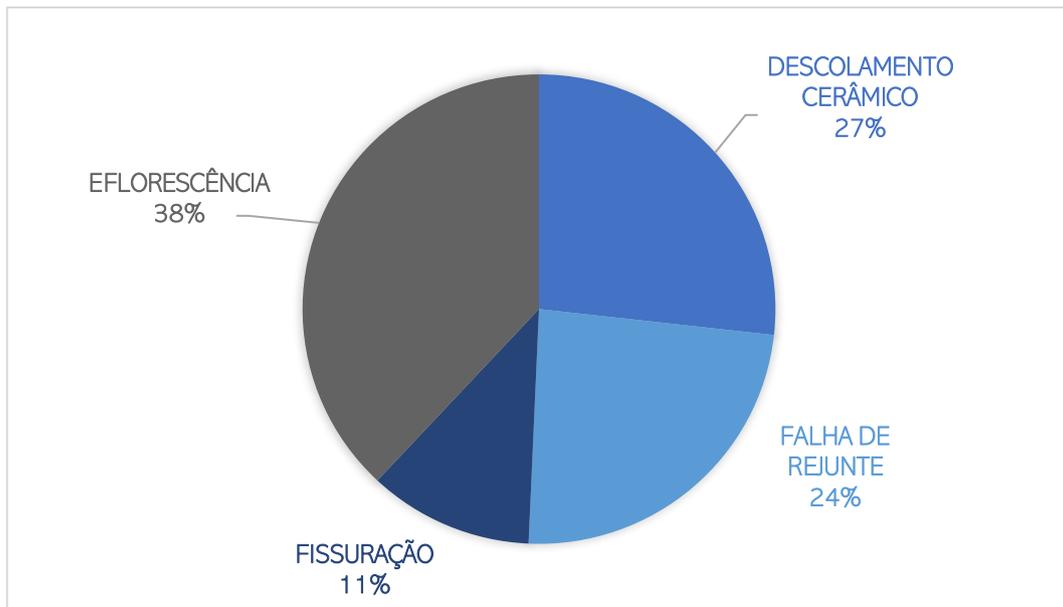
Fonte: A autora, 2023

Figura 65 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A2



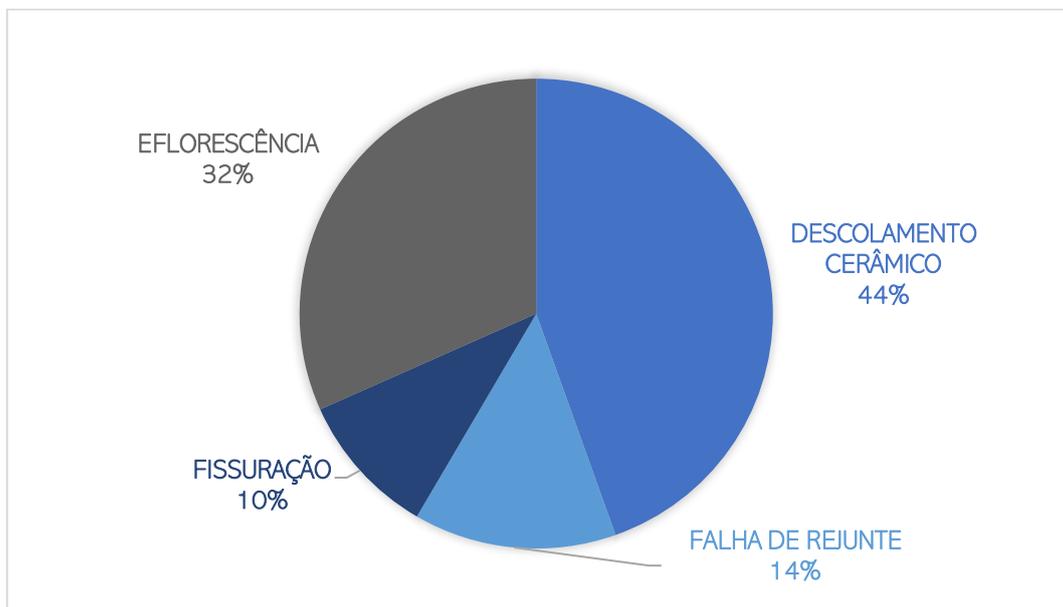
Fonte: A autora, 2023

Figura 66 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A3



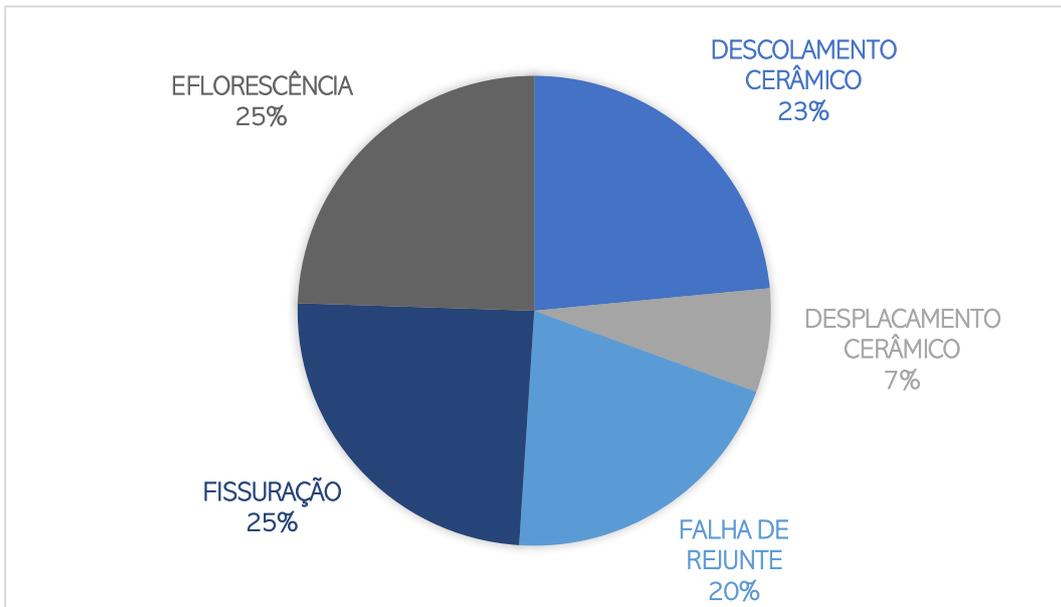
Fonte: A autora, 2023

Figura 67 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A4



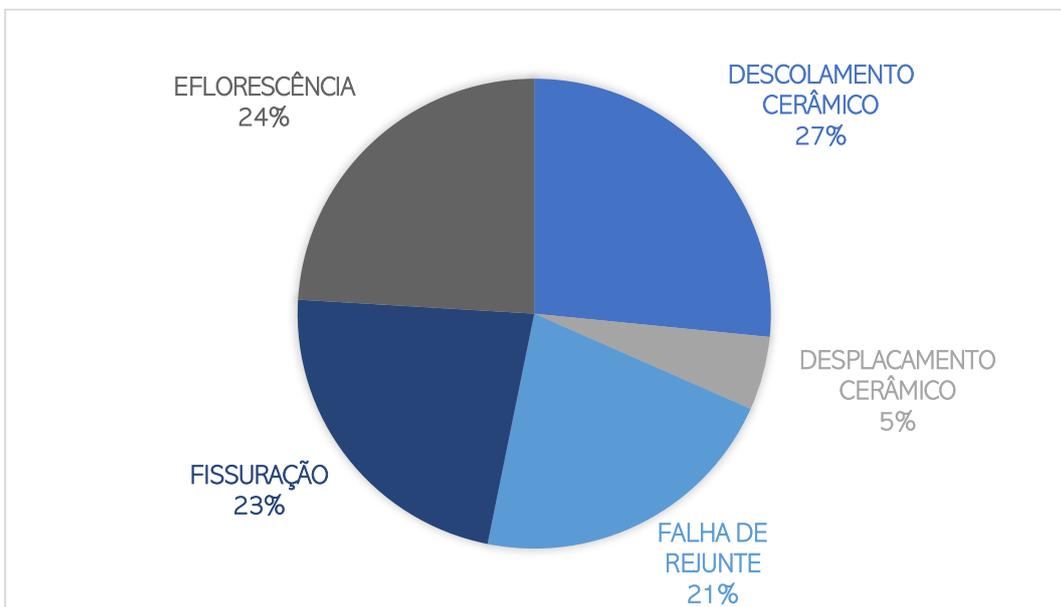
Fonte: A autora, 2023

Figura 68 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A5



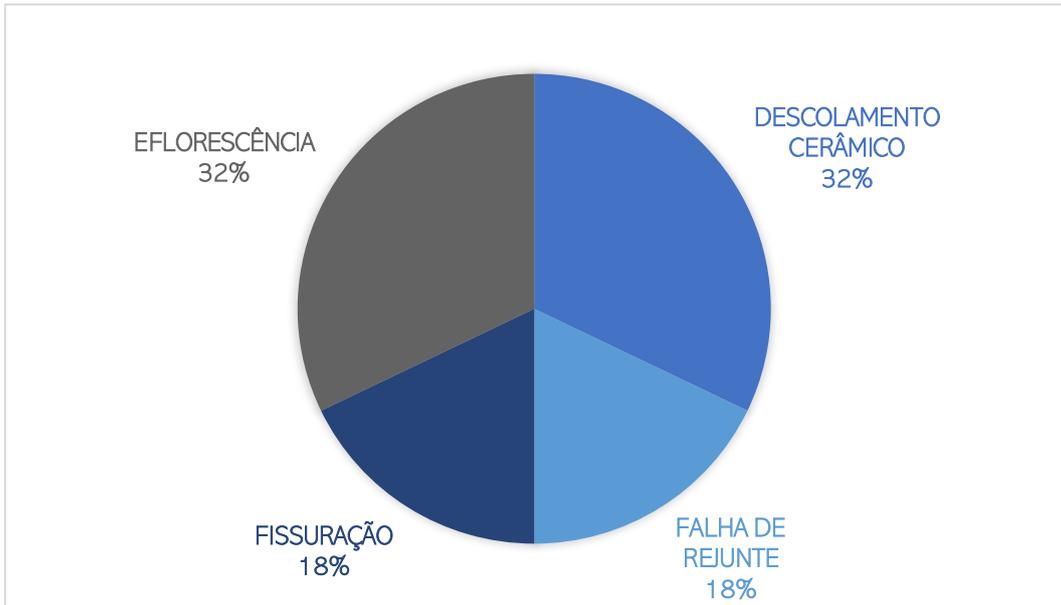
Fonte: A autora, 2023

Figura 69 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A6



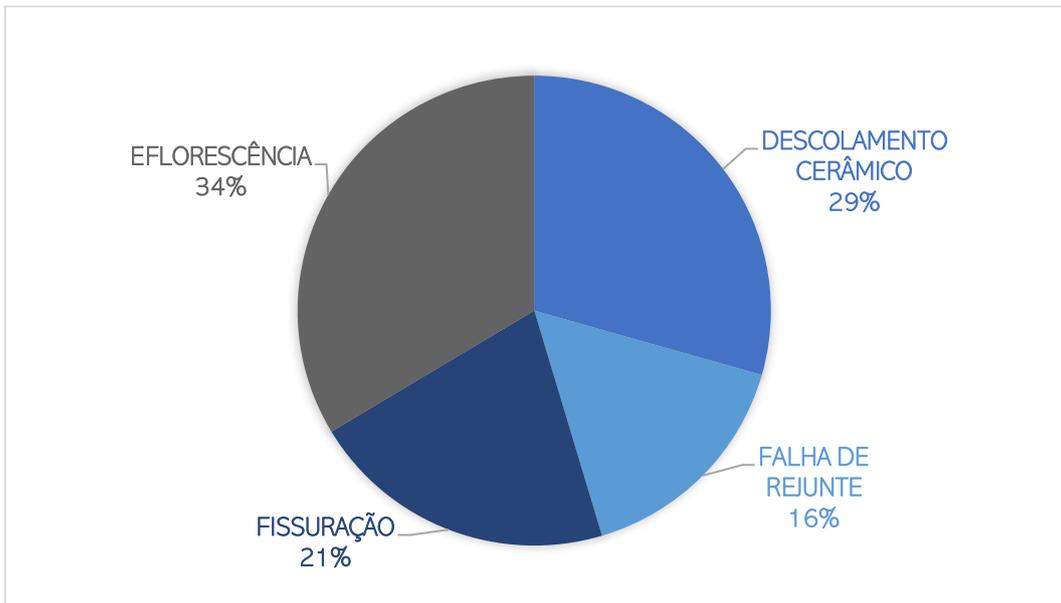
Fonte: A autora, 2023

Figura 70 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A7



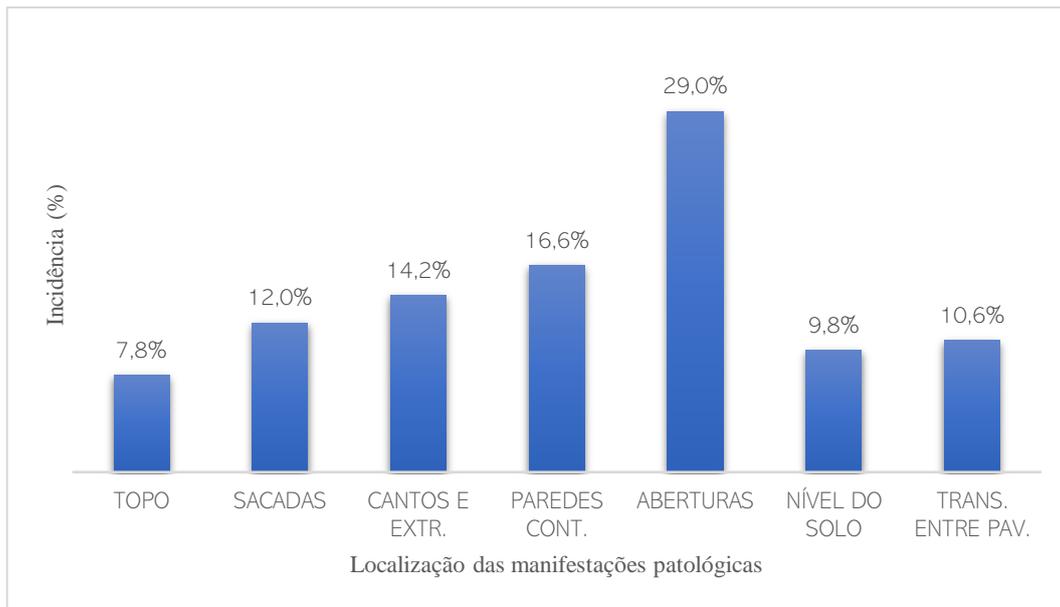
Fonte: A autora, 2023

Figura 71 - Ocorrência de manifestações patológicas da prumada A8



Fonte: A autora, 2023

Figura 72 - Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no edifício B



Fonte: A autora, 2023

Para o edifício B, a transição entre pavimentos ficou mais clara devido à presença das varandas. O edifício também não possuía juntas visíveis. Encontra-se a maior ocorrência de manifestações patológicas nas aberturas (29%), seguido por paredes contínuas (16,6%). O edifício não apresenta alta presença de deslocamento, porém apresenta fissuras e descolamentos significativos. Diante das prumadas, as que apresentam atualmente maior nível de preocupação são a A4, com ocorrência de deslocamento cerâmico (45%), e a A2, com ocorrência de falha nos rejuntas (27%) e fissuração (24%).

4. MAPA MENTAL PARA CORRELAÇÃO MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA/POSSÍVEIS CAUSAS

Com o objetivo de relacionar as manifestações patológicas com suas possíveis causas nos edifícios, foi elaborado um mapa mental, adaptado da ferramenta proposta por Silvestre e Brito (2008), exposta na Figura 73. Partindo do princípio apresentado anteriormente, de que a liberdade dada à criatividade na criação dos mapas mentais na exposição dos conceitos é um dos principais fatores que facilitam a aprendizagem. Assim, visa-se proporcionar tal aprendizagem para que qualquer pessoa, seja leiga ou especialista, possa definir a manifestação, bem como sua causa provável.

Figura 73 - Classificação das possíveis causas das manifestações patológicas em sistemas de revestimentos de fachadas

A - Falhas na especificação	
A1 - Esc	Escolha de materiais incompatível, omissa ou não adequada à utilização
A2 - Des	Desagregação superficial de argamassa de emboço
A3 - Pei	Dimensionamento incorreto de peitoris
A4 - Pin	Ausência de pingadeiras
A5 - Ver	Ausência de vergas e contravergas
B - Falhas no processo executivo	
B1 - Mat	Utilização de materiais não prescritos, e/ou cujas propriedades são desconhecidas
B2 - Tec	Aplicação de materiais em desconformidade com procedimentos técnicos recomendados
B3 - Esp	Espessura excessiva da argamassa de emboço
C - Ação de fatores externos	
C1 - Ch	Chuva
C2 - Ven	Vento
C3 - Sol	Radiação solar
C4 - Ter	Choque térmico
C5 - Lix	Lixiviação de sais livres presentes nos materiais do sistema de revestimento de fachadas que contem cimento
C6 - Um	Focos de umidade
C7 - Env	Envelhecimento natural
C8 - Veg	Vegetais e microrganismos
D - Comportamento em uso	
D1 - Imp	Impactos de manutenção
D2 - Fal	Falta de limpeza do sistema de revestimento de fachadas ou de zonas adjacentes
D3 - Lim	Limpeza com uso de produtos inadequados
D4 - Est	Acomodação estrutural
D5 - Cor	Corrosão de esquadrias metálicas

Fonte: Adaptado de Silvestre e Brito (2008)

Figura 74 – Mapa mental para a correlação de manifestações patológicas e suas causas



miro



miro



FISSURAS/TRINCAS

CAUSAS

- INEXISTÊNCIA DE JUNTAS DE ASSENTAMENTO, MOVIMENTAÇÃO OU ESTRUTURAIS
- DIMENSIONAMENTO INCORRETO DOS PEITORIS
- AUSÊNCIA DE VERGAS E CONTRAVERGAS NAS ABERTURAS

