



**CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS
ÂNIMA EDUCAÇÃO**

DANIELA GOVONI SOTELO

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM EDIFÍCIO
HISTÓRICO LOCALIZADO EM PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO DE CASO.**

Porto Alegre

DANIELA GOVONI SOTELO

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM EDIFÍCIO
HISTÓRICO LOCALIZADO EM PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil,
do Centro Universitário Ritter dos Reis,
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel.

Orientador: Prof. Msc. Newton Chwartzmann

Porto Alegre

2023

NOME DO ALUNO

**ESTUDO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UM EDIFÍCIO
HISTÓRICO LOCALIZADO EM PORTO ALEGRE/RS: ESTUDO DE CASO.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Ritter dos Reis.

Porto Alegre, _____ de _____ de 2023.

Prof. Msc. Newton Chwartzmann
Orientador

Prof. Msc. Luciano Herbstrith Bessauer
Professor Avaliador

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador, Professor Newton Chwartzmann, por conduzir seu trabalho com muita competência e comprometimento durante toda essa jornada.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil da UniRitter, que foram primordiais para a minha formação.

À arquiteta Rosângela Jardim, pela amizade e essencial contribuição na escolha do tema dessa pesquisa.

Ao meu marido João Paulo Loureiro Pardelhas, pelo carinho e dedicação, pelo otimismo incondicional, por alegrar meus dias e me fazer sorrir.

À minha irmã Eniale Govoni Sotelo, que me ensinou as primeiras letras e números, por me ajudar a estabelecer desde criança um laço de carinho com o conhecimento.

À minha mãe Elaine Govoni Sotelo, pelo exemplo de força, fé e perseverança; por nunca medir esforços para atender minhas necessidades e me oportunizar o melhor possível; pelo amor incondicional.

Agradeço especialmente ao meu pai, Sergio Sotelo, que mesmo não estando mais aqui entre nós, deixou uma das lições mais importantes: que nunca é tarde para irmos atrás dos nossos sonhos. Pