

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HUMBERTO BRANDÃO

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS POR
MEIO DE VANTS – APLICAÇÃO AO PRÉDIO NOVO DA ENGENHARIA**

PORTO ALEGRE – RS

2020

HUMBERTO BRANDÃO

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS POR
MEIO DE VANTS – APLICAÇÃO AO PRÉDIO NOVO DA ENGENHARIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul como requisito para a obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Daniel Tregnago Pagnussat

PORTO ALEGRE – RS

2020

HUMBERTO BRANDÃO

**IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS POR
MEIO DE VANTS – APLICAÇÃO AO PRÉDIO NOVO DA ENGENHARIA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do Título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 27 de novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)

Orientador

Profa. Laís Zucchetti (UFRGS)

Eng. Caroline Giordani (Doutoranda/UFRGS)

“Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Gilberto e Silvane, por todo o carinho e toda a ajuda despendidos durante o período do meu Curso de Graduação e que foram, com toda a certeza, coautores desta conquista.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amados pais, Gilberto e Silvane, por todo o amor, ajuda e carinho dedicados a mim. Por todo o apoio durante o curso de graduação, por todo o incentivo e por toda a sua paciência. Pelos valores que me foram passados.

Ao meus amigos que direta e indiretamente me apoiaram para a realização deste trabalho. E aos que me acompanharam ao longo de toda a jornada, especialmente durante os últimos cinco anos, compartilhando momentos de descontração, estudos, discussões, conquistas e experiências.

Ao meu orientador Daniel Tregnago Pagnussat, por todo conhecimento compartilhado e por todo o suporte nas tomadas de decisões e auxílio nas adversidades.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por toda a contribuição acadêmica. Ao professor Gean Paulo Michel, que contribuiu muito durante o período de elaboração deste trabalho, na fase de levantamento de dados em campo.

A todos, que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento do presente trabalho.

RESUMO

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS POR MEIO DE VANTS – APLICAÇÃO AO PRÉDIO NOVO DA ENGENHARIA

Autor: Humberto Brandão

Orientador: Daniel Tregnago Pagnussat

Graduação em Engenharia Civil

Porto Alegre 27 de Novembro de 2020

Devido à evolução dos materiais e o acelerado crescimento da construção civil, muitos elementos e sistemas da construção civil passaram a exigir execuções mais dinâmicas e, em se tratando de revestimentos de fachada, as falhas originadas desta situação implicam reduções significativas de durabilidade e vida útil das edificações. O presente trabalho possui a finalidade de desenvolver um método de inspeção de danos em superfícies externas de edificações por meio de veículos aéreos não tripulados (VANTS), identificando-os sem a necessidade de contato direto sobre a edificação, de forma eficaz e de tempo reduzido de trabalho em campo. A partir das informações coletadas é possível diagnosticar detalhadamente as manifestações patológicas com maior ocorrência, que neste caso, foram fissurações, manchamentos e descolamentos, correlacionando com as suas possíveis causas. Os resultados obtidos foram satisfatórios e o método pode ser aplicado como uma importante ferramenta para o monitoramento de manifestações patológicas ao longo do tempo, uma vez que possibilita um diagnóstico com informações precisas sobre as manifestações patológicas e pode servir de base para a evitar o aumento em edificações existentes ou a ocorrência destas falhas em construções futuras, através da melhoria do projeto.

Palavras-chave: Revestimento de fachada; Inspeção; VANTS; Manifestações patológicas; Diagnóstico.

ABSTRACT**IDENTIFICATION OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS ON FACADES THROUGH THE USE OF RPAS – APPLICATION TO THE “PRÉDIO NOVO DA ENGENHARIA”**

Author: Humberto Brandão

Academic Advisor: Daniel Tregnago Pagnussat

Civil Engineering Graduation

Porto Alegre, november 27th, 2020

Due to the evolution of the materials and the accelerated growth of the civil construction, many elements and systems of the civil construction started to require more dynamic executions and, when it comes to facade claddings, the failures originated from this situation implies significant reductions in durability and lifespan of the building. The presente work has the purpose to develop an inspection method of damages on external surfaces of buildings by using Remotely Piloted Aircrafts (RPAs), identifying them without direct contact to the building, effectively and with reduced time of field work. From the collected informations it is possible to diagnose in a detailed way the pathologic manifestations with the highest occurrence wich, in this case, were fissures, stains and detachments, correlating with their possible causes. The results were satisfactory and the method can be applied as an important tool to monitor the pathological manifestations over time, since it allows to accurately diagnose the pathological manifestations and might serve as a basis to prevent their increase in existing buildings or their occurrence in future constructions, by improving the project.

Keywords: Facade cladding; Inspection; RPAs; Pathological manifestations; Diagnosis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Drone ANAFI Parrot.....	3
Figura 2- Sistemas de revestimento de argamassa: (a) Duas camadas; (b) Uma camada; (c) Monocamada ou RDM.....	7
Figura 3- Composição de revestimento cerâmico	9
Figura 4 - Fissuras mapeadas em fachada de edifício.....	19
Figura 5 - Fissura característica em áreas com vãos	21
Figura 6 - Manchas de umidade em muro.....	23
Figura 7 - Bolor em platibanda (Igreja de Nossa Senhora do Livramento).....	24
Figura 8 - Eflorescência em revestimento cerâmico.....	25
Figura 9 - Esquema de gretamento	28
Figura 10 - Exemplo de VANT de rotor único.....	29
Figura 11 - Exemplo de VANT multirrotor.	30
Figura 12 - Exemplo de VANT de asa fixa.	30
Figura 13 - Fachada de entrada do Prédio Novo da Engenharia.	32
Figura 14 - Distribuição dos tipos de revestimentos da edificação.....	33
Figura 15 - Fluxograma do método adotado na realização do estudo.	34
Figura 16 - Localização do Prédio Novo da Engenharia no Campus Centro da UFRGS.....	35
Figura 17 - Localização do ponto crítico utilizado como base para a definição de distâncias.	35
Figura 18 - Opções de padrão de voo.....	36
Figura 19 - Direções de caminhamento de varreduras adotadas durante os voos ...	37
Figura 20 - Imagem do VANT durante a tomada de fotografias.....	38
Figura 21 - Sombra de grua na fachada noroeste.....	39
Figura 22 - Divisão de regiões em segmento da fachada sudeste, referente à área dos anfiteatros.....	40
Figura 23 - Fissuração horizontal em platibanda, fachada noroeste	42
Figura 24 - Fissuração horizontal em platibanda, fachada sudoeste.	43
Figura 25 - Fissura vertical em revestimento monocamada	44
Figura 26 - Fissura vertical em muro de platibanda	45
Figura 27 - Mancha na fachada noroeste.....	46
Figura 28 - Influência dos detalhes construtivos nos manchamentos	47
Figura 29 - Surgimento de vegetação na fachada.....	48
Figura 30 - Área com revestimento descolado	48
Figura 31 - Fachada com descolamento de placa.....	49
Figura 32 - Camadas da parede expostas na área de vão	50
Figura 33 - Descolamento de revestimento com exposição de armadura.....	51
Figura 34 - Descolamento de revestimento cerâmico	52
Figura 35 - Marcação residual das pastilhas em área de descolamento.....	52
Figura 36 - Acúmulo de umidade em área de descolamento	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação.....	12
Tabela 2 - Classes de resistência à abrasão superficial.	13
Tabela 3 - Classes de resistência à abrasão profunda (produtos não esmaltados). .	13
Tabela 4 - Denominação das placas cerâmicas prensadas	14
Tabela 5 - Denominação das placas cerâmicas extrudadas	14
Tabela 6 - Natureza dos agentes de degradação	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo geral.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Delimitações.....	2
1.3. Estrutura do trabalho.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Sistemas de vedação vertical externa.....	5
2.1.1. Revestimentos tradicionais de argamassa	6
2.1.2. Revestimento com monocamada	7
2.1.3. Revestimentos com cerâmica.....	9
2.2. Manifestações patológicas	15
2.2.1. Fissuras e trincas.....	18
2.2.2. Biodeterioração.....	22
2.2.3. Descolamentos e desagregações.....	26
2.3. VANTs e seu uso na inspeção predial	28
3. ESTUDO DE CASO.....	32
3.1. A Edificação	32
3.2. Metodologia de avaliação.....	34
3.2.1. Planejamento.....	34
3.2.2. Coleta de dados.....	37
3.2.3. Processamento de dados	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1. Fissurações	42
4.2. Manchas e biodeterioração	45
4.3. Descolamentos e desagregações	48
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

1. INTRODUÇÃO

De forma intuitiva, as fachadas são associadas apenas à separação do exterior do interior e à estética de um edifício. Contudo, através de uma visão mais técnica, percebe-se que o seu desempenho é extremamente impactante no comportamento dos outros elementos que compõem a edificação. Justamente por ser responsável pela separação de ambientes, as fachadas são os elementos construtivos mais expostos e, portanto, encarregados de oferecer uma primeira resistência aos agentes degradantes aos quais toda edificação é sujeita, sendo assim, sua integridade é de vital importância ao longo da vida útil da construção.

A curto prazo as manifestações patológicas desvalorizam o patrimônio predial, já a médio e longo prazo também são capazes de comprometer a segurança da edificação e, conseqüentemente, das pessoas que a utilizam. Para a adoção do método de correção mais adequado para cada caso, é preciso ter conhecimento do dano que a construção apresenta. Segundo Isaías (2011), a grande maioria das patologias apresenta sintomas característicos que permitem ao especialista determinar sua origem, as causas que conduziram ao seu aparecimento e as conseqüências que poderão ocorrer caso não sejam devidamente corrigidas.

À vista deste cenário, a inspeção predial se torna cada vez mais relevante, e assim como em qualquer processo, os métodos se adequam conforme o surgimento de novas tecnologias, buscando um aprimoramento econômico, seja de tempo ou de custo. Atualmente, a nova tecnologia de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA – *Remotely Piloted Aircraft*), também conhecida como VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) ou drone, ganha cada vez mais espaço neste contexto, com a promessa de apresentar uma série de vantagens em relação aos métodos mais tradicionais de inspeção predial.

De forma a exemplificar estas vantagens sugeridas pelo uso de VANTs, toma-se uma estrutura alta, onde os trabalhadores não são capazes de acessar sem o auxílio de equipamentos como andaimes ou por meio de rapel. Além dos custos envolvidos com mão de obra e materiais de apoio, o tempo entre a preparação dos equipamentos e a chegada do profissional no local desejado é expressivamente maior que o tempo requerido por um VANT para estar posicionado. Ademais, colocar um trabalhador para serviços em altura é sempre um risco, ainda que ele esteja

devidamente protegido por equipamentos de segurança, e na ocorrência de um imprevisto, o prejuízo com o uso de VANT se dará certamente como apenas financeiro, enquanto a vida de uma pessoa é insubstituível.

Ao passo que o método apresenta tais vantagens, também propicia o surgimento de questionamentos quanto à qualidade dos dados gerados: Serão eles suficientes para um bom diagnóstico das manifestações patológicas presentes na fachada? Baseado na busca da uma resposta objetiva para esta pergunta é apresentado este estudo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo geral verificar a efetividade de sondagens com o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) na identificação de manifestações patológicas em revestimentos de fachadas de edificações.

1.1.2. Objetivos específicos

- a) Identificar as manifestações patológicas existentes nas superfícies externas das fachadas do Prédio Novo da Escola de Engenharia da UFRGS;
- b) Verificar os principais mecanismos de degradação responsáveis pelo surgimento de manifestações patológicas em sistemas de revestimento de fachadas;
- c) Diagnosticar causas e origens das manifestações patológicas, correlacionando-as com suas regiões de ocorrência;
- d) Contribuir para a preservação do patrimônio arquitetônico da UFRGS, com a apresentação de situações problemáticas presentes no edifício e que necessitam intervenção.

1.2. Delimitações

Para a realização deste estudo foi tomado como base o “Prédio Novo” da Escola de Engenharia, no campus Centro da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), estabelecido na cidade de Porto Alegre. Embora os métodos

empregados na realização desta pesquisa possam ser aplicados no estudo de qualquer edificação, é válido ressaltar que foram considerados os métodos construtivos e normas vigentes no estado do Rio Grande do Sul para a análise da estrutura em questão.

Como ferramenta principal para a obtenção de dados em campo foi utilizado um VANT, algo considerado como premissa inicial adotada na fase de elaboração desta pesquisa, e ainda, o equipamento utilizado é patrimônio da UFRGS. O registro fotográfico foi feito com o auxílio do drone ANAFI Parrot (Figura 1) que, de acordo com o fabricante, possui as seguintes características:

- a) Peso: 320 gramas;
- b) Câmera de 21 MP para fotos e capaz de produzir vídeos 4K HDR (30 fps);
- c) Tempo de voo aproximado: 25 minutos;
- d) Alcance de transmissão máximo de 4 quilômetros com controle;
- e) Baterias LiPo de alta densidade (2 células) de 2700 mAh, com duração de 25 minutos;



Figura 1 - Drone ANAFI Parrot. Fonte: <https://www.parrot.com/en/shop/buy-anafi-work>

1.3. Estrutura do trabalho

O presente trabalho encontra-se estruturado em cinco capítulos, sendo este primeiro dedicado à contextualização e justificativa do tema abordado, bem como de apresentação dos objetivos a serem alcançados e algumas condições adotadas, tais como a edificação alvo e o equipamento utilizado.

No segundo capítulo está compreendida a revisão bibliográfica, que serve como base teórica para as análises que serão feitas no decorrer do trabalho. Este tópico está dividido em três grandes seções, onde: a primeira seção trata sobre os conceitos e generalidades acerca de revestimentos de fachadas, naturalmente serão discutidos apenas os revestimentos presentes no edifício objeto de estudo; a segunda seção é dedicada às manifestações patológicas, suas causas de origem, forma como geralmente se apresentam e riscos que podem ocasionar; por fim, é tratada a utilização de VANTs para a inspeção predial, forma como devem ser utilizados, precauções que devem ser tomadas e vantagens que apresentam em relação a outros métodos.

O capítulo 3 marca o início da caracterização do estudo, inicialmente tem-se uma breve descrição do histórico do prédio a ser analisado, algumas de suas características construtivas, assim como modificações realizadas a partir de reformas. Após, é apresentado o método utilizado para a obtenção dos dados de campo, desde a fase de planejamento até a análise das imagens.

No capítulo seguinte é abordada a análise dos resultados e, conseqüentemente, as discussões a partir das observações. É nesta etapa que são apresentadas as principais manifestações patológicas existentes nas fachadas da edificação e como se distribuem sobre o sistema de revestimento.

No capítulo final são tecidas as conclusões do estudo, nos parágrafos de considerações finais e sugestões para pesquisas futuras. Também é disponibilizada, após este capítulo, as referências bibliográficas da pesquisa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas de vedação vertical externa

Um edifício é uma construção com a finalidade de abrigar atividades humanas, sendo elas de caráter habitacional, cultural, industrial ou qualquer outro tipo. Embora sua função e ambiente no qual será inserida influenciem diretamente nas decisões de projeto, existem requisitos mínimos de desempenho que todas as edificações devem cumprir. Assim como define a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), desempenho é a capacidade de atendimento das necessidades dos usuários da edificação quanto à saúde, conforto, segurança, adequação ao uso e economia e, ao analisar a maneira como a construção se comporta em relação ao meio, percebe-se que parte do resultado é dependente da forma que ela é revestida.

Além de ser uma peça-chave na estética de um edifício, é fundamental ter conhecimento que o revestimento não é apenas uma separação entre ambientes externos e internos, mas também forma a primeira barreira contra os agentes nocivos que possam existir, sejam de natureza ambiental, biológica, física ou química. Segundo Silva (2003) *apud* Flores-Colen (2009), as fachadas desempenham um papel principal no nível da concepção arquitetônica e valorização dos espaços envolventes, e são elementos integrantes do invólucro exterior edifício. São correntemente designadas por “pele” das construções na medida em que garantem e controlam com eficácia as trocas existentes entre o ambiente interior e exterior, nas formas de luminosidade, calor, ar e umidade.

No sentido de estabelecer parâmetros para os comportamentos que as edificações devem apresentar, em junho de 2013 foi publicada a Norma Brasileira de Desempenho de Edifícios Habitacionais, a ABNT NBR 15575. Entre os principais objetivos da norma estão:

- a) Estabelecimento de requisitos ou patamares mínimos abaixo dos quais as edificações não asseguram condições adequadas de uso;
- b) Estabelecimento de parâmetros no mercado de forma a reduzir a não conformidade;
- c) Definir responsabilidades mais claras, determinando quem projeta, especifica, fabrica, fornece, executa, opera e mantém;

- d) Possibilita alcançar patamares mais diferenciados de desempenho como diferencial de produto;

Dentre as tantas variáveis existentes também se apresentam inúmeros métodos construtivos. Atualmente, o mercado da construção civil conta com diversos tipos de revestimentos, como argamassa, cerâmica, porcelanato, metais, entre outros, que buscam atender aos mais específicos requisitos impostos. Entretanto, ao se tratar do prédio objeto deste estudo, ao mesmo tempo que uma parcela do revestimento é constituído de monocamada (solução recentemente adotada na obra de recuperação da fachada do edifício em estudo) a edificação também apresenta, revestimento de argamassa (Cirex) e revestimento cerâmico, sistemas convencionais já consolidados.

2.1.1. Revestimentos tradicionais de argamassa

Embora possua variações quanto aos métodos de execução e de composição, o revestimento à base de argamassa é um dos sistemas mais tradicionais existentes e, segundo Paravisi (2008), ainda é o mais utilizado no país.

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 1995), esse tipo de revestimento se divide em dois tipos:

- a) **Duas camadas:** uma camada de emboço que compõe a maior parte do revestimento e tem como principal função o cobrimento e regularização da superfície, e uma outra camada, de reboco, responsável por dar um primeiro acabamento ao sistema de revestimento.
- b) **Uma camada:** uma única camada de argamassa aderida à base, encarregada de desempenhar todas as funções no sistema de revestimento, geralmente denominada emboço paulista ou massa única.

Na Figura 2 está representada a esquematização dos sistemas de revestimento de argamassa juntamente à alternativa com o uso de monocamada, que será discutida posteriormente.

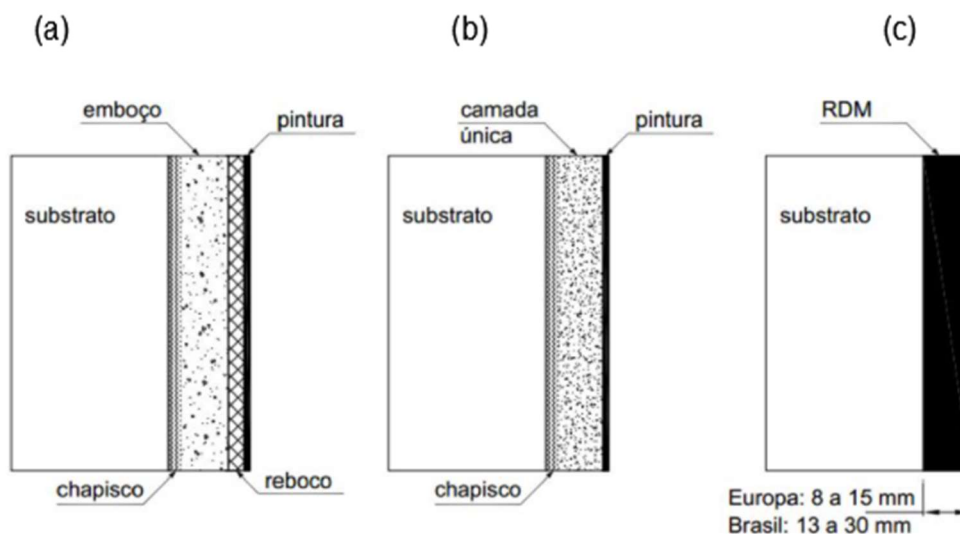


Figura 2 - Sistemas de revestimento de argamassa: (a) Duas camadas; (b) Uma camada; (c) Monocamada ou RDM. Fonte: CARASEK (2007)

Ainda que ambas as composições possuam um certo nível de acabamento, é possível e inclusive recomendável a execução de um acabamento final, principalmente como forma de proteção ao sistema de revestimento, podendo esta proteção ser composta por diferentes materiais, como pinturas, cerâmicas, pedras e outros.

Por vezes, também pode se fazer necessária a existência de uma camada dedicada à otimização da aderência na interface da base com a argamassa de revestimento (chapisco). Uma vez que as construções são executadas, em sua maioria, por sistemas convencionais, isto é, alvenaria estrutural ou estruturas de concreto armado com vedações de alvenaria, a base é composta por blocos ou tijolos cerâmicos e concreto nas áreas de pilares e vigas. Considerando esta composição, constata-se que o substrato, além de ser heterogêneo, não apresenta uma rugosidade superficial suficiente para promover uma boa aderência, o que o torna carente de uma preparação prévia, de acordo com a NBR 7200 (ABNT, 1998).

2.1.2. Revestimento com monocamada

Originado como uma alternativa ao sistema convencional, segundo Crescencio e Barros (2005), a monocamada ou “monomassa”, ou ainda, RDM (Revestimento Decorativo Monocamada), apresenta vantagens expressivas, principalmente em relação à praticidade e economia.

De acordo com o estudo realizado pela Surya Construtora (Empresa do Grupo EBM Desenvolvimento Imobiliário, de Goiás), a construtora foi capaz de obter uma economia de 25,6% ao adotar monocamada ao invés de massa única com pintura texturizada. Isso se deu principalmente devido aos custos com execução: enquanto no sistema convencional as camadas de chapisco, massa única e pintura são realizadas em momentos diferentes, na execução de monocamada o processo inteiro se resume a uma única etapa (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2015).

Além de possibilitar uma produtividade maior, as vantagens por vezes se estendem quanto à qualidade final do revestimento. Sendo um produto considerado industrializado, suas características são mais homogêneas do que a argamassa feita em obra, por ter um controle de produção mais rigoroso e a exclusão do fator humano. Seu fornecimento se dá geralmente em sacos de 30 kg, sendo necessária apenas a adição de água para a mistura, nas dosagens especificadas pelo fabricante.

Entretanto, é válido ressaltar que a viabilidade da implementação deste sistema é vinculada à qualidade dos processos construtivos anteriores. Por ser uma argamassa de custo mais elevado, seu uso para correção de imperfeições não é recomendável e, segundo Bruno Matias (coordenador de engenharia da EBM) em entrevista à Revista Construção Mercado, edição 173 em dezembro de 2015 – *“Se for comparar esse tipo de reboco com a monocapa de mesma espessura, o reboco tradicional terá um custo mais vantajoso. Então, o benefício do sistema adotado é aplicado com espessura menor.”* -. Desta forma, pode-se assumir que a viabilidade do revestimento de monocamada é inversamente proporcional à espessura do revestimento, e uma base com controle de prumo e planicidade, regularização da absorção para evitar absorção diferencial do substrato, além de controle de retração de secagem dos elementos de alvenaria, se tornam indispensáveis.

Ainda, é de conhecimento geral que o fenômeno da retração se faz relevante ao se tratar de argamassa e, como o sistema é composto por uma camada única, isso se torna ainda mais crítico, sobretudo em locais sujeitos à grandes amplitudes térmicas. De acordo com fabricantes, a exemplo da Quatzolit, as condições ideais de aplicação se encontram na faixa de 5°C a 40°C, com uma umidade relativa do ar de no mínimo 30%.

2.1.3. Revestimentos com cerâmica

Assim como nos demais sistemas de revestimento citados anteriormente, são utilizados compostos de argamassa no revestimento cerâmico, com a diferença presente na camada de acabamento, que é formada primariamente por placas cerâmicas. Conforme Medeiros e Sabbatini (1999), o revestimento cerâmico de fachada de edifícios utilizando a técnica de revestimento aderido é o conjunto monolítico de camadas, inclusive emboço, aderidas à base suporte da fachada do edifício, seja alvenaria ou estrutura, cuja capa exterior é constituída de placas cerâmicas, assentadas e rejuntadas com argamassas ou material adesivo. A Figura 3, identifica a esquematização comumente adotada na execução deste sistema de revestimento.

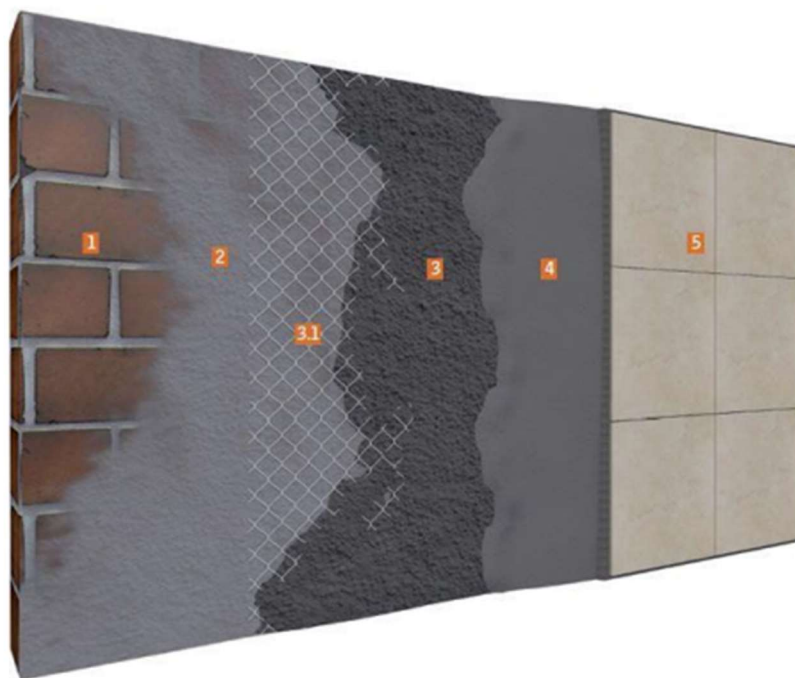


Figura 3 - Composição de revestimento cerâmico. Fonte: NAKAMURA, 2013

As numerações indicadas na imagem representam:

- (1) - Base
- (2) – Chapisco
- (3) – Emboço
- (3.1) – Reforço no emboço, com telas de estuque
- (4) – Argamassa de assentamento

(5) – Acabamento com placas cerâmicas

Considerando sua aplicação em fachadas, a avaliação da qualidade do revestimento cerâmico é muito importante, uma vez que está sujeito a um nível de exigência muito alto por conta da exposição ao qual está submetido, como sol, vento, chuvas. Outros fatores influenciadores na durabilidade deste sistema são o planejamento e a escolha correta do material, a qualidade no assentamento das peças, a qualidade da construção como um todo e a correta manutenção após a conclusão dos serviços.

As placas utilizadas para revestimentos de fachadas enquadradas no grupo das cerâmicas vermelhas possuem alta porosidade e são chamadas comercialmente de plaquetas para revestimento de parede (plaquetas de laminado cerâmico ou placas litocerâmicas). Em sua produção é utilizada a argila como matéria-prima única sem adição de outro material.

Já as placas obtidas por meio de massas compostas de diversas combinações e teores (argila, caulins, quartzito, talco, dolomita, filito, feldspato) resultam em materiais como o grês e porcelanatos. As matérias-primas dessas placas são utilizadas também em materiais enquadrados na classificação da cerâmica branca, conforme classificado pela ABC (Associação Brasileira de Cerâmica).

Como há uma grande variedade de revestimentos cerâmicos destinados à aplicação em pisos e paredes, sejam eles internos ou externos, é importante considerar seu emprego em conformidade com suas características, quanto à resistência ao desgaste, resistência a químicos, dilatação térmica, expansão por umidade, manchamentos, absorção de água e características antiderrapantes. Segundo a ABNT NBR 13816:1997, placa cerâmica para revestimento é um material composto por argila e outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pisos e paredes, sendo formada por extrusão ou por prensagem, podendo também ser conformada por outros processos, e queimada em altas temperaturas.

Além de fornecer proteção às fachadas, as placas cerâmicas transmitem beleza ao sistema através de suas cores e modelos, entretanto, a escolha da peça não deve ser resumida à estética. Para Santos (2012), é necessária uma análise detalhada de três fatores simultaneamente para que a escolha seja correta: o fator

estético desejado, o fator custo e, principalmente, o desempenho técnico necessário de acordo com o local que se deseja revestir.

Para a correta aplicação das placas cerâmicas em revestimentos de fachadas, faz-se necessário entender as suas principais propriedades técnicas. Segundo REIS (2013) *apud* CAMPANTE E BAÍA (2003), temos:

a) Composição: São comumente utilizados os grupos de cerâmica vermelha ou cerâmica branca para revestimentos.

b) Processo de fabricação: Cerâmica extrudada ou prensada, segundo a ABNT NBR 13818:1997.

Extrudada: A massa plástica é colocada em uma extrusora onde é compactada e forçada por um pistão.

Prensada: A massa granulada com baixo teor de umidade é colocada em um molde com formato e tamanho definidos para, em seguida, ser submetida a altas pressões através de prensas de grande peso.

c) Acabamento superficial: Esmaltada ou não esmaltada, segundo a ABNT NBR 13817:1997 e Campante e Baía (2003).

Esmaltadas (*glazed*) ou GL: recebem uma camada superficial de material vítreo que, depois de queimado no forno, torna a superfície da placa vitrificada.

Não esmaltadas (*unglazed*) ou UGL: quando a placa cerâmica é simplesmente queimada no forno, sem adição de esmalte.

d) Textura: Lisas e rugosas, segundo Campante e Baía (2003).

Lisas: as placas lisas têm menor capacidade de absorção térmica e proporcionam maior reflexão dos raios solares, contribuindo para um melhor comportamento térmico. Ainda permitem um maior escoamento de resíduos superficiais.

Rugosas: as placas rugosas têm maior capacidade de distribuir os fluxos de água, contribuindo para a sua proteção.

e) Cor: Divididas em placas de cores claras ou “frias” e em placas de cores escuras ou “quentes”, segundo Campante e Baía (2003).

Claras: apresentam maior capacidade de reflexão dos raios solares, diminuindo a oscilação de temperatura e as tensões no revestimento.

Escuras: apresentam maior capacidade de absorver calor dos raios solares, ficando, portanto, sujeitas a maiores temperaturas, o que leva ao aumento de tensões no revestimento.

f) Absorção de água: Uma das principais características dos revestimentos cerâmicos, indicando a porosidade, que depende do processo de produção (via seca ou úmida) e de outros fatores, como o grau de compactação da massa, a temperatura e o tempo de queima. O grau de absorção da água interfere nas outras propriedades da placa, tais como resistência mecânica, resistência ao gelo, resistência química, resistência ao impacto e resistência ao choque térmico, segundo Campante e Baía (2003). Na Tabela 1 tem-se a classificação das cerâmicas quanto ao grau de absorção.

Absorção de água (%)	Métodos de fabricação		
	Extrudado (A)	Prensado (B)	Outros (C)
0 a 0,5	AI	Bla	CI
0,5 a 3		Blb	
3 a 6	Alla	Blla	Clla
6 a 10	Allb	Bllb	ClIb
> 10	Alll	Blll	ClIl

Tabela 1 - Codificação dos grupos de absorção de água em função dos métodos de fabricação. Fonte: NBR 13817 (ABNT, 1997)

g) Resistência mecânica: É caracterizada pelo módulo de resistência à flexão e à carga de ruptura e depende tanto da composição da placa cerâmica quanto de sua espessura, segundo Campante e Baía (2003).

h) Resistência à abrasão: Pode ser medida através da abrasão superficial (para placas esmaltadas) ou da abrasão profunda (para placas não esmaltadas, como alguns tipos de porcelanato). No caso das esmaltadas a classe de abrasão é denominada PEI (“*Porcelain Enamel Institute*”), segundo Campante e Baía (2003). A Tabela 2 ilustra a classificação quanto à resistência.

Classe (PEI)	Resistência
1	Baixa
2	Média
3	Média Alta
4	Alta
5	Altíssima

Tabela 2 - Classes de resistência à abrasão superficial. Fonte: CAMPANTE e BAÍA (2003)

A Tabela 3, a seguir, mostra os valores de referência ao ensaio de abrasão profunda de placas cerâmicas não esmaltadas. Quanto menor o valor obtido no ensaio, mais resistente à abrasão será a placa cerâmica, já que a quantidade de material removido será menor.

Denominação das Placas	Resultado do Ensaio (mm ³)
Bia	≤ 175
B1b	≤ 175
B11a	≤ 345
B11b	≤ 540

Tabela 3- Classes de resistência à abrasão profunda (produtos não esmaltados). Fonte: NBR 13818 (ABNT, 1997)

- i) Resistência ao ataque de agentes químicos:** Ligada à composição dos esmaltes, à temperatura e ao tempo de queima da cerâmica, segundo Campante e Baía (2003).
- j) Dilatação térmica e expansão por umidade:** Significam um aumento da placa mediante variações de calor e umidade. A dilatação térmica é um fenômeno reversível e ocorre principalmente em locais sujeitos a aquecimentos. A expansão por umidade (EPU) é um processo irreversível e ocorre com maior intensidade em locais com alta incidência de umidade, segundo Campante e Baía (2003).
- k) Resistência ao gretamento:** Ocorre em placas esmaltadas quando a expansão ou dilatação do corpo da placa não é acompanhada pela camada de esmalte superficial. Se a camada de esmalte não acomodar esta movimentação, ocorre a fissuração em forma de fio de cabelo ou teia de aranha, segundo Campante e Baía (2003).
- l) Resistência ao choque térmico:** Significa que a placa resiste a uma grande variação de temperatura, segundo Campante e Baía (2003).
- m) Resistência ao gelo:** Em regiões frias, a água penetra nos poros da placa cerâmica e ao se congelar, aumenta de volume, danificando a placa. É

uma característica que depende, sobretudo, da absorção de água da placa, segundo Campante e Baía (2003).

n) Resistência a manchas: Indica a facilidade de limpeza da superfície da placa cerâmica, segundo Campante e Baía (2003).

As propriedades das placas cerâmicas prensadas e extrudadas estão apresentadas nas tabelas Tabela 4 e Tabela 5 a seguir, conforme indicado pela ABNT NBR 13818:1997.

Tipo de placa	Denominação	Absorção de água (%)	Módulo de resistência à flexão (N/mm ²)	Carga de ruptura (N)
Porcelanato e Revestimento Porcelanizado	Bla	0 a 0,5	≥ 35	≥ 1300
Grês	Blb	0,5 a 3	≥ 30	≥ 1100
Semigrês	Blla	3 a 6	≥ 22	≥ 1000
Semiporoso	Bllb	6 a 10	≥ 18	≥ 800
Poroso	Blll	> 10	≥ 15	≥ 600

Tabela 4 - Denominação das placas cerâmicas prensadas. Fonte: NBR 13818 (ABNT, 1997)

Tipo de placa	Denominação	Absorção de água (%)	Módulo de resistência à flexão (N/mm ²)	Carga de ruptura (N)
Extrudada	Ala	0 a 3	23	1100
Extrudada	Alla	3 a 6	20	950
Extrudada	Allb	6 a 10	17,5	900
Extrudada	Alll	> 10	8	600

Tabela 5 - Denominação das placas cerâmicas extrudadas. Fonte: NBR 13818 (ABNT, 1997)

2.2. Manifestações patológicas

Todo e qualquer material existente é sujeito ao fenômeno de degradação que, segundo Gaspar e Brito (2005), é a perda da capacidade de resposta do material às exigências, ao longo do tempo, frente aos agentes de deterioração, natureza do material e, em certos casos, a própria manutenção deste (como é o caso dos rebocos ou concretos). De acordo com Antunes (2010), geralmente as manifestações patológicas não são vinculadas a uma única fonte, mas sim uma atuação simultânea de diversos fatores promotores de degradação, o que justifica a necessidade de conhecer com um certo rigor os mecanismos de degradação a fim de caracterizar os danos em revestimentos de fachada com maior precisão.

Conforme afirmado por John e Sato (2006), os fatores de degradação são agentes que atuam sobre os materiais de uma construção e provocam alterações significativas nos materiais, que diminuem o seu desempenho. Estes agentes podem ser de natureza mecânica, eletromagnética, térmica, química ou biológica (Tabela 6).

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 muito rápidas de temperatura
Agentes químicos	Água e solventes
	Agentes oxidantes
	Agentes redutores
	Ácidos
	Bases
	Sais
	Quimicamente neutros
Agentes biológicos	Vegetais e microrganismos
	Animais

Tabela 6 - Natureza dos agentes de degradação. Fonte: ISO 15686-2 (2001)

De forma a exemplificar a ação conjunta destes agentes degradantes, pode-se tomar a ação da chuva e do vento ao incidir sobre a superfície externa de uma edificação, também chamada de chuva dirigida, que desencadeia reações no revestimento podendo ocasionar fissuras, biodeterioração e outros tipos de danos. Por ser o elemento externo das construções, os fatores associados à atmosfera são os mais atuantes sobre as fachadas e, dentre eles, a temperatura merece destaque por se mostrar como um dos agentes mais agressivos. De acordo com Consoli (2006), a temperatura é responsável por variações físicas e químicas nos materiais, gerando fissuras, descolamento e rupturas, principalmente em revestimentos porosos, por absorverem água, umidade e radiação solar, ocasionando grandes tensões nas interfaces dos componentes.

Idealmente, o efeito dos inúmeros agentes de degradação são levados em consideração durante as fases de projeto de uma edificação, com o intuito de erradicá-los ou então torná-los toleráveis. No entanto, a indústria da construção é historicamente suscetível a falhas, o que se deve muito ao fato de seus processos de execução ainda serem basicamente artesanais. Ao se realizar uma breve comparação com a indústria automobilística, nota-se que, ao contrário da construção civil, essa apresenta uma sequência definida de processos que constitui a linha de produção. Ainda que desconsiderando a utilização da automatização nesse processo que por si só já pressupõe uma redução no índice de ocorrência de falhas, uma enorme vantagem também se apresenta na obtenção de um maior controle de qualidade, enquanto as verificações de irregularidades são relativamente simples em linhas de produção, uma obra exige um programa de controle de qualidade extremamente complexo e rigoroso para que efetivamente funcione. Na construção, as falhas podem ser produtos de quaisquer das etapas do processo, seja na execução, com imperícia da mão de obra, alguma irregularidade com materiais ou até mesmo no projeto executivo, estas imperfeições dão margem à ação dos agentes degradantes que, por sua vez, podem acabar culminando no surgimento de manifestações patológicas.

Constatada a existência de falhas construtivas em uma edificação, não necessariamente há garantia quanto a presença de patologias, geralmente é preciso uma associação de falhas para o surgimento de dano ao sistema. Segundo Campante (2001), manifestações patológicas são situações nas quais o sistema de revestimento deixa de apresentar o desempenho esperado, em determinado momento de sua vida

útil, ou seja, não cumpre suas funções, deixando de atender às necessidades dos usuários. Além de prejuízos como desconforto estético, insegurança, desvalorização do imóvel, devem ser levados em consideração os transtornos gerados quando se faz necessária uma intervenção, por vezes se torna mais caro e trabalhoso um serviço de reparo do problema do que a execução de uma estrutura nova.

Conforme classificado por Pedro *et alii* (2002), as manifestações patológicas podem ser apresentadas de acordo com suas origens, da seguinte forma:

- a) Congênitas – tendo origem na fase de projeto, com erros ou omissões na observância das Normas Técnicas;
- b) Construtivas – tendo origem na fase de execução da obra, com imperícia da mão de obra e irregularidades com materiais construtivos;
- c) Adquiridas – originadas durante a vida útil dos revestimentos;
- d) Acidentais – originadas devido a uma solicitação incomum na edificação, como chuvas e ventos atípicos, recalques e incêndios.

Apesar de sua manifestação se dar em componentes específicos, as falhas podem não ser originárias dos mesmos. Os danos podem ser a reflexão de falhas em outros elementos da edificação que foram propagados para o revestimento de fachada.

Devido à sua condição de exposição, as solicitações sobre os revestimentos de fachada são diferentes para cada região climatológica. Os elementos climáticos como precipitação, vento, radiação solar, umidade relativa e temperatura contribuem com o processo de deterioração e afetam diretamente as características do edifício e sua imagem do ponto de vista da durabilidade (MELO JUNIOR, 2010). Contudo, independentemente do fator climático, algumas manifestações patológicas se mostram recorrentes em elementos de fachadas como: fissuras, manchas e bolores, descolamento ou descascamento de pintura e as manifestações de degradação do aspecto, como eflorescências, manchas de sujeira e formação de organismos.

2.2.1. Fissuras e trincas

Entre as manifestações patológicas que mais causam preocupação em usuários e profissionais da construção estão as fissuras, pois indicam eventuais irregularidades comportamentais da edificação e causam desconforto visual. Segundo Carasek (2007), as fissuras são decorrentes dos mecanismos de alívio de tensões pelas alterações dimensionais, deslocamentos e variações de volume ao longo do período de serviço, podendo ser decorrentes de processos físico-mecânicos ou químicos. Por vezes este tipo de patologia não é devido ao próprio revestimento, mas sim da base sobre o qual foi aplicado.

Conforme colocado pela NBR 15575, existem limitações que caracterizam como toleráveis as fissurações:

“Fissuras no corpo de fachadas, descolamentos entre placas de revestimento e outros seccionamentos do gênero, desde que não sejam detectáveis a olho nu por um observador posicionado a 1,00 m da superfície do elemento em análise, em um cone visual com ângulo igual ou inferior a 60°, sob iluminação natural em dia sem nebulosidade;”

Dentre as causas mais tratadas na literatura sobre o surgimento de fissuras, têm-se: as movimentações térmicas e higroscópicas, atuação de sobrecargas, deformabilidade das estruturas de concreto armado, recalques de fundação, retração dos produtos à base de cimento e as alterações químicas dos materiais de construção (THOMAZ, 1989). O autor ainda salienta que a fissuração em revestimentos de argamassa por alterações químicas pode decorrer da hidratação retardada de cales ou de ataque por sulfato. Ambas as manifestações necessitam da presença de água em reações que proporcionam o aumento de volume, e a expansão do produto destas reações tem como consequência o aparecimento de fissuras.



Figura 4 - Fissuras mapeadas em fachada de edifício. Fonte: LEM – UnB, arquivo fotográfico

a) Fissuras causadas por movimentação térmica:

As principais manifestações patológicas de origem térmica são decorrentes de: Dilatações incompatíveis entre dois materiais sujeitos a uma mesma variação de temperatura, devido aos seus distintos coeficientes de dilatação térmica; exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais; gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente.

Em se tratando de movimentações térmicas em argamassas de revestimento, a ocorrência de fissuras, sobretudo, depende do módulo de deformação da argamassa e, portanto, espera-se que a capacidade de deformação do revestimento supere com folga a capacidade da parede ou estrutura propriamente dita (Thomaz *apud* Cincotto, 1998).

b) Fissuras causadas por movimentação higroscópica

O teor de umidade de um material pode ser responsável por variações dimensionais no mesmo, de modo que ao receber água o elemento tende a se expandir e, ao perdê-la, tende a se contrair. Combinada a uma vinculação rígida que não permita que essas movimentações ocorram naturalmente, podem surgir fissuras devido aos esforços de reação.

Ainda que sua principal fonte de umidade seja a atmosfera, os elementos de fachada podem receber umidade por outros meios: em fase de execução, na qual alguns elementos requerem uma quantidade de água no processo construtivo; ascensão por capilaridade, esta possível em elementos próximos ao solo; proveniente dos próprios materiais, em componentes capazes de liberar água em excesso a partir de reações químicas e que, após a evaporação, há uma contração do material.

c) Fissuras causadas por retração

O processo de retração é complexo e intrínseco aos materiais a base de cimento, e seu aumento decorre do consumo de aglomerante, excesso de finos na argamassa e do teor da água de amassamento. Quando a argamassa endurece ocorre uma diminuição em seu volume, seja por evaporação da água excedente advinda da preparação da argamassa ou do processo de hidratação, mesmo com a secagem do elemento podem ser observadas variações nas dimensões destes devido a fatores como variações de temperatura e umidade (THOMAZ, 1989).

Além da composição dos materiais, os métodos de execução possuem influência direta sobre o surgimento de manifestações patológicas associadas à retração. Intervalo entre execução de camadas de argamassa, bem como seu número e espessura podem ser a origem do problema quando definidos incorretamente. Segundo Bauer (1994), a abertura das fissuras é proporcional à espessura da camada, o revestimento deve ser o menos espesso possível, caso as irregularidades da superfície ou a redução da permeabilidade exijam determinada espessura, se faz necessário aplicar o revestimento em camadas. Quando o revestimento for composto por várias camadas, o módulo de deformação da argamassa de cada camada deve diminuir de dentro para fora, iniciando pela diminuição do consumo de cimento.

Conforme observado por Thomaz (1989), as fissurações causadas por retração de argamassa de assentamento de alvenarias tendem a apresentarem-se sobre toda a superfície do revestimento, com linhas mapeadas e formas variadas.

d) Fissuras devido à existência de vãos

A presença de vãos em paredes, como portas e janelas, são associadas a uma não uniformidade na distribuição dos esforços existentes. As tensões tendem a se concentrar nos vértices destas aberturas, e como forma de minimizar este efeito é

indicado o reforço com vergas e contravergas para suportar e redistribuir as cargas solicitantes, porém deve-se atentar na projeção destes elementos, uma vez que seu dimensionamento incorreto pode torná-lo um agente contribuinte para o surgimento de fissuras. Conforme Caporrino (2018), este tipo de manifestação patológica pode decorrer de vergas ou contravergas insuficientes ou até mesmo na ausência delas, e de carga aplicada em alvenaria não estrutural maior do que esta pode suportar. De forma geral, estas fissuras se apresentam em ângulos próximos de 45° , originando-se nos vértices dos vãos onde são os pontos de concentração de tensão, assim como ilustrado na Figura 5.



Figura 5 - Fissura característica em áreas com vãos. Fonte: FRANCO (2017)

e) Fissuras causadas por alterações químicas de materiais

Assim como no processo de retração, esta origem de falhas é diretamente ligada às propriedades dos materiais. A argamassa tem seu princípio de fabricação de natureza química, baseada na hidratação dos silicatos e aluminatos presentes na composição do pó de cimento, contudo, independentemente do ambiente em que estão inseridos, os materiais estão sujeitos a alterações químicas indesejáveis que podem, entre outras coisas, ocasionar fissurações. Como exemplo tem-se as fissuras causadas pela expansão das argamassas de assentamento, que podem ser resultado

da hidratação retardada de cal, reação álcali-agregado e ataques por sulfatos (CARASEK; CASCUDO, 2015).

Além das causas de origem, as fissurações devem ser observadas quanto às formas em que se apresentam e sua atividade. Duarte (1998) classificou as fissuras quanto a sua forma, em isoladas e disseminadas. As isoladas se caracterizam por se apresentarem em uma única direção (horizontal ou vertical), geralmente acompanhando elementos presentes na base como juntas, vigas e pilares. Já as disseminadas usualmente formam redes, onde fissurações de diferentes direções se encontram.

Quanto à atividade, Duarte (1998) classificou as fissuras ao verificar se suas causas de formação já cessaram (inativas) ou permanecem agindo (ativas). Segundo ele, as principais fissuras ativas, que permanecem se movimentando, são aquelas decorrentes das variações de temperatura, que podem recorrer a cada mudança brusca de temperatura do ambiente (a exemplo das estações do ano). Podem existir fissuras ativas que, depois de transcorrido certo tempo de acomodação, deixam de se modificar (caso das fissuras provenientes dos recalques de fundação). As principais fissuras inativas são aquelas causadas por retração hidráulica, recalques de fundação (após a estabilização do solo) e juntas de concretagem mal executadas.