FALHAS NA ESPECIFICAÇÃO

- CHOQUE TÉRMICO
- UMIDADE
- AÇÃO DE FATORES EXTERNOS

- ACOMODAÇÃO ESTRUTURAL
- COMPORTAMENTO EM USO

miro



FALHAS NOS REJUNTES

CAUSAS

- ESCOLHA DE MATERIAIS INCOMPATÍVEIS OU OMISSOS À UTILIZAÇÃO
- FALHAS NA ESPECIFICAÇÃO

- CHUVA
- CHOQUE TÉRMICO
- SOL
- AÇÃO DE FATORES EXTERNOS

- IMPACTOS DA MANUTENÇÃO
- LIMPEZA COM PRODUTOS INADEQUADOS
- COMPORTAMENTO EM USO

miro



GRETAMENTO

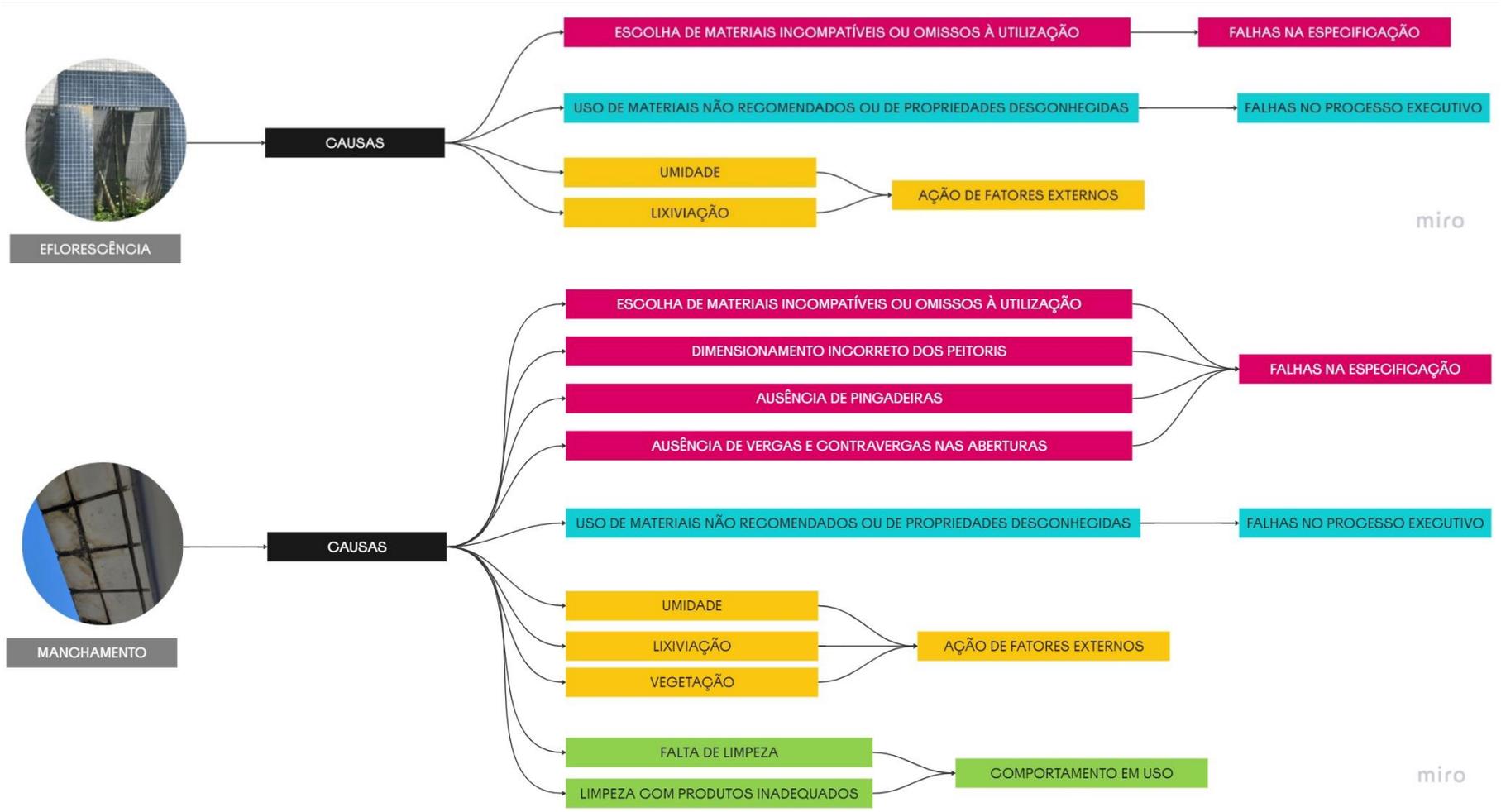
CAUSAS

- ESCOLHA DE MATERIAIS INCOMPATÍVEIS OU OMISSOS À UTILIZAÇÃO
- FALHAS NA ESPECIFICAÇÃO

- USO DE MATERIAIS NÃO RECOMENDADOS OU DE PROPRIEDADES DESCONHECIDAS
- FALHAS NO PROCESSO EXECUTIVO

- UMIDADE
- CHOQUE TÉRMICO
- AÇÃO DE FATORES EXTERNOS

miro



Fonte: A autora, 2023

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todos os objetivos delineados, o presente estudo conseguiu alcançar com sucesso todos os objetivos anteriormente listados, chamando efetivamente a atenção para os conceitos e caracterização das teorias discutidas, fornecendo exemplos práticos para sustentar o estudo.

O estudo abrange toda a teoria que envolve revestimentos cerâmicos, suas aplicações em fachadas e como eles podem se deteriorar ao longo dos anos. Também apresenta possíveis causas e as manifestações patológicas mais comuns. Posteriormente, são apresentados dois casos para demonstrar a aplicabilidade e ilustrar a teoria apresentada.

O Guia Técnico desenvolvido como parte deste trabalho de conclusão de curso representa uma contribuição de significativa importância para a área da construção civil e, em particular, para a avaliação e manutenção de fachadas revestidas com cerâmica. Esta ferramenta não apenas simplifica o processo de diagnóstico, mas também desempenha um papel fundamental na prevenção de danos, na redução de custos de manutenção e na garantia de estruturas mais duráveis e seguras.

O Guia Técnico não só enriquece o corpo de conhecimento existente, mas também oferece aos profissionais da construção civil uma abordagem prática e eficaz para preservar a integridade e a estética das fachadas, promovendo assim um ambiente construído mais seguro e de alta qualidade.

Além de seu valor intrínseco na construção civil, este guia tem implicações interdisciplinares significativas. Ele oferece informações detalhadas que podem ser de grande interesse para engenheiros estruturais, arquitetos, engenheiros de segurança do trabalho e especialistas em manutenção de edifícios. A capacidade de identificar e abordar de maneira proativa as manifestações patológicas nas fachadas cerâmicas não apenas contribui para a durabilidade e segurança das estruturas, mas também tem implicações para a segurança dos trabalhadores envolvidos na construção e manutenção, bem como para o aspecto estético dos edifícios.

No que diz respeito aos casos apresentados nesta pesquisa, as seguintes conclusões podem ser tiradas:

- As principais manifestações patológicas encontradas nos revestimentos de fachada dos edifícios estudados foram o descolamento cerâmico, deslocamento, eflorescência, falha nos rejuntas e fissuração.

- O descolamento e deslocamento foram as patologias com maior ocorrência em ambos os casos, com a maior incidência de ambas nas áreas de aberturas e paredes contínuas, destacando a necessidade de maior atenção a essas regiões, uma vez que suas consequências representam riscos para a saúde e o bem-estar físico.
- De acordo com o mapa de incidência, as regiões tipificadas da fachada se classificaram na seguinte ordem: 1º aberturas, 2º paredes contínuas, 3º cantos e extremidades, 4º nível do solo, 5º sacadas, 6º topo e 7º transição entre pavimentos.
- Este estudo revelou que certas manifestações patológicas estão relacionadas à sua posição ao longo da fachada, o que é um fator importante para o diagnóstico do mecanismo de deterioração. Também enfatiza a importância de um projeto de fachada bem executado.
- Além disso, foram estabelecidas relações entre a orientação cardinal e a quantidade de danos observados. Como visto no edifício A, onde suas fachadas expostas voltadas para a costa apresentaram uma maior frequência de patologias do que as protegidas.

Esta pesquisa, representativa em Recife, é crucial para garantir qualidade e prevenir danos em edifícios, enfatizando a importância de inspeções técnicas e controle de qualidade. A pesquisa pode ser valiosa no contexto da prevenção de danos e evitação de falhas por meio de um projeto bem elaborado. Propõe-se o uso do Guia Técnico em caso de negligência ou ocorrência de problemas, visando facilitar a identificação das causas por todas as partes envolvidas, não apenas especialistas, e se possível, incorporar essas informações ao Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue aos interessados.

É fundamental destacar que muitas das manifestações patológicas identificadas nos edifícios poderiam ter sido evitadas com inspeções técnicas adequadas para garantir a conformidade com as especificações do projeto, bem como um controle de qualidade eficaz durante as etapas que envolvem os sistemas de revestimento da fachada e a realização de manutenção mínima. Para aprimorar o desempenho e a qualidade dos sistemas de revestimento, sugere-se especificar detalhadamente os revestimentos e elementos construtivos de acordo com a exposição e as condições específicas de cada sistema de revestimento de fachada, a fim de evitar futuras manifestações patológicas.

Em resumo, esta pesquisa não tem a intenção de atribuir culpa, mas sim de identificar manifestações patológicas para fins acadêmicos e propor uma ferramenta de

identificação visual. Para obter maior precisão, são necessárias investigações mais aprofundadas com técnicas, testes e diagnósticos específicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. C. Lordsleem Jr., H. Batista Faro (2017). “**Descolamento de revestimento de fachada: Estudo de caso**”, Revista ALCONPAT, 7 (2), pp. 148-159. Acesso em: 15 dez. 2022.

AECWEB. **Destacamento das placas é a principal patologia dos revestimentos cerâmicos**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/destacamento-das-placas-e-a-principal-patologia-dos-revestimentos-ceramicos/13650>. Acesso em: 21 mar. 2023.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. 2002. 175 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2002

ANTUNES, G. R. (2010). **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-001A/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - requisitos**. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 5674: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 9575: Impermeabilização - seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 14037: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos**. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 14081: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas - Parte 1: requisitos**. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - parte 1: definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR ISO 13006: Placas cerâmicas - definições, classificação, características e marcação.** Rio de Janeiro, 2020.

BAUER, E. **Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987, 168p.

BAUER, E. (Editor) **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.

BELLUZZO, R. C. B. **Construção de mapas: desenvolvendo competências em informação e comunicação.** 2. ed. Bauru: Cá entre nós, 2007. p. 1-112.

BLOG DA LIGA. **Um novo olhar sobre desempenho de sistemas construtivos através do tempo.** Disponível em: <https://blogdaliga.com.br/um-novo-olhar-sobre-desempenho-de-sistemas-construtivos-atraves-do-tempo/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. **A influência do tipo de cimento nas argamassas.** In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 1997, Salvador. Anais... Salvador: II SBTA, 1997. 1 CD-ROM. p. 15-25.

BUZAN, Tony. **Dominando a Técnica dos Mapas Mentais: Guia Completo de Aprendizado e o Uso da Mais Poderosa Ferramenta de Desenvolvimento da Mente Humana.** 1. ed. Cultrix, 2019. p. 1-224.

BUZAN, Tony. **Mapas mentais: Métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro.** 1. ed. Editora Sextante, 2009. p. 1-96.

CARASEK, H; BAUER, E. **1º Curso de Tecnologia das construções – Argamassas de Revestimento.** Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 1997.

CAMPANTE, Edmilson F.; BAÍIA, Luciana L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** Edição I. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

CHAGAS, S. V. M. das. **Estudo e Proposta de um Modelo de Resistência à Fadiga de Argamassas de Revestimento em Estado Plano e Tridimensional de Tensões.** 2009. 173 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1., 1988, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1988. p. 157-170

CONFEA; CREA. **O código de ética começa por você profissional: código de Ética Profissional da Engenharia, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e da Meteorologia:** 2.ed. Brasília, 2003. 40 p.

CONSOLI, O. J. **Análise da durabilidade dos componentes de fachadas de edifícios, sob a ótica do projeto arquitetônico.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006, 208 p.

DUTRA, Fernanda Enéias; BRANCO, L. A. M. N; OLIVEIRA, Edna Alves. **A construção civil: em uma perspectiva econômica, ambiental e social.** 1. ed. [S.l.]: Editora Científica Digital, 2021. p. 504-518.

FIORITO, A. J. S. L. **Manual de argamassa e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: PINI, 1994.

FRANÇA, Alessandra A. V. et al. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.** *Téchne*, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011 Tradução. Acesso em: 29 maio 2023.

FELTEN, D.; GRAHL, K. F. S.; LONDERO, C. **Levantamento de manifestações patológicas em marquises de concreto armado.** *Revista Thêma et Scientia*, v. 3, n. 1, 2013.