Neste contexto, são vários e complexos os fatores que podem levar à fissuração dos elementos de vedação e o controle de fissuras, muitas vezes, foge do alcance devido às características e particularidades inerentes à construção civil. Além de possíveis descolamentos, as fissuras indicam aderência insuficiente do suporte e perda de impermeabilidade do sistema de revestimento.

2.2.2. Biodeterioração

Em centros urbanos é comum o recobrimento de revestimentos externos de edificações por pó, fuligem e partículas contaminantes, que proporcionam o aparecimento de vários tipos de manchas nas fachadas. Os principais responsáveis por este fenômeno são a poluição atmosférica, a ação de microrganismos e a acumulação de partículas de sujidade (SOUSA, 2009). No caso de poluentes naturais pode-se citar os compostos de substâncias minerais, vegetais e animais. Quanto aos

resíduos industriais, estes são provenientes de indústrias e de combustões realizadas em motores de veículos, especialmente os movidos a diesel.

Para Terra (2001), os fatores que influenciam nos manchamentos são a exposição à sujeira, exposição à chuva, propriedades do material da superfície (tais como absorção, retenção de impurezas, textura, cor), geometria da superfície e características arquitetônicas. Deve-se salientar que a presença de umidade na fachada aumenta a adesão de partículas de poeira sobre o revestimento, contribuindo para o surgimento de manchas. Adicionalmente, o autor destaca a existência das chamadas “manchas bigode”, que são criadas devido ao caminho preferencial que a água tende a seguir nas superfícies dos revestimentos, provocando a erosão do material em deposição por abrasão ou dissolução. Na Figura 6, as manchas de umidade acumuladas na parte superior do muro e na marcação da trajetória descendente da água ao longo do revestimento.



Figura 6 - Manchas de umidade em muro. Fonte: vivadecora.com.br/pro/estudante/pingadeira

Segundo Luz (2004), a falta de elementos de acabamento superior da platibanda e peitoris de janelas, com pingadeiras, contribui para o surgimento de manchas, principalmente nas argamassas.

Relacionado à ação dos agentes de biodeterioração nas fachadas, tem-se o surgimento de manchas de sujeira. De acordo com Alucci *et al* (1988), o bolor é uma alteração observável macroscopicamente na superfície de diferentes materiais,

sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos. Nas edificações, os fungos promovem a decomposição de diferentes tipos de componentes, dos revestimentos ou de material orgânico sobre estes depositados.

O desenvolvimento de colônias de fungos em revestimentos internos ou de fachadas causa alteração estética de tetos e paredes, ocasionando manchas escuras indesejáveis em tonalidades marrom, preta e verde, ou eventualmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas (SHIRAKAWA, 1995).

O surgimento de bolor é decorrente da existência de umidade, com em paredes umedecidas por infiltração de água ou vazamento de tubulações. Além disso, sua proliferação e desenvolvimento requer ambientes mal ventilados e mal iluminados. Alucci *et alii* (1988) afirma que são necessárias para o desenvolvimento de bolor em edificações umidades relativas do ar acima de 75%, temperatura entre 10°C e 35°C, havendo uma variabilidade de comportamentos fora destes limites dependendo da espécie considerada, desenvolvem-se bem em meio ácido e algumas espécies apresentam crescimento razoável em pHs ligeiramente superiores a 7.



Figura 7 - Bolor em platibanda (Igreja de Nossa Senhora do Livramento). Fonte: Manifestações patológicas nas fachadas de igrejas do centro de Recife-PE, CONPAR 2017

Em projeto, deve-se garantir ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, assim como idealizar a diminuição de risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e tetos (ALUCCI; FLAUZINO; MILANO, 1988).

Caso não seja possível a prevenção e a patologia se manifeste na edificação, sua limpeza se faz necessária, com o emprego de soluções fungicidas,

podendo até ocorrer a troca de materiais contaminados por outros resistentes ao crescimento de bolor.

Outra manifestação patológica que pode ser identificada em revestimentos de fachada é a eflorescência, que se caracteriza pelo efeito de lixiviação, ou seja, o transporte de sais solúveis presentes no interior dos elementos construtivos até a superfície, provocando a deterioração do sistema. Segundo Uemoto (1988), o fenômeno só ocorre quando três condições coexistirem, que são as seguintes: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a diferença de pressão para propiciar a migração da solução para a superfície.

De acordo com Bauer *et al.* (2007), quando a fachada permanece umedecida por longos períodos de tempo e alguns sais, hidróxidos e carbonatos solúveis (presentes na argamassa ou blocos cerâmicos) dissolvem-se, depositam-se nos poros dos materiais, que ficam saturados e são levados à superfície por difusão e evaporação, resultando em um depósito salino na face externa do elemento, geralmente de tonalidade branca, assim como demonstrado na Figura 8.

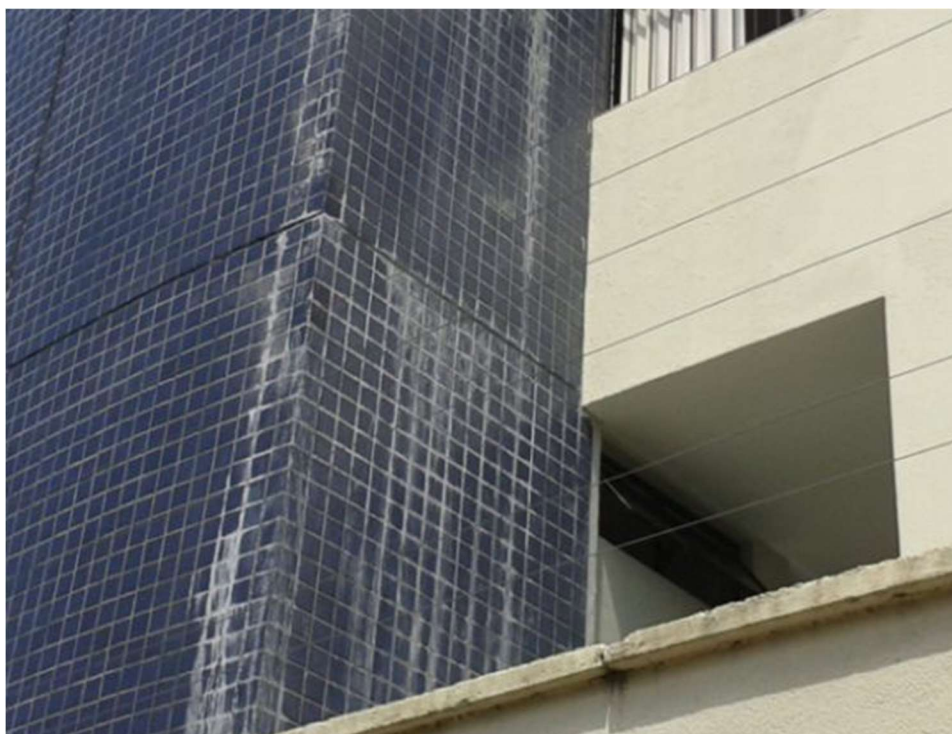


Figura 8 - Eflorescência em revestimento cerâmico. Fonte: oitomeia.com.br/colunas/engenheiro-marcos/2017/09/16/calorzao-em-teresina-imoveis-de-luxo-sofrem-com-clima-e-perdem-valor-de-mercado

2.2.3. Descolamentos e desagregações

Descolamentos se caracterizam pela separação das camadas de revestimento por falta de aderência, podendo esta separação se manifestar de diferentes formas como empolamentos, descolamentos em placas e o descolamento com pulverulência. Segundo Barros *et al.* (1997), os descolamentos podem surgir quando as tensões geradas superam a capacidade de aderência, ocorrendo através do processo de falhas ou rupturas na interface das camadas que compõem o revestimento.

Para Cincotto (1988), o descolamento por empolamento geralmente acontece quando há infiltração de água no interior do revestimento ou pela hidratação parcial da cal na argamassa que se expande, aumentando seu volume. Usualmente ocorre formação de bolhas que aumentam de diâmetro progressivamente devido ao descolamento da superfície.

Quando a origem da falha é puramente falta de aderência entre camadas, a manifestação costuma ser na forma de placas que se destacam do restante do revestimento. Para Bauer (1997) as possíveis causas deste tipo de descolamento passam principalmente por inadequações no preparo da base, como limpeza e execução de chapisco, e também nas características de execução, como número de camadas e espessuras exageradas.

Já no caso de descolamento por desagregação, Antunes (2010) a define como a perda de continuidade de argamassa de emboço, podendo se manifestar através do esfarelamento da argamassa devido a elevada pulverulência. Sua ocorrência pode estar vinculada ao baixo teor de aglomerante, presença de umidade, excesso de elementos finos na areia, aplicação de cal na argamassa que não esteja completamente hidratada, ou a dissolução e cristalização de sais. Ainda que se mantenha sobre o substrato, a argamassa que apresenta esta patologia não possui resistência mecânica conveniente e é facilmente removida do sistema ao friccionar algum objeto metálico na argamassa, que irá se esfarelar.

Ainda sobre esta última forma de manifestação de descolamento, Barros *et alii* (1997) observa sua interação com a camada de acabamento com pintura sobre o revestimento de argamassa. Segundo ele, pode se observar a desagregação e o

esfarelamento da argamassa ao ser pressionada manualmente, descolando a película de tinta juntamente com a argamassa que se decompõe com facilidade.

De acordo com Iliescu (2007), o descascamento da pintura pode ser ocasionado por aplicações de tinta sobre superfície úmida ou reboco sem cura adequada, diluição incorreta da tinta ou ainda, aplicação sobre superfícies que contenham partes soltas. Para Cincotto (1983), as tintas a óleo e à base de borracha clorada e epóxi promovem uma camada impermeável que dificulta a difusão do ar atmosférico através da argamassa de revestimento, caso a pintura seja aplicada antes do tempo, e então o grau de carbonatação atingido não será suficiente para conferir ao reboco a resistência suficiente, resultando no seu descolamento com desagregação.

Quando o acabamento do revestimento é composto por placas cerâmicas, a origem do problema geralmente se encontra na aderência entre a cerâmica e as camadas de argamassa. Esta perda de aderência é conferida quando as tensões que atuam no revestimento superam a capacidade resistiva das ligações, levando ao descolamento da peça do restante do substrato. Juntamente com os fatores debilitantes dos revestimentos de argamassa citados anteriormente nesta seção, algumas outras causas do descolamento de cerâmica são:

- a) **Dilatação e retração do componente cerâmico:** decorrentes de movimentações térmicas e higroscópicas;
- b) **Deformação estrutural excessiva:** causando deslocamento do substrato e, conseqüentemente da peça, que não é apta a absorvê-lo por completo;
- c) **Ausência de detalhes construtivos:** vergas e contravergas são capazes de absorver e redistribuir as tensões atuantes em áreas com vãos, amenizando também esforços no revestimento; juntas de movimentação são de vital importância para os revestimentos, atuando no controle das movimentações do substrato e do próprio revestimento.

Adicionalmente, Schardong (2010) destaca que trincas e fissuras em revestimentos cerâmicos representam uma perda de integridade da superfície do componente cerâmico, podendo levar ao seu descolamento. O fenômeno responsável

pelo surgimento de aberturas liniformes na superfície do componente, provenientes da ruptura parcial de sua massa, é denominado gretamento. Segundo Antunes (2010), o gretamento pode ocorrer durante a fabricação da cerâmica ou até mesmo após o seu uso, decorrente da diferença de dilatação entre a massa que constitui o tardo da peça e a camada de esmalte.

Em ocorrências na fase de fabricação, Bauer (1996) enfatiza que a peça é submetida a tensão de compressão nas suas camadas superficiais, visando aumentar sua resistência mecânica. Esta tensão resulta em uma compressão residual na peça que é liberada ao longo do tempo (meses ou anos), e caso ocorra um esforço de tração na placa, esta tensão residual é liberada repentinamente rompendo a peça, que ficará gretada (Figura 9).



Figura 9 - Esquema de gretamento. Fonte: THOMAZ (2001)

Para casos pós assentamento da cerâmica, o fenômeno é associado por Campante (2001) à expansão higroscópica do corpo e à retração da argamassa de assentamento, os quais geram tensões de tração na placa, responsáveis pelos rompimentos na camada de esmalte. Conforme concluído por Antunes (2010), a expansão por umidade sofrida pela peça é, em geral, relativamente pequena, no entanto, durante o uso e as tensões geradas quando cada uma das placas do conjunto se expande além de um determinado limite podem ser suficientes para levar ao gretamento do esmalte e comprometer a estabilidade da estrutura e levar ao destacamento.

2.3. VANTs e seu uso na inspeção predial

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), também conhecidos como drones ou RPAs (*Remotely Piloted Aircrafts*), são veículos aéreos não tripulados, ou seja, são controlado a distância. Embora em sua maioria sejam pilotados por controles

remotos, há modelos mais avançados que podem ser comandados por computadores. Estes veículos possibilitam ao piloto um amplo campo de visão, produção de mídias e acesso a áreas remotas.

Os modelos existentes atualmente podem ser divididos em três categorias relacionadas à sua forma de funcionamento, sendo elas RPAs de rotor único, multirrotores e de asa fixa. De acordo com o artigo publicado em janeiro de 2020 no site Espaço do Drone, estas categorias possuem as seguintes características:

- a) Rotor único** – Os veículos de rotor único (Figura 10) possuem uma hélice, são pequenos e ótimos para a realização de voos onde é preciso pairar com o aparelho, ao mesmo tempo que garantindo uma longa duração de voo.



Figura 10 - Exemplo de VANT de rotor único. Fonte: noardrone.com.br/lancamentos/os-principais-tipos-de-drone

- b) Multirrotores** – Os multirrotores (exemplo na Figura 11) geralmente são usados para mapeamentos. Esta categoria possui uma série de modelos distintos, sendo a quantidade de hélices que compõem a aeronave o principal elemento de comparação e que, conseqüentemente, influencia diretamente nas diferenças que os equipamentos apresentam durante os voos. A quantidade de hélices também determina a nomenclatura do modelo.



Figura 11 - Exemplo de VANT multirrotor. Fonte: noardrone.com.br/lancamentos/os-principais-tipos-de-drone

c) Asa fixa – Os RPAs de asa fixa (Figura 12) possuem design semelhante ao das aeronaves habituais, onde há um corpo central e duas asas, uma em cada lado, com apenas uma hélice para impulsionar. São essas asas que garantem a elevação do equipamento, compensando seu peso e permitindo que se mantenha em altura. Devido a esse desenho da aeronave há maior estabilidade durante os voos. Sua bateria é resistente e ainda possui um sistema de recuperação caso haja perda de energia e, em caso de falhas, é capaz de deslizar na aterrissagem, assegurando que o aparelho não seja severamente danificado na queda. No entanto, os drones de asa fixa precisam de um espaço maior para decolagem, pois não são compactos, não são capazes de pairar, precisando estar sempre em movimento e controlados por um piloto experiente.



Figura 12 - Exemplo de VANT de asa fixa. Fonte: noardrone.com.br/lancamentos/os-principais-tipos-de-drone

Em 2017, a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) aprovou o regulamento para o uso de aeronaves remotamente pilotadas. Entre estas normas está a exigência de habilitação para pilotar equipamentos com mais de 25 kg, sendo

exigido Certificado Médico Aeronáutico e o registro de voo. A licença e a habilitação também exigidas para voos superiores à altitude de 400 pés (aproximadamente 122 metros), mesmo para os equipamentos com menos de 25 kg. Além disso, há a exigência que o piloto tenha mais de 18 anos de idade. Outra resolução imposta pelo regulamento diz respeito aos voos realizados próximos a pessoas, proibindo o equipamento de estar a menos de 30 metros, a menos que haja autorização, com exceção dos órgãos de segurança pública.