HERMANN, Walter; BOVO, Viviani. **Mapas mentais: enriquecendo inteligências.** 1. ed. [S.l.: s.n.], 2005. p. 1-346.

GARCIA, C. A. de M. (2018). **Mapas mentais na educação profissional e instrumentos de avaliação**. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. Unidade de pós-graduação, extensão e pesquisa. Mestrado profissional em gestão e desenvolvimento da educação profissional. Março de 2018. Disponível em: www.pos.cps.sp.gov.br/files/dissertacoes/file/10/1d93a6dc45ca79cf7e1a59d8fc76062c.pdf. Acesso em 12 de abril de 2020.

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**. Dissertação de Doutorado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GOLDBERG, R. P. **Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades**. Technical Design Manual. LATICRETE International, Inc. USA. 1998.

GOVERNO DO BRASIL. **Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos**. Disponível em: www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anoario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anoario-estatistico-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos-2020-ano-base-2019.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

GRIPP, Ronaldo A. **A importância do projeto de revestimento cerâmico de fachada, para a redução de patologias**. 2008. 80f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008. Disponível em: www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Ronaldo.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

GUIMARÃES, L. E.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Proposta de Metodologia para Avaliação Comparativa do Grau de Deterioração em Edificações**. In: Congresso Latinoamericano de Patologia de la Construcción, VII., Congreso de Control de Calidad en la Construcción, IX. Anais. Mérida, Yucatán. México, 2003. v.2. p. 9-16.

HABITISSIMO. **Restauração fachadas em Recife (PE): Preços e Orçamentos**. Disponível em: <https://www.habitissimo.com.br/orcamentos/restauracao-fachadas/pernambuco/recife>. Acesso em: 29 mai. 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini.. Acesso em: 29 maio 2023., 1992

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Inspeção Predial “a Saúde dos Edifícios”**. Disponível em: https://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1541781803-Cartilha-Inspecao_Predial_a_Saude_dos_Edificios.pdf. Acesso em: 11 out. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Inspeção Predial Check-up predial: guia da boa manutenção.** – São Paulo: Liv. e Ed. Universitária de Direito, 2005.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. **Durabilidade de componentes da construção.** In: Coletânea Habitare - Construção e Meio Ambiente, ANTAC, Porto Alegre, v. 7, 2006, p. 20-57

KISS, P. Cuidado, fissuras! **Téchne** – A Revista do Engenheiro Civil, São Paulo, ano 11, n.76, p. 4, jul. 2003.

KLEIN, D. L. **Apostila do Curso de Patologia das Construções.** Porto Alegre, 1999 - 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.

LIMA, F.; DOUGLAS, W. (2018). **Mapas mentais e memorização: para provas e concursos.** 5. ed. 2. Tiragem. Rio de Janeiro: editora Impetus.

LICHTENSTEIN, N. B. (1986). **Patologia das construções: procedimento para diagnóstico e recuperação,** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, Brasil, 29 p.

LUZ, M. A. **Manifestações Patológicas Em Revestimentos Cerâmicos de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

MAPAMENTAL. **Aprenda Como Fazer Mapas Mentais.** Disponível em: <https://www.mapamental.org/mapas-mentais/aprenda-como-fazer-mapas-mentais/>. Acesso em: 1 mar. 2023.

MAPA MENTAL ORG. **7 Aplicativos para Criação de Mapa Mental**. Disponível em: <https://www.mapamental.org/mapas-mentais/7-aplicativos-para-criacao-de-mapa-mental/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MAPAS MENTAIS COM CHIRLEY. **A Mente e os Mapas Mentais**. Disponível em: <https://mapasmentaiscomchirley.com.br/a-mente-e-os-mapas-mentais/>. Acesso em: 1 mar. 2023.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na Construção Civil: Causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2007. p. 1-260.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico: BT/PCC/246. São Paulo: EPUSP, 1999, 28p

MELO JÚNIOR, C. M. **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2010, 204f.

MLS PSICOPEDAGOGIA. **MAPAS MENTAIS**. Disponível em: http://www.mlspsicopedagogia.com/mapas_mentais_49.html. Acesso em: 14 jun. 2023.

NUMATA, Fernando. NEIVA, Thiago Botelho. **Fissuras em alvenaria estrutural causadas por recalques de fundação**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 07, Vol. 08, pp. 90-99. Julho de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recalques-de-fundacao>. Acesso em: 12 set. 2023

PEDRO, E.; MAIA, L.; ROCHA, M.; CHAVES, M. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada**. Pós-graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias, FUMEC, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Belo Horizonte, 2002.

PEDRO, E. G.; MAIA, L. E. F. C.; ROCHA, M. de O.; CHAVES, M. V. **Patologia em revestimento cerâmico de fachada**. Síntese de monografia, Pós-Graduação em Engenharia de Avaliações e Perícias do CECON, Faculdade de Engenharia e Arquitetura – FEA FUMEC, Belo Horizonte, Brasil, 2002.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78

PINTAN, N. M. (2013) **Manifestações Patológicas e Estudo da Corrosão Presente em Pontes do Recife**. Dissertação (mestrado). Universidade Politécnic de Pernambuco - UPE. Recife.

QUALITAB. **Patologias na construção civil: o que são e quais são as principais?** Disponível em: <https://blog.qualitab.com.br/patologias-na-construcao-civil/>. Acesso em: 3 jan. 2023.

RÊGO, S. R. **Mecanismos de adesão em sistemas cerâmicos aderidos sujeitos à variações térmicas cíclicas**. Tese de doutorado, João Pessoa-PB, 2012.

REMASTER ENG. **Deslocamento Cerâmico (Destacamento ou descolamento cerâmico) – Principais Causas – Parte 1 – Mão de obra**. Disponível em: <http://www.remaster.eng.br/deslocamento-ceramico-destacamento-ou-descolamento-ceramico-principais-causas-parte-1-mao-de-obra/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SARAIVA, A. G. **Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachada**. 1998. 164 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

SENA, G. O. D. *et al.* **Patologia das Construções**: cc. 1. ed. Salvador: Ekoa Educação, 2020. p. 1-256.

SINDUSCONSP. **Deslocamento cerâmico é problema setorial e requer mobilização da cadeia produtiva**. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/deslocamento-ceramico-e-problema-setorial-e-requer-mobilizacao-da-cadeia-produtiva/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

SILVA, F. G. S. (2006). **Proposta de Metodologias Experimentais Auxiliares à Especificação e Controle das Propriedades Físico-Mecânicas dos Revestimentos em Argamassa**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação

EDM007A/06, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 266p.

SILVA, M. N. B. (2014). **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF**. Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-006A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198 p.

SITTER, W. R. Costs for service life optimization. The Law of fives. In: **International CEBRILEM workshop on durability of concrete structures**. Proceedings. Copenhagen: CEBRILEM, 1984, p.18-20.

SOUSA, R. D. B. **Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachadas**, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2008.

SOUZA, R. H. F.; ALMEIDA, I. R. O projeto da UFF para avaliar o desempenho de revestimentos de fachadas. In: VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas e I Internacional Symposium on Mortars Technology, Florianópolis. Anais..., 2005, CDROM.

UNIVERSIDADE DO MINHO. **Inspeção e diagnóstico de revestimentos cerâmicos aderentes**. Disponível em: <http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n30/pag%2068.pdf>. Acesso em: 7 set. 2023.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

APÊNDICE

**GUIA TÉCNICO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO**



GUIA TÉCNICO PARA IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

CAMILA RODRIGUES CHALEGRE DE LIMA

APRESENTAÇÃO

No cenário da construção civil, as fachadas são responsáveis por manter a integridade dos sistemas de uma edificação, ou seja, além da função estética elas atuam como uma barreira diante dos diferentes tipos de esforços.

Diante da necessidade de proteção, a indústria busca trazer ideias inovadoras quanto ao novo uso de novas técnicas, produtos e materiais para o sistema, sendo assim um edifício atualmente pode apresentar acabamento em revestimento cerâmico, pinturas, pedras naturais assentadas ou até mesmo peles de vidro e alumínio.

Contudo, mesmo diante de tal evolução, é comumente verificado a incidência de manifestações patológicas de origens variadas sobre o sistema de fachada. Erros de dosagem, lixiviações, expansões dos constituintes do concreto são algumas das consequências das etapas executadas incorretamente, do não seguimento de um projeto de fachada ou até mesmo da ausência de manutenção.

Buscando contribuir com os estudos atuais que visam promover os fenômenos envolvidos e a evolução deles na degradação das fachadas e como poderiam ter sido evitados, o guia propõe a elaboração de um mapa mental visando apoiar o profissional diante dos possíveis cenários de patologias em uma fachada.

DESCOLAMENTO



É tratado como descolamento, o revestimento cerâmico que se apresenta visivelmente descolado ou que por meio do ensaio de percussão, popularmente conhecido como “bate fofo”, se verifica o som cavo.

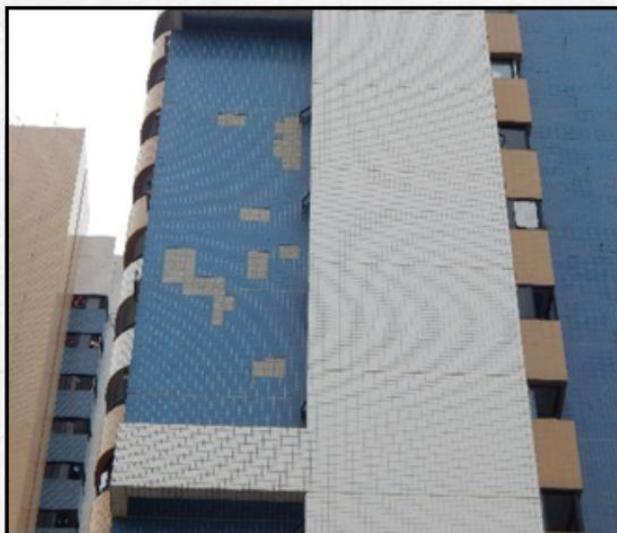
• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Não** preenchimento adequado do tardez da cerâmica;
- Assentamento **sem** técnica adequada;
- **Falta** de esmagamento dos cordões de argamassa e de percussão nas placas;
- Utilização da argamassa colante com prazo de validade vencido;
- Espessura excessiva da argamassa de emboço;
- Fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo em aberto da argamassa colante;
- Ação de fatores externos como: chuva dirigida, vento, radiação solar, choque térmico, umidade;
- Envelhecimento natural.

• MANIFESTAÇÃO

- Som cavo;
- Formação de bolsões;
- Afastamento físico da camada de acabamento.

DESPLACAMENTO



Quando ocorre a queda de placas cerâmicas, independentemente de levarem consigo argamassa de assentamento ou partes do emboço, caracteriza-se como deslocamento.

• PROVÁVEIS CAUSAS

- Não preenchimento adequado do tardez da cerâmica;
- Assentamento **sem** técnica de duplacolagem;
- **Falta** de esmagamento dos cordões de argamassa e de percussão nas placas;
- Utilização da argamassa colante com prazo de validade vencido;
- Fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo em aberto da argamassa colante;
- Ação de fatores externos como: chuva dirigida, vento, radiação solar, choque térmico, umidade;
- Instabilidade de suporte;
- Imperícia ou negligência da mão-de-obra;
- Falhas dos materiais.

• MANIFESTAÇÃO

- Queda da camada de argamassa;
- Queda das placas cerâmicas.

FISSURAS E TRINCAS



As fissuras e trincas resultam do **alívio de tensões** entre as partes de um elemento ou entre dois elementos que estejam em contato. As fissuras são aberturas mais estreitas e superficiais, na maioria das vezes causadas por **variações de temperatura ou retração do material**. As trincas são tidas como expressão coloquial e são fissuras mais largas e profundas.

NA ENVOLTÓRIA DE ABERTURAS

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Concentração** de tensões;
- Dimensionamento **incorreto** dos peitoris;
- **Ausência e/ou ineficiência** de vergas e contravergas.

• MANIFESTAÇÃO

- Aberturas lineares nos cantos das esquadrias.



FISSURAS E TRINCAS

NA INTERFACE ALVENARIA-ESTRUTURA

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Flechas excessivas** em vigas e lajes;
- **Deficiência** de ancoragem (especialmente no encontro pilar/alvenaria);
- Movimentações diferenciais; decorrentes da **variação térmica**.

• MANIFESTAÇÃO

- Aberturas lineares paralelas aos elementos estruturais;
- Configuração sinuosa, “dentes de serrate”, com ou sem ramificações, abaixo de vigas e lajes;
- Configuração denteada na interface com o pilar.