Devido às suas características, os VANTs se apresentam como uma metodologia altamente eficaz para a realização de diversos serviços, inclusive na construção civil, sendo aplicáveis em muitas ramificações do setor. Exemplificando a atuação dos VANTs na Engenharia Civil, toma-se a inspeção predial de fachadas que, quando realizada por meio destes equipamentos apresenta um baixo tempo e custo de execução. A praticidade que o método possui é uma das suas principais vantagens, especialmente em processos recorrentes como este, já que uma das recomendações da NBR 5674 – Manutenção de Edificações (ABNT, 2012) é realizar a inspeção das fachadas e de todos os seus elementos com uma periodicidade de pelo menos três anos, além de atender prescrições do relatório ou laudo de inspeção. Juntamente à esta norma de manutenção, a nova norma publicada em maio de 2020, a NBR 16747: Inspeção Predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento, formam a base conceitual e executiva para as realizações destes tipos de investigação, a qual foi consultada durante a elaboração desta pesquisa.

Aliados às altas resoluções das câmeras, os VANTs são capazes de gerar fotos e vídeos de excelente qualidade de todos os pontos das fachadas. A partir disso, é possível registrar os mínimos detalhes dos problemas presentes no edifício, sem a necessidade de acessar fisicamente o local e estar sujeito aos riscos do trabalho em altura. Tendo em mãos as mídias geradas pelo equipamento, estas deverão ser submetidas à análise de um profissional habilitado, como um engenheiro ou arquiteto, que serão capazes de identificar e documentar as falhas existentes por meio da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) ou do Registro de Responsabilidade Técnica (RRT), que garantirão a valorização profissional do trabalho prestado.

3. ESTUDO DE CASO

3.1. A Edificação

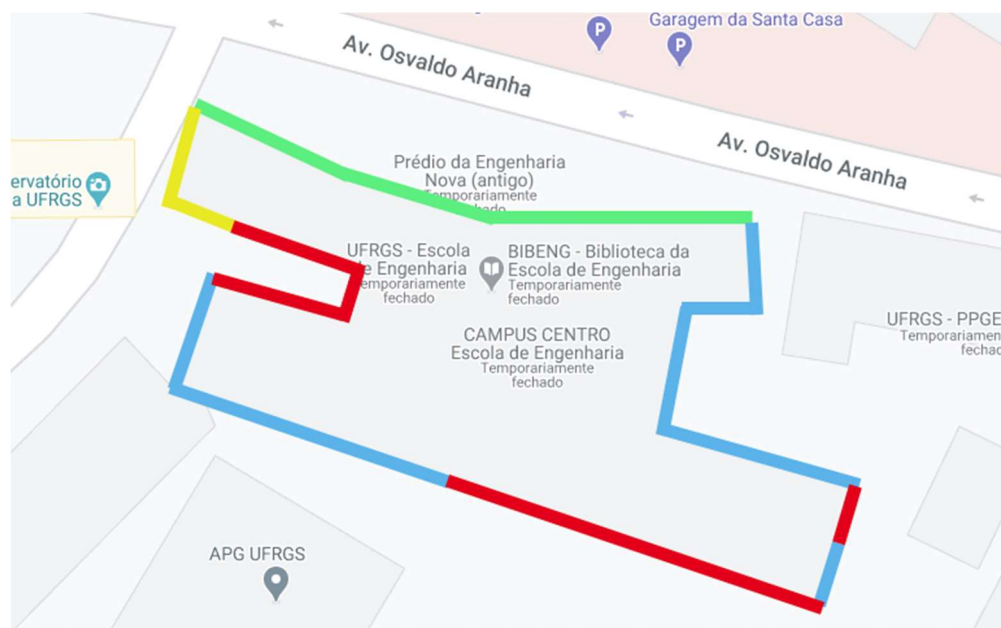
Ao se estudar a história da Escola de Engenharia da UFRGS, notam-se as condições e o contexto no qual surgiu o Prédio Novo da Engenharia, conforme descrito no livro *Escola de Engenharia/UFRGS – Um Século* (HASSEN, 1996). Sendo a demanda por espaço um problema recorrente devido às limitações do Prédio Centenário e a expansão da escola, vinha sendo adotada a instalação de galpões destinados às atividades práticas de ensino. Contudo, com a federalização da Universidade em 1951, esta solução emergencial não se mostrava mais efetiva, e a necessidade de um novo local se tornou inadiável.

Paralelamente, uma transição no ensino começava a tomar forma, onde as novas tecnologias exigiam cada vez mais dedicação à teoria, e a prática como principal base de conhecimento tornava-se obsoleta. Em meio a esse período e sobre o reitorado do professor Elyseu Paglioli, surge o Prédio Novo da Engenharia, construído entre os anos de 1955 e 1960, inicialmente com cinquenta salas de aula, dez laboratórios, uma vasta biblioteca e seis anfiteatros. Ajustada para a nova concepção de ensino que se instalara, a edificação agora fornecia salas próprias para os professores e até a recepção de novos cursos, a exemplo da Engenharia Nuclear.



Figura 13 - Fachada de entrada do Prédio Novo da Engenharia. Fonte: Escola de Engenharia/UFRGS – Um Século

Constituído de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação e divisórias leves, o edifício ainda se apresenta plenamente operacional, embora serviços de manutenção não tenham sido constantes ao longo de sua vida útil. Ainda assim, a edificação veio sofrendo modificações, as novas exigências para o bom funcionamento da Escola de Engenharia fez com que houvesse ampliações nas salas de aula, aumento na quantidade de gabinetes e acervo da biblioteca. Durante os anos de 2011 e 2012 foi realizada uma reforma em toda a área destinada à biblioteca, no segundo andar da edificação, executada pela DG Engenharia e Construções LTDA (de acordo com o site da SUINFRA/UFRGS) e, posteriormente, iniciou-se uma obra de recuperação das fachadas do prédio, projeto da Secretaria do Patrimônio Histórico e Cultural da UFRGS (atual Setor do Patrimônio Histórico/SUINFRA/UFRGS), a qual não foi completamente concluída até a data de publicação desta pesquisa e, como consequência disso, nem todos os panos de fachada da edificação foram incluídos nas análises, apenas aqueles devidamente revestidos foram considerados. Na Figura 14 estão esquematizadas as localizações das parcelas de perímetro para cada tipo de revestimento identificado.



LEGENDA	
■ Cerâmica	■ Revestimento antigo (Cirex)
■ Monocamada	■ Sem revestimento

Figura 14 - Distribuição dos tipos de revestimentos da edificação. Fonte: Autor

3.2. Metodologia de avaliação

Após a definição dos equipamentos a serem utilizados e, de forma a facilitar o entendimento de como se deu a aplicação do método, foi elaborada uma sequência lógica de procedimentos, os quais estão representados no fluxograma apresentado na Figura 15.

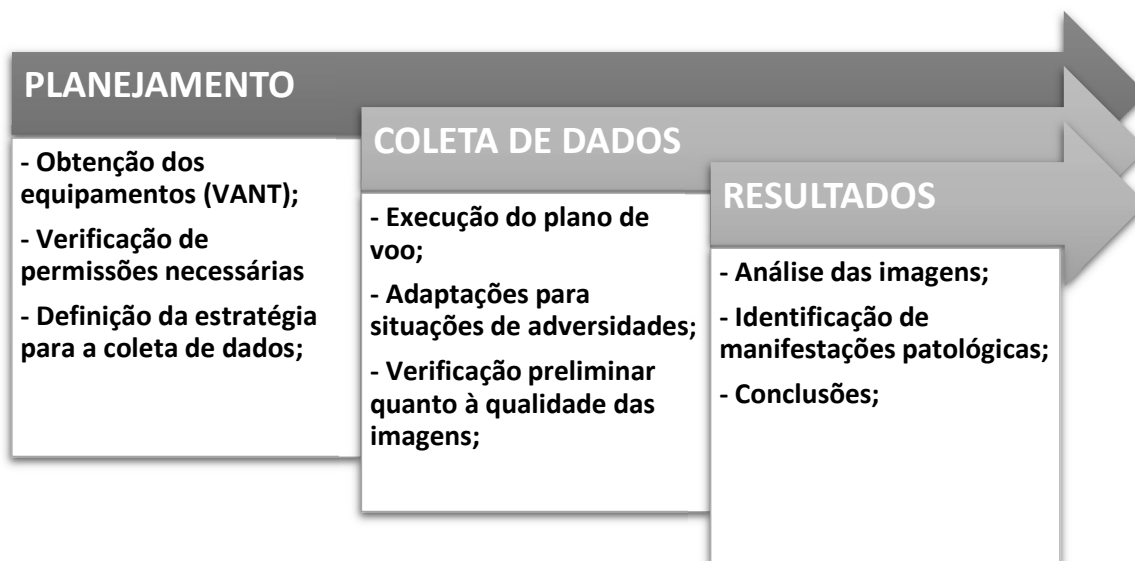


Figura 15 - Fluxograma do método adotado na realização do estudo. Fonte : Autor

Inicialmente, o método empregado na inspeção visual do prédio foi dividido em três etapas principais: Planejamento preliminar, considerando possíveis condições a serem encontradas em campo; Coleta de informações (através de imagens capturadas durante os voos); e as análises dos dados (pós voos).

3.2.1. Planejamento

De forma geral, para voar em torno de alguma estrutura é requerido um plano de voo preliminar, algo que, ao se tratar de VANTs, é geralmente realizado por meio de softwares baseados em GPS. Entretanto, o GPS não fornece uma alta precisão no controle de voo, fator indispensável para a varredura de fachadas. Ademais, o local alvo do estudo apresenta um considerável nível de interferências, tanto de obstáculos físicos na vizinhança quanto em relação ao sinal de comunicação entre o controle e o VANT. Tendo conhecimento de tais complicações, já era possível saber de antemão que o voo de forma manual seria a melhor opção e, sendo assim, foi desenvolvido um plano de voo personalizado para a estrutura em questão.

Primeiramente, foi definida a distância média otimizada a ser adotada entre o prédio e o equipamento. Para isso foi tomada como base uma das regiões críticas representada pela curta distância entre o Prédio Novo da Engenharia (edificação alvo) e o Prédio do Observatório Astronômico na fachada noroeste, como pode ser observado na planta de localização da edificação (Figura 17).

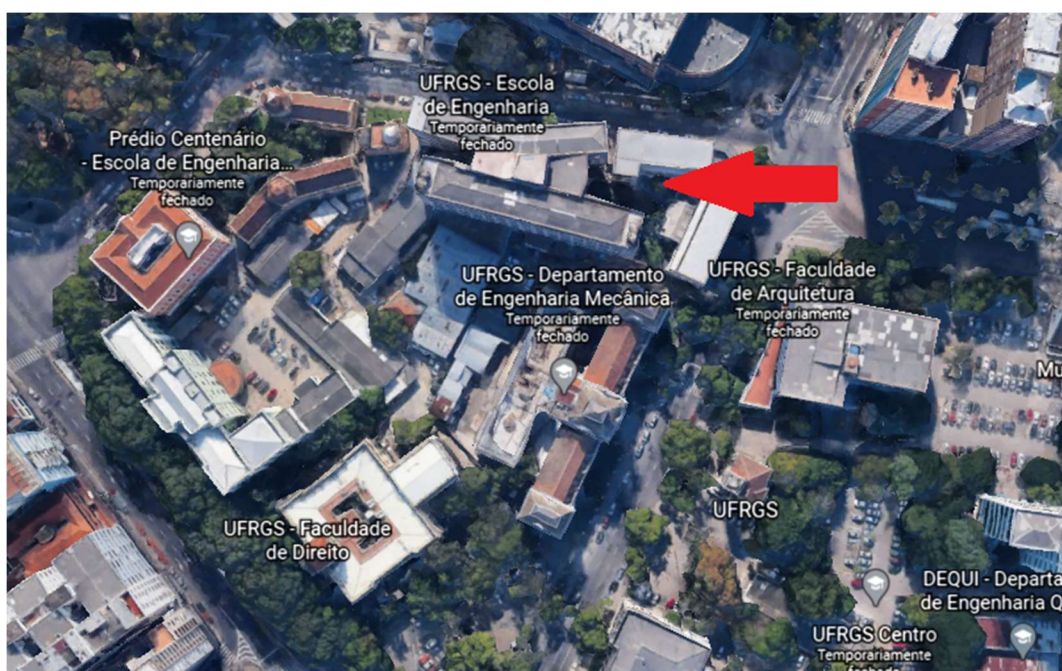


Figura 16 - Localização do Prédio Novo da Engenharia no Campus Centro da UFRGS. Fonte: Imagens geradas através do software Google Earth

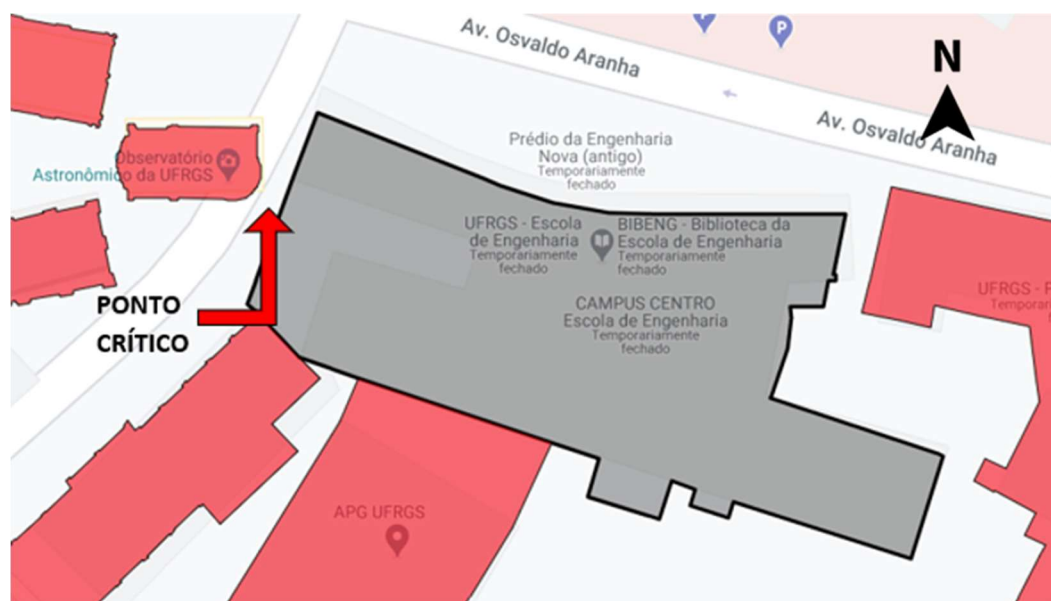


Figura 17 - Localização do ponto crítico utilizado como base para a definição de distâncias. Fonte: Autor

Este espaço limitado, além de aumentar o risco de colisões, contribui para a atuação do fenômeno conhecido como Efeito Venturi – consiste no afunilamento das correntes de vento entre dois objetos e, por consequência, a massa de ar flui com uma maior velocidade nesta seção – dificultando ainda mais o controle sobre o VANT. Somando estes fatores à ausência de sensores de colisão lateral no drone, é necessária a adoção de uma distância mínima de segurança, a qual foi definida como aproximadamente dois metros para as regiões mais críticas e, onde o espaço não era limitado entre duas estruturas foi empregada uma distância de aproximadamente três metros para abranger uma área maior de revestimento de fachada, já que a qualidade da câmera torna isso possível sem causar perdas de nitidez.

O próximo passo do planejamento foi a definição do trajeto que o VANT deveria seguir para a obtenção das imagens, para manter o rastreamento das imagens ao longo das fachadas. Em vista disso, conforme descrito por *Eschmann et alii* em 2012, dois padrões são os mais comumente adotados para a inspeção de edifícios com drones (Figura 18), o caminhamento horizontal escaneando a edificação e a varredura vertical, que facilita o alinhamento entre as imagens. Por serem diferentes entre si em termos de geometria, foram adotados padrões de caminhamento personalizados para cada pano de fachada, porém, sempre que possível, foi utilizada a varredura horizontal, que é menos suscetível a distorções na imagem por não necessitarem de movimentações verticais na câmera.