EM PAREDES CONTÍNUAS

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Expansão ou contração** dos componentes;
- **Retração** por secagem da argamassa;
- **Choque térmico**.

• MANIFESTAÇÃO

- Aberturas lineares mapeadas, formas variadas e distribuídas por toda a superfície

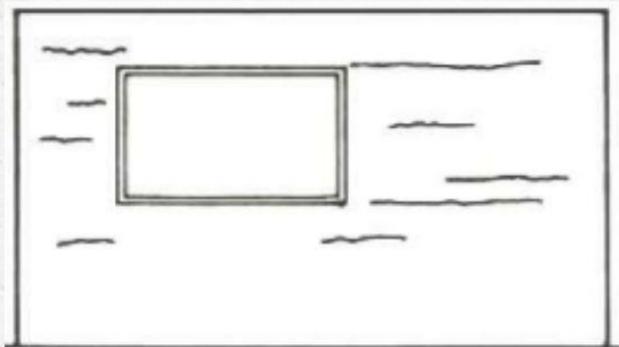


FISSURAS E TRINCAS

FISSURAS HORIZONTAIS

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Expansão** da argamassa de assentamento por hidratação retardada do hidróxido de magnésio da cal, por ataque de sulfatos ou devido à presença de argilo-minerais expansivos no agregado;
- **Sarrafeamento e desempenho precoce;**
- **Ascensão** da umidade do solo.



• MANIFESTAÇÃO

- Fissruas horizontais nos panos de fachada ou na base da alvenaria.

FISSURAS VERTICAIS OU INCLINADAS

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Enfraquecimento** do revestimento pela presença de tubos e eletrodutos;
- **Movimentações térmicas;**
- **Recalque de fundações;**
- **Acomodação estrutural.**

• MANIFESTAÇÃO

- Aberturas lineares verticais nas paredes;
- Aberturas acompanhando as juntas verticais de assentamento ou componentes de alvenaria.



FALHAS NAS JUNTAS

FALHAS NAS JUNTAS DE ASSENTAMENTO

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Fadiga** do rejunte por ciclos higrotérmicos;
- **Envelhecimento** do rejunte;
- **Especificação e/ou uso e aplicação errônea** do rejunte;
- Infiltração de **produtos potencialmente agressivos e água**;
- Impactos na região de encontro;
- Impactos da **manutenção**;
- Limpeza com **produtos inadequados**.



• MANIFESTAÇÃO

- Alteração de cor;
- Fissuração ou ainda queda do rejunte.

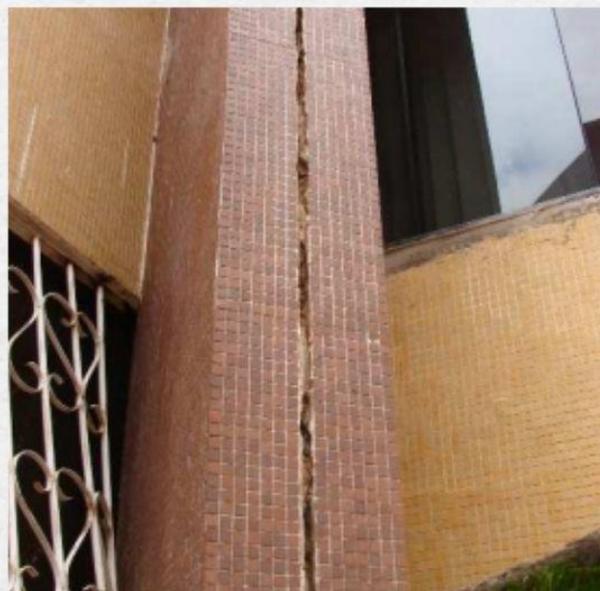
FALHAS NAS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO E DESSOLIDARIZAÇÃO

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Deficiência** de projeto, especificação e/ou execução das juntas;
- **Obstrução** da junta por uso de material rígido;
- **Falta** de manutenção.

• MANIFESTAÇÃO

- Deterioração da junta;
- Perda de estanqueidade por fissuração.



FALHAS NAS JUNTAS

FALHAS NAS JUNTAS DE MOVIMENTAÇÃO E DESSOLIDARIZAÇÃO

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Deficiência** de projeto, especificação e/ou execução das juntas;
- Escolha **incorreta** do selante;
- **Não utilização** de primer onde ele for imprescindível;
- **Procedimentos de limpeza; inadequados**, como o uso de ácidos e bases concentrados;
- Ataques de **agentes atmosféricos agressivos**;
- Ocorrência de **movimentações não previstas**;
- **Falta** de manutenção.



• MANIFESTAÇÃO

- Perda de estanqueidade por fissuração ou queda do selante;
- Envelhecimento do material de preenchimento.

MANCHAMENTO

Infiltrações, manchas, bolores, mofos e eflorescências estão entre as manifestações patológicas mais comuns. Geralmente, afetam tanto a **estética** quanto a **integridade** da estrutura envolvida

MOFOS E/OU BOLORES

• PROVÁVEIS CAUSAS

- Condições de clima favoráveis, como **ambientes úmidos, mal ventilados ou mal iluminados;**
- **Presença de microorganismos** pertencentes ao grupo dos fungos.

• MANIFESTAÇÃO

- Manchas com coloração escura, geralmente preta, marrom ou verde.



EFLORESCÊNCIA

• PROVÁVEIS CAUSAS

- **Umidade;**
- **Teor de sais solúveis** presentes nos materiais;
- **Pressão hidrostática** favorável a migração da solução de água e sais;

• MANIFESTAÇÃO

- Manchas com coloração amarelada ou esbranquiçada.



GRETAMENTO



Gretamento é a **abertura na superfície esmaltada** da placa cerâmica similar a um fio de cabelo, onde normalmente apresenta formato circular, espiral ou em forma de teias de aranha.

• PROVÁVEIS CAUSAS

- Durante a **fabricação** da placa cerâmica pela **presença de tensões residuais** entre a massa e o vidrado;
- Após o uso da placa, decorrentes da **diferença de dilatação** entre a massa do tardo e o esmalte;
- **Expansão do corpo cerâmico** pela absorção de umidade pela massa porosa ou pela retração da argamassa de emboço ou ainda pela fixação do alto teor de cimento.

• MANIFESTAÇÃO

- Aberturas similares a fios de cabelo em formas circulares, espiral ou em formas de teias de aranha.