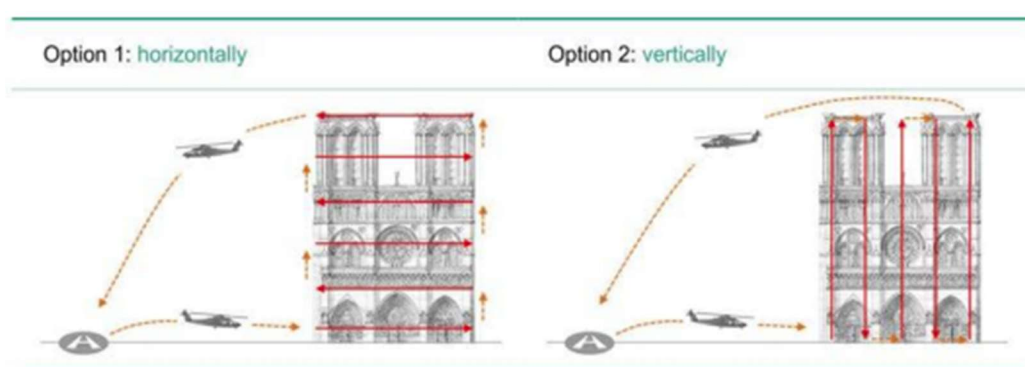


Figura 18 - Opções de padrão de voo. Fonte: C. ESCHMANN, C.-M. KUO, C.-H. KUO and C. BOLLER

Na Figura 19 estão representados os tipos de caminhamentos adotados em cada pano de fachada analisado, onde “H” representa varredura horizontal e “V” representa varredura vertical.



Figura 19 - Direções de caminhada de varreduras adotadas durante os voos. Fonte: Autor

Em apenas três setores foi adotado o caminhamento vertical, isso se deu devido às larguras pequenas nas áreas de revestimento Cirex e monocamada, onde com uma única tomada de imagens era possível cobrir todo o setor. No perímetro correspondente ao revestimento cerâmico, devido à presença de divisões verticais inerentes à arquitetura do prédio, foi adotado o sentido vertical como uma forma de simplificar o controle da localização de cada imagem na área.

3.2.2. Coleta de dados

Concluída a fase de planejamento, partiu-se para a execução da etapa de campo. Como para a realização da pesquisa foram utilizados equipamentos eletrônicos e, além disso, a iluminação é um fator importantíssimo para a tomada de boas fotografias, houve cautela para que a programação dos voos fosse feita para dias sem chuva e com boa iluminação.

Conforme relatado na seção de referencial teórico, não foi necessária a requisição de licenças especiais para a realização dos voos, uma vez que o equipamento possui menos de 25 kg e a altitude dos voos não iria ultrapassar o limite de 400 pés em nenhum momento durante esta etapa. O trabalho de levantamento das manifestações patológicas consistiu em duas vistorias *in loco*. De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora nº 13752 de 1996, vistoria é a constatação de um fato através de observação de circunstâncias e descrição detalhada e minuciosa de todos

os elementos que o constituem. Dessa forma, fazendo-se as vistorias, torna-se mais isento de subjetividade o trabalho de constatação e mapeamento dos aspectos a analisar.

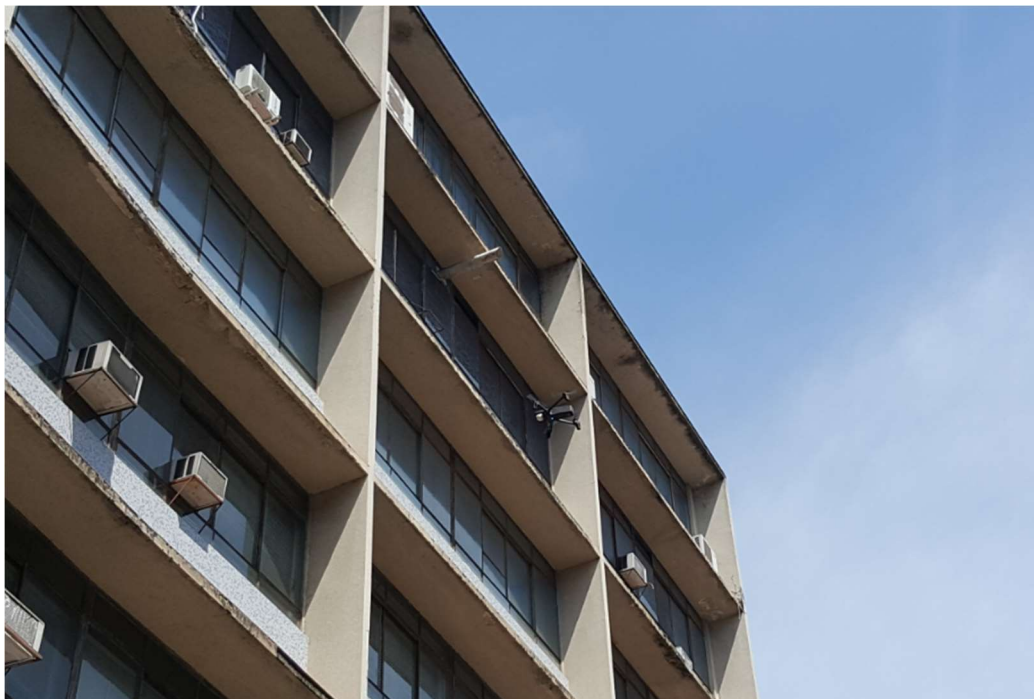


Figura 20 - Imagem do VANT durante a tomada de fotografias. Fonte: Autor

Além de dificuldades impostas por fortes ventos e interferências na comunicação entre o VANT e o seu controle durante os voos, houve outros imprevistos a serem solucionados durante a execução desta etapa. Neste tipo de serviço há de se ressaltar o risco que os objetos de vizinhança fornecem no sentido de projetar sombras sobre as fachadas, que podem ser confundidas com possíveis manifestações de dano. Sendo assim, observou-se a posição (orientação) solar a fim de manter controle acerca de tal possibilidade. Em um dos setores da fachada noroeste pôde-se observar uma sombra gerada pela presença de uma grua instalada em uma obra vizinha e, conseqüentemente, essa região recebeu uma atenção extra para que fossem descartadas as deduções a partir dos efeitos visuais que ela originou. Na Figura 21 pode-se observar a região da fachada afetada pelo sombreamento.

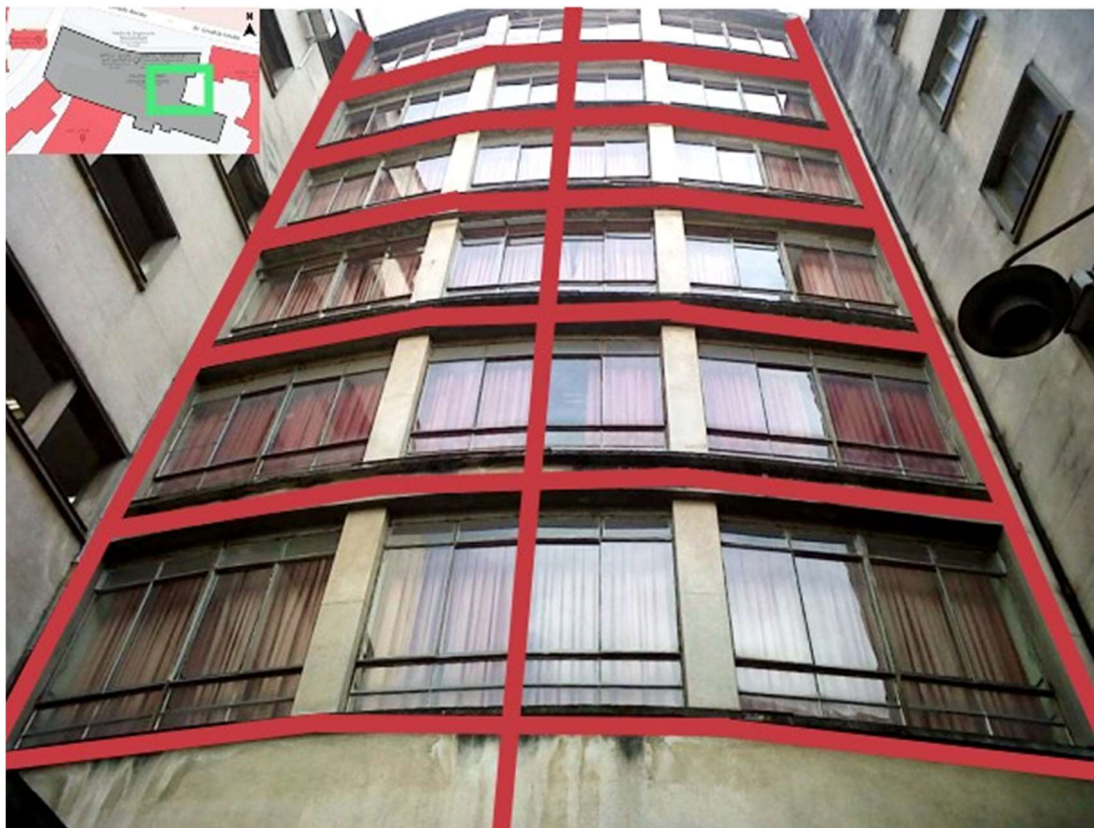


Figura 21 - Sombra de grua na fachada noroeste. Fonte: Autor

Após a aquisição das mídias é finalizado o processo de campo. Descarrega-se as imagens no computador, onde são agrupadas, organizadas e salvas em pastas individuais para facilitar os processos seguintes.

3.2.3. Processamento de dados

Com as informações coletadas na etapa anterior, inicia-se a fase principal deste estudo, que é a identificação das manifestações patológicas existentes na edificação. Entretanto, como dito anteriormente, não foi utilizado software especializado para modelar as fachadas em imagem única devido às dificuldade de aplicação para este caso particular, ao mesmo tempo que este não é o foco principal do trabalho. Sendo assim, dividiu-se cada pano de fachada em regiões, que foram fotografadas em campo e, posteriormente, identificadas a partir do trajeto pré-definido para o VANT na fase de planejamento. Tomando como exemplo fachada sudeste, que contém o segmento dos anfiteatros, sua divisão foi considerada assim como demonstrado na Figura 22, onde cada retângulo representa uma região.



*Figura 22 - Divisão de regiões em segmento da fachada sudeste, referente à área dos anfiteatros.
Fonte: Autor*

Para a etapa de investigação de danos, Tinoco (2009) identifica três métodos para a avaliação do estado de conservação de uma edificação, são eles:

- a) **Método direto:** realizado por meio de explorações com contato e manipulação sobre a edificação objeto de estudo. Quase sempre a melhor maneira é a elaboração de esboços e desenhos à mão livre. Isto porque o processo de anamnese com o edifício requer o contato do especialista com o objeto, ou seja, o toque, o sentir, o ver através dos “olhos da mãos” e não somente pelas lentes fotográficas. O método direto utiliza também ações de fragmentação ou destruição de parte dos elementos com manifestações de danos.
- b) **Método indireto:** as investigações se realizam de maneira analítica a partir da interpretação dos mais diversos tipos de documentos escritos, gráficos, iconográficos, testemunhos orais, emprego de tecnologias e instrumentos especiais. Trata-se de ações características não destrutivas, baseadas na interpretação de dados que fundamentam hipóteses e conclusões. No método indireto, também ocorre a elaboração de esboços e desenhos à mão livre permitindo criar associações com os estudos na documentação, em um processo de facilidade de ajuda à memória.

c) **Método misto:** a investigação se vale dos recursos e tecnologias não destrutivas para garantir a mínima invasão destrutiva nos elementos construtivos. Nesse método busca-se o equilíbrio entre as necessidades de aprofundamento das investigações e as capacidades de investimentos em tecnologias avançadas. Devendo-se aplicar ações exploratórias invasiva, minimalistas e pertinentes somente quando assegurados os recursos para a realização do empreendimento como um todo.

Seja qual for o método adotado pelo especialista, as investigações sobre os danos de uma edificação exigem uma abordagem interdisciplinar ampla de expertises que possam produzir o conhecimento com entendimento. Um mapeamento de danos de uma edificação, para ser confiável e preciso, exige como condição básica o conhecimento e a compreensão sobre o seu estado de conservação (SILVANO, 2014).

Como o método adotado para este estudo consiste na análise de fotografias da edificação sem nenhum tipo de procedimento invasivo, podemos tratá-lo como método indireto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Anteriormente à análise das imagens, ao investigar a constituição da edificação, foi constatada a presença de dois tipos de revestimentos, sendo eles o revestimento cerâmico na forma de pastilhas (na fachada de entrada do edifício, voltada para nordeste), e os revestimentos baseados em argamassa, seja monocamada ou cirex. Esta informação é relevante ao passo que, conhecendo a forma como estes revestimentos costumam se comportar, se torna mais preciso o diagnóstico das manifestações patológicas existentes.

A fim de realizar uma análise mais profunda e direcionada a cada tipo de manifestação patológica identificada na edificação dividiu-se este capítulo de resultados em tópicos específicos, ilustrados pelas imagens coletadas em campo.

4.1. Fissurações

Através da inspeção visual do edifício, constatou-se a presença de poucas fissurações de grandes proporções. Com exceção de alguns casos específicos, as fissuras estão presentes nos pavimentos superiores do edifício, nos topos dos muros de platibanda (Figuras Figura 23 e Figura 24).

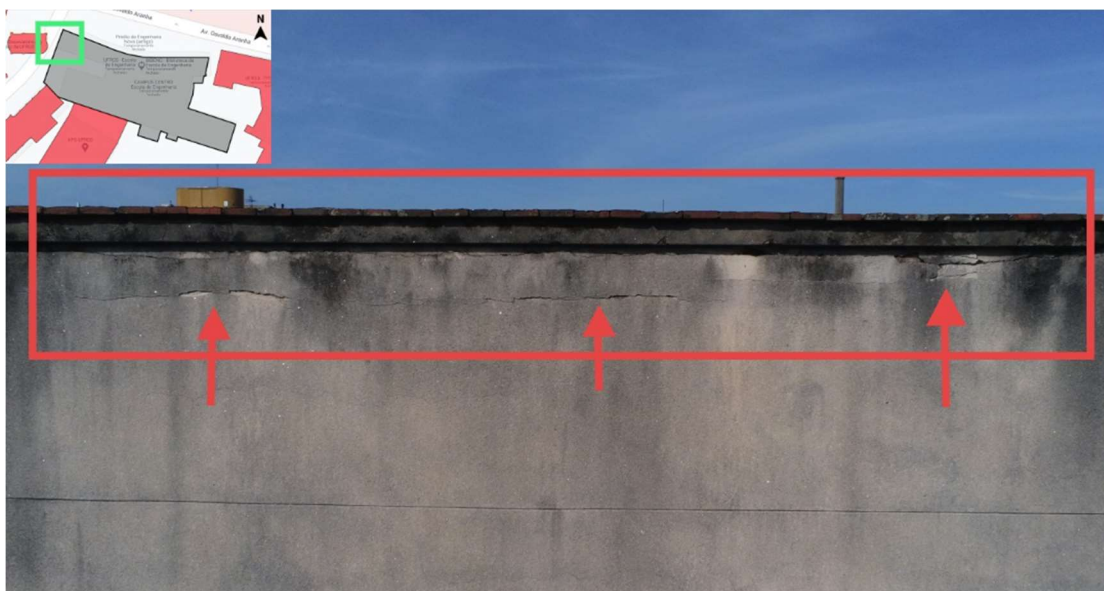


Figura 23 - Fissuração horizontal em platibanda, fachada noroeste. Fonte: Autor

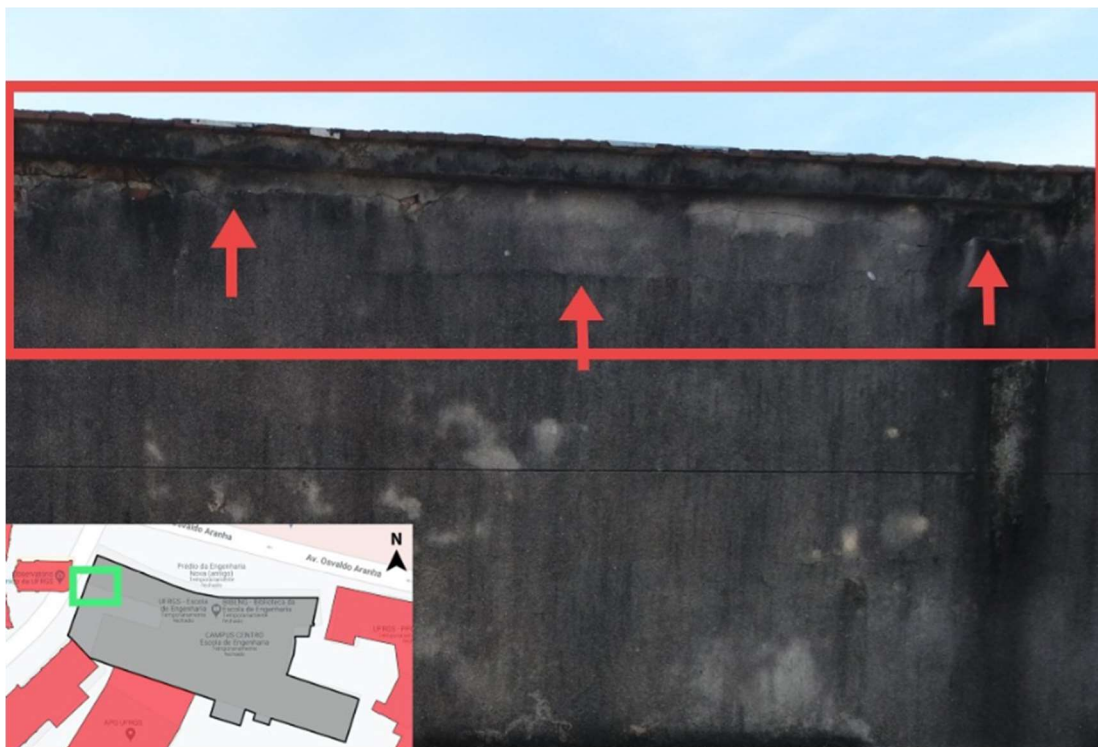


Figura 24 - Fissuração horizontal em platibanda, fachada sudoeste. Fonte: Autor

Estes tipos de fissuras identificadas são comumente originadas por fatores como: retração da parede, movimentações térmicas ou higroscópicas, ou recalque de fundação. Por estarem localizadas nas partes mais superiores da edificação descarta-se o recalque como possível causa e, como a fissuração por retração geralmente ocorre em paredes com encunhamento superior realizado em tempo menor que o recomendado pela Norma, o qual não se aplica a esse caso por ser um muro de platibanda, essa possível origem também é pouco provável. Logo, estas fissuras devem ter sido causadas por movimentações diferenciadas entre os componentes do elemento construtivo que, por estarem no topo do edifício, recebem insolação direta e incidência de chuva, de ambos os lados, absorvendo bastante umidade.

Porém, justamente devido às suas posições, estas fissuras não necessariamente oferecem consequências de caráter emergencial, pois apesar de causarem um aspecto ruim e serem condutoras de umidade, as infiltrações que podem decorrer das fissuras têm a possibilidade de não serem conduzidas diretamente para o interior da edificação, mas para o telhado ou laje de cobertura.

No caso da Figura 26Figura 25, a fissura se apresenta na direção vertical ao longo da parede de um andar intermediário do edifício.

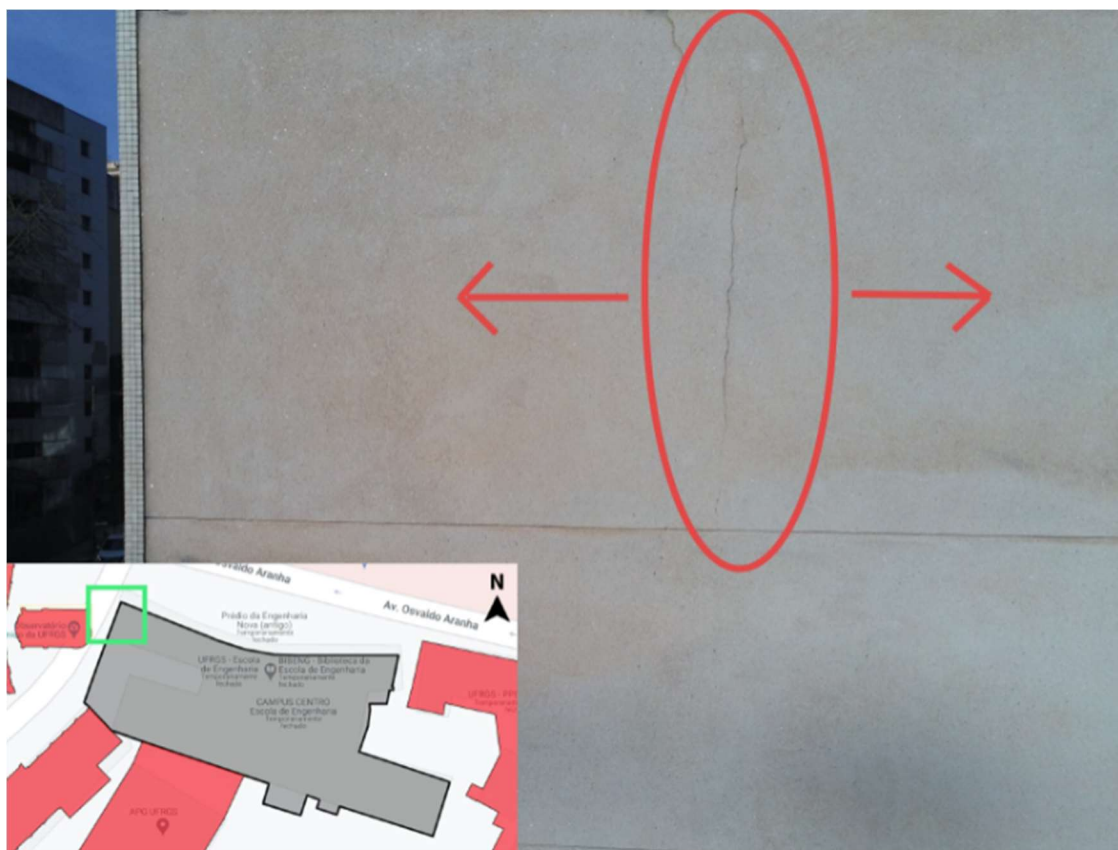


Figura 25 - Fissura vertical em revestimento monocamada. Fonte: Autor

Novamente a causa da fissuração nesta imagem tende a ser devido às movimentações térmicas, porque o revestimento nesta área foi aplicado de forma que existissem juntas horizontais. Desta forma, a deformação da camada de revestimento na direção horizontal é mais significativa e surgem tensões de tração no revestimento, originando estas fissurações. Outra possibilidade para esta manifestação patológica se dá em uma falha na amarração da alvenaria a um possível elemento estrutural, como um pilar, que pode ter dado origem a esta falha, algo que pode ser evitado tendo conhecimento prévio de todos os aspectos construtivos da edificação.

Outro caso específico de fissura vertical na edificação se deu no muro de platibanda de um dos panos da fachada noroeste (Figura 26). Assim como no caso anterior, além da causa de origem térmica, outro possível fator para o surgimento desta falha deve-se a uma falta de amarração entre alvenaria e um possível pilar junto ao canto.



Figura 26 - Fissura vertical em muro de platibanda. Fonte: Autor

4.2. Manchas e biodeterioração

Uma das manifestações patológicas mais recorrentes da edificação são as manchas escuras, que estão presentes em praticamente todas as fachadas do prédio, e são visíveis, em sua maioria, mesmo à distância.

A causa principal associada ao surgimento destas manchas, se deve ao clima relativamente úmido de Porto Alegre que, em conjunto com as partículas contaminantes e sujidades existentes no ar (devido à localização da edificação no bairro Central, com alta taxa de urbanização) e uma superfície de revestimento com certa rugosidade, levam a um aumento de absorção de água pelo revestimento e uma diminuição na taxa que a água na superfície do revestimento evapora. Dessa forma essas partículas de sujeira aderem ao revestimento e formam as manchas escuras nas fachadas, o que em locais com menos ventilação e mal iluminados pode levar ao surgimento de microrganismos.



Figura 27 - Mancha na fachada noroeste. Fonte: Autor

Na Figura 27, tem-se um exemplo claro de mancha bigode, onde o caminho realizado pela água na sua trajetória descendente é demarcado pela mancha escura. A falta de um detalhe construtivo para realizar o descolamento da água da superfície do revestimento se torna evidente, uma vez que, na região onde existe a platibanda, não há manchas.

A partir da análise de toda a edificação, pode-se constatar que as manchas de umidade são predominantemente ligadas aos detalhes construtivos, seja em sua ausência ou falha. Conforme exemplificado na Figura 28, nota-se a influência que estes detalhes têm sobre as manchas no revestimento. Na fotografia da esquerda, o peitoril atua como proteção para o revestimento, não permitindo que a água escorra para a área imediatamente abaixo da janela, e as manchas que existem na imagem decorrem da falha no detalhe de coroamento da platibanda (que está logo acima da janela) em realizar o descolamento da água do revestimento, com o agravante deste pano de fachada receber pouca iluminação, por estar voltado para o sul. Já na imagem da direita há uma falha no peitoril, que deixa a área abaixo exposta e, conseqüentemente, propicia o aparecimento de manchas de umidade.



Figura 28 – Influência dos detalhes construtivos nos manchamentos. Fonte: Autor

Ainda, há de se destacar a presença de pontos da edificação com crescimento de vegetação. Para este caso particular, a origem desta manifestação patológica se dá no transporte da semente, muda ou esporo através do vento ou então por fezes de pássaros. Para o desenvolvimento dessa planta é necessário apenas luz e água, o que é suprido pela umidade e insolação existente no local da Figura 29 na fachada nordeste, além de um local de depósito proporcionado pelas trincas e fissuras existentes.

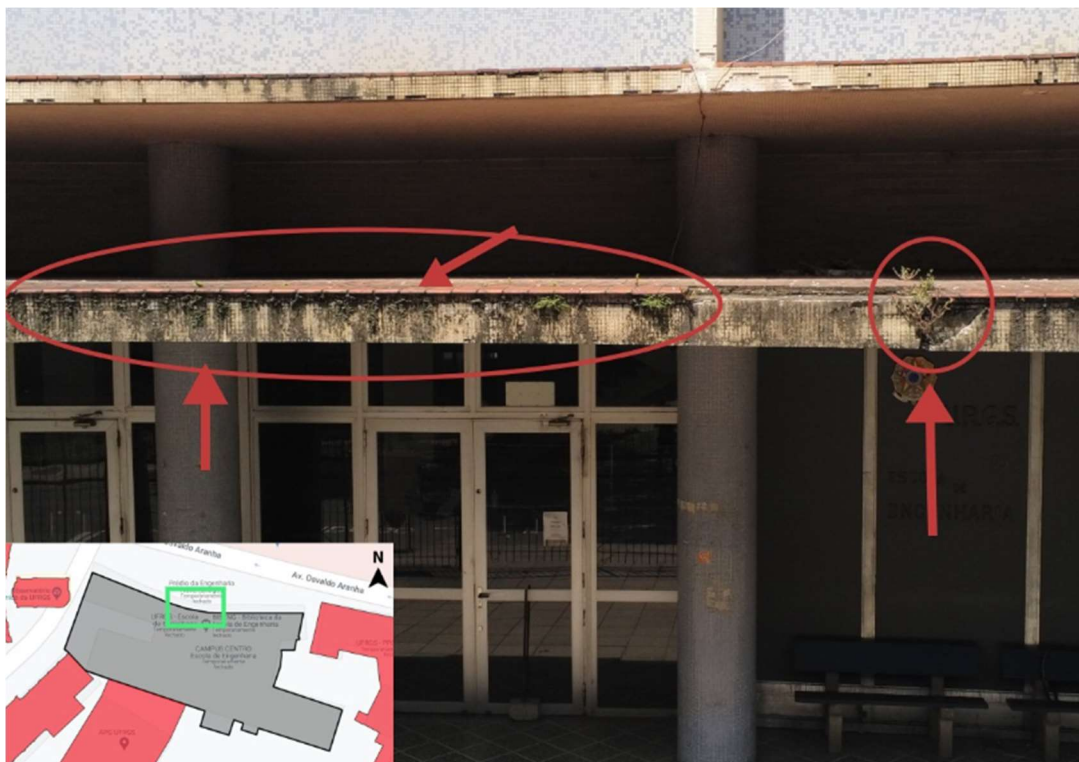


Figura 29 - Surgimento de vegetação na fachada. Fonte: Autor

4.3. Descolamentos e desagregações

Os descolamentos de revestimento de argamassa na edificação se deram principalmente na forma de placas (Figuras Figura 30 e Figura 31).



Figura 30 - Área com revestimento descolado. Fonte: Autor



Figura 31 - Fachada com descolamento de placa. Fonte: Autor

Este tipo de manifestação é comumente relacionado a: argamassa de traço pobre e/ou aplicada em camada muito espessa; superfície da base muito lisa e/ou contendo resíduos. Há ainda a ação dos ciclos de umidade, vento e insolação na área que contribuem para a perda da capacidade de aderência do revestimento, o que pode ter sido o principal fator da manifestação apresentada na Figura 30. Porém, de uma forma geral, devido ao revestimento ser constituído de argamassa de qualidade controlada e esta manifestação não ser recorrente ao longo da edificação, a causa mais provável está na fase de execução, seja a preparação da base ou então uma espessura maior do que o recomendável.

Sustentando a possibilidade de existir um excesso de espessura tem-se a Figura 32, que torna possível uma visualização das camadas componentes da parede.

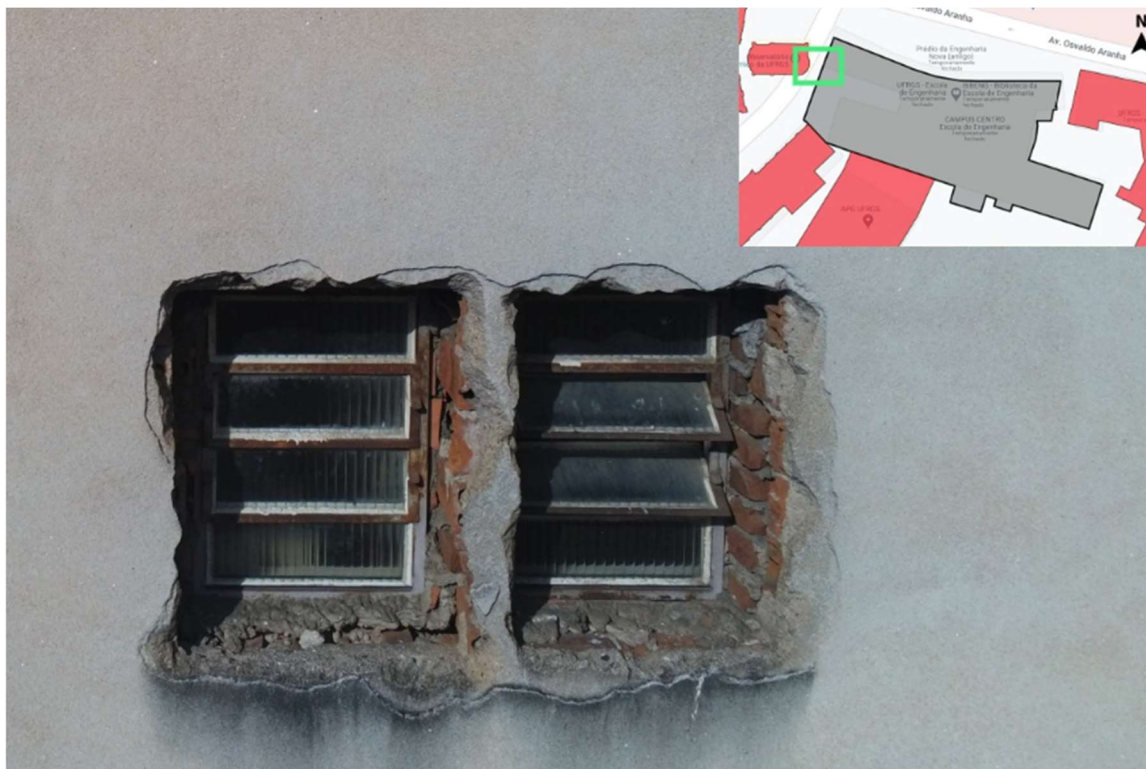


Figura 32 - Camadas da parede expostas na área de vão. Fonte: Autor

No caso da Figura 33, há evidências de movimentações higrotérmicas do substrato a partir das manchas e fissuras identificadas na área. Essas movimentações geram tensões de cisalhamento na interface entre argamassa e base, e são capazes de provocar o descolamento do revestimento. Ainda, nesta imagem é constatada exposição de armadura que, a partir das infiltrações no local acabou sofrendo corrosão, que é um fenômeno expansivo, e isto pode levar a um problema estrutural, além de diminuir a aderência da camada de revestimento.



Figura 33 - Descolamento de revestimento com exposição de armadura. Fonte: Autor

Nas áreas de revestimento cerâmico, correspondente à fachada principal da edificação (nordeste), a manifestação patológica que se apresenta é o descolamento das pastilhas cerâmicas. Conforme ilustrado na Figura 34, tem-se um caso tradicional de expansão por umidade onde a placa se descola da argamassa de assentamento, verificado nas marcas quadriculadas deixadas pelas placas nas áreas de descolamento e pelas pastilhas caídas sobre a cerâmica na base do pavimento (Figura 35).



Figura 34 - Descolamento de revestimento cerâmico. Fonte: Autor



Figura 35 - Marcação residual das pastilhas em área de descolamento. Fonte: Autor

O efeito da umidade no revestimento também pode ser observado na lateral esquerda da fachada principal, como mostra a Figura 36 correspondente à fachada noroeste do prédio.

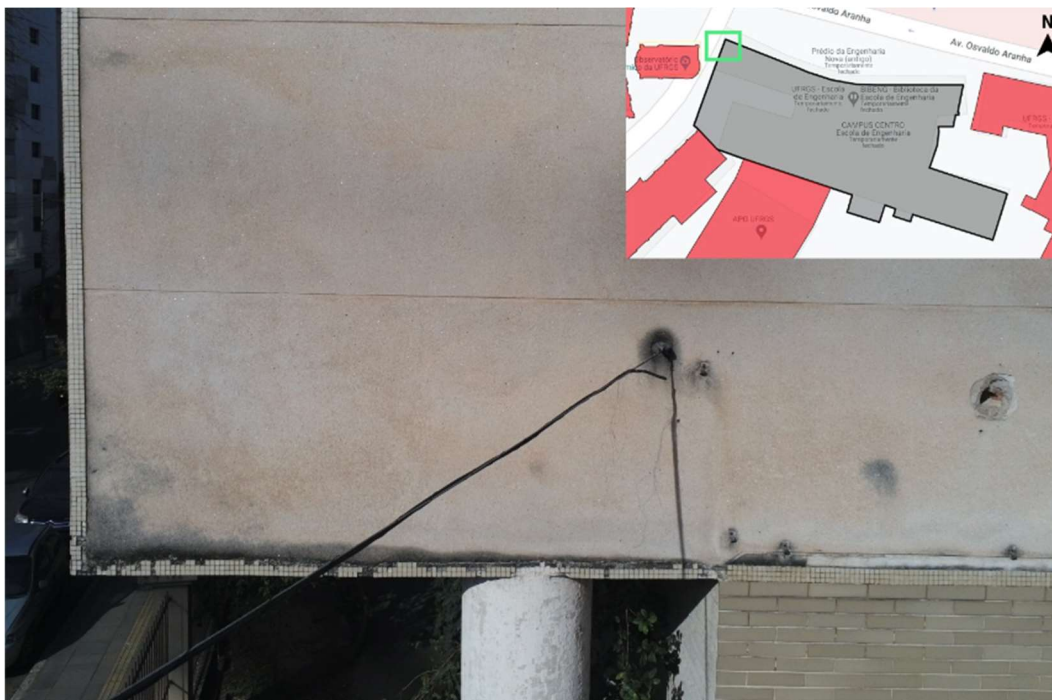


Figura 36 - Acúmulo de umidade em área de descolamento. Fonte: Autor

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A título de conclusões deste trabalho são abordadas algumas considerações importantes, tais como: aspectos da inspeção de fachada pelo uso de VANTs, limitações da metodologia e sugestões para pesquisas futuras.

De uma forma geral, a causa da maioria dos problemas existentes na edificação é relacionada à umidade, seja em descolamento de placas cerâmicas, manchamentos, bolor, quanto na contribuição para algumas fissurações. Além disso, estas manifestações ocorreram quase que exclusivamente nas partes superiores da edificação, o que leva à conclusão que uma melhor proteção contra a ação de umidade no topo do edifício, como a manutenção adequada dos detalhes construtivos ou até mesmo sua reexecução, possa ser extremamente efetivo para a mitigação dos fatores degradantes.

No caso das áreas com revestimento cerâmico, a manifestação patológica se deu através do descolamento de placas, de uma forma que possibilitou um diagnóstico simples por deixar vestígios evidentes da sua causa de ocorrência. Porém é preciso ter em mente que há a possibilidade de existirem áreas com falha de aderência, que não foram verificadas neste estudo porque só são passíveis de serem identificadas por meio de teste de percussão com ferramentas apropriadas ou então com câmeras termográficas, algo que o método impossibilita por ser fundamentado no uso de VANTs como ferramenta de investigação e o equipamento utilizado não permite o acoplamento de outras câmeras, apenas é possível a utilização da câmera original de fábrica. No entanto, na existência de manifestações visíveis e que não necessitem de acesso físico para verificações manuais, o método se mostrou comprovadamente eficaz, pois o levantamento de campo foi possível de ser realizado em apenas dois dias, confirmando a vantagem principalmente em relação à economia de tempo, mas também economia de recursos de pessoal, equipamentos e ferramentas. Entretanto, também foi verificada a necessidade de um piloto experiente para a realização deste tipo de procedimento, uma vez que houveram situações em que o equipamento apresentou falhas de comunicação com o controle e portanto, se comportou de maneira diferente do que o desejado, principalmente por ação de forças de vento no local, que gerou a necessidade de se realizar manobras para readequar sua posição e garantir a segurança do próprio equipamento e de qualquer pessoa que pudesse estar próxima.

Por terem sido identificadas de forma clara e eficiente as manifestações patológicas da edificação, bem como suas causas, pode-se considerar que este estudo atingiu seu principal objetivo, que consiste na identificação das falhas nas diferentes fachadas e diversos revestimentos determinados para o estudo. Além disso, o desenvolvimento desta pesquisa mostrou-se importante devido a sua contribuição para a preservação do Patrimônio Histórico da UFRGS, uma vez que este pode ser uma forma prática e eficiente de identificação de danos nas fachadas das edificações.

A partir das constatações e resultados obtidos neste trabalho, verifica-se a alta aplicabilidade do método para atividades voltadas à manutenção de estruturas civis e poderão ser muito mais úteis se forem compreendidos e complementados com outros estudos. Este método tem aplicabilidade significativa neste setor e, portanto, sua continuação é recomendada.

Desta forma, algumas sugestões para desenvolvimentos futuros:

- a) Complementação do método com câmeras termográficas, para auxiliar a identificação de umidade e possíveis descolamentos, além de outras aplicações;
- b) Adaptação do método utilizando ferramentas computacionais adequadas, buscando automatizar o processo de identificação das manifestações patológicas;
- c) Realizar uma comparação direta entre o método com VANTs e o método tradicional (com acesso físico), a fim de verificar quais manifestações patológicas não são possíveis de serem identificadas por VANTs, mas sim por contato direto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUCCI, M. P.; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em Edifícios: Causas e Recomendações**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. São Paulo. 1988.

ANTUNES, G. R. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento de Fachada em Brasília - Sistematização da Incidência de Casos**. Universidade de Brasília. Brasília/DF. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7200: Revestimentos de Paredes e Tetos com Argamassas - Materiais, Preparo, Aplicação e Manutenção**. Rio de Janeiro. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8214: Assentamento de Azulejos**. Rio de Janeiro. 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR: 13755: Revestimento de Paredes Externas e Fachadas com Placas Cerâmicas e com Utilização de Argamassa Colante - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13816: Placas Cerâmicas para Revestimento - Terminologia**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13817: Placas Cerâmicas para Revestimento - Classificação**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13818: Placas Cerâmicas para Revestimento - Especificação e Métodos de Ensaio**. Rio de Janeiro. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674: Manutenção de Edificações - Procedimento**. Rio de Janeiro. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13529: Revestimento de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas - Terminologia**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16747: Diretrizes, Conceitos, Terminologia e Procedimento**. Rio de Janeiro. 2020.

BAUER, E. **Fatores de Degradação - Estudo de Vida Útil**. BLOG: Materials and Materials. 2013.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora S. A., v. 2, 1994.

CAMPANTE, E. F. **Metodologia de Diagnóstico, Recuperação e Prevenção de Manifestações Patológicas em Revestimentos Cerâmicos de Fachadas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

- CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e Execução de Revestimento Cerâmico**. I. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.
- CAMPANTE, E. F.; SABBATINI, F. H. **Metodologia de Diagnóstico, Recuperação e Prevenção de Manifestações Patológicas em Revestimentos Cerâmicos de Fachada**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.
- CAPORRINO, C. F. **Patologia em Alvenarias**. 2^a. ed., 2018.
- CARASEK, H. **Aderência de argamassa à Base de Cimento Portland a Substratos Porosos: Avaliação dos Fatores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo de Ligação**. Tese de Doutorado - Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 1996.
- CARASEK, H.; CASCUDO, O. **Patologia e Terapia das Construções**. Escola de Engenharia Civil e Ambiental - UFG. 2015.
- CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAMURA, E. H. **Revestimentos de Argamassas: Boas Práticas em Projeto, Execução e Avaliação**. ANTAC. Porto Alegre. 2005.
- CINCOTTO, M. A. **Patologia das Argamassas de Revestimento: Análise e Recomendações**. 1988.
- CINCOTTO, M. A. **Patologia das Argamassas de Revestimento: Análise e Recomendações**. PINI/IPT. São Paulo. 1988.
- CONSOLI, O. J.; REPETTE, W. L. **Desempenho de Fachadas - Análise de Componentes Sob Aspectos do Projeto Arquitetônico**. Uno Chapecó. Chapecó, Santa Catarina. 2006.
- CRESCENCIO, R. M. **Avaliação do Desempenho do Revestimento Decorativo Monocamada**. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 2003.
- CRESCENCIO, R. M. **Revestimento Decorativo Monocamada: Produção e Manifestações Patológicas**. São Paulo. 2005.
- CRESCENCIO, R. M.; BARROS, M. M. S. B. **Revestimento Decorativo Monocamada: Produção e Manifestações Patológicas**. São Paulo. 2005.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em Alvenarias: Causas Principais, Medidas Preventivas e Técnicas de Recuperação**. CIENTEC. Porto Alegre. 1998.
- ESCHMANN, C. et al. **Unmanned Aircraft Systems for Remote Building Inspection and Monitoring**. 6th European Workshop on Structural Health Monitoring - Th.2.B.1. Dresden, Germany. 2012.
- ESPAÇO DO DRONE. Tipos de Drones. **Espaço do Drone**, 2020. Disponível em: <<http://espacododrone.com.br/tipos-de-drones/>>. Acesso em: 18 set. 2020.
- FRANCO, A. L. C. **Revestimentos Cerâmicos de Fachada: Composição, Patologias e Técnicas de Aplicação**. Universidade de Minas Gerais. Belo Horizonte/MG. 2008.

- GASPAR, P. L.; FLORES-COLEN, I.; BRITO, J. **Técnicas de Diagnóstico e Classificação de Fissuração em Fachadas Rebocadas**. PATORREB. 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de Edifícios, FEUP, UPC. Porto, Portugal. 2006.
- GASPAR, P.; BRITTO, J. **Assessment of the Overall Degradation Level of an Element, Based on Field Data**. 10 DBMC Internacional Conference on Durability of Building Materials and Components. Lyon. 2005.
- HASSEN, M. D. N. A.; FERREIRA, M. L. M. **Escola de Engenharia/UFRGS - Um Século**. Porto Alegre: v. 2, 1996. 113 114 p.
- ILLIESCU, M. **Diagnóstico das Patologias nas Edificações**. 2007.
- ISAÍAS, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ª. ed. São Paulo: v. 2, 2011. IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto.
- JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. **Durabilidade de Componentes da Construção**. Coletânea Habitare - Construção e Meio Ambiente, ANTAC. Porto Alegre, v. 7. 2006.
- LUZ, M. D. A. **Manifestações Patológicas em Revestimento Cerâmico de Fachada em Três Estudos de Caso na Cidade de Balneário Camboriú**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios**. São Paulo. 1999.
- MELO JUNIOR, C. M. **Influência da Chuva Dirigida e dos Detalhes Arquitetônicos na Durabilidade de Revestimentos de Fachada**. Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2010.
- OLIVEIRA, E. Construtora Obtém Economia de 25,6% com Revestimento Monocamada em Fachada. **Construção Mercado, Edição 173**, 2015.
- PARAVISI, S. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre. 2007.
- PARROT. Drone ANAFI. **Parrot**, 2020. Disponível em: <<https://www.parrot.com/en/drones/anafi>>. Acesso em: 7 out. 2020.
- PEDRO, E. G. et al. **Patologia em Revestimento Cerâmico de Fachada**. CECON, Especialização em Engenharia de Avaliações e Perícias. Belo Horizonte. 2002.
- PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1986.
- QUARTZOLIT. Monocapa Quartzolit. **Quartzolit Weber**, 2020. Disponível em: <<https://www.quartzolit.weber/solucoes-quartzolit-para-paredes-e-fachadas/fachadas-em-alvenaria-estrutural/monocapa-classic-se-quartzolit>>. Acesso em: 3 out. 2020.
- REIS, W. P. D. S. **Revestimento Cerâmico de Fachada: Projeto do Produto e da Produção**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2013.

- SABBATINI, F. H.; BARROS, M. M. **Produção de Revestimentos Cerâmicos para Paredes de Vedação em Alvenaria: Diretrizes Básicas**. Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, R6-06/90 - EP/ENCOL-6. São Paulo. 2001.
- SANTOS, M. R. G. **Deterioração das Estruturas de Concreto Armado**. UFMG. Belo Horizonte. 2012.
- SARAIVA, A. G. **Contribuição ao Estudo de Tensões de Natureza Térmica em Sistema de Revestimento Cerâmico de Fachada**. Universidade de Brasília. Brasília/DF. 1998.
- SCHARDONG, G. K. **Manifestações Patológicas em Edificações Escolares: O Caso de Caxias do Sul**. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul. 2010.
- SHIRAKAWA, M. A. **Identificação de Fungos em Revestimentos de Argamassa com Bolor Evidente**. Goiânia. 1995.
- SILVA, A. F. **Manifestações Patológicas em Fachadas com Revestimentos Argamassados: Estudo de Caso em Edifícios em Florianópolis**. Florianópolis. 2007.
- SILVANO, M. C. **Identificação de Danos em Fachadas de Edificações por Meio de Imagens Panorâmicas Geradas por Plataforma Robótica**. Universidade de Brasília. Brasília. 2014.
- SOUSA, A. C. D. **Monomassas Caracterização Comparativa dos Produtos Vigorantes no Mercado**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP. Porto, Portugal. 2009.
- SOUSA, J. G. G. D. **Contribuição ao Estudo das Propriedades das Argamassas de Revestimento no Estado Fresco**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília. 2005.
- TERRA, R. C. **Levantamento de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachadas das Edificações da Cidade de Pelotas**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.
- THOMAZ, E. As Causas de Fissuras. *Téchne*, n. 36, p. 44 49, 1998.
- UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos Causados por Eflorescência**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo. 1988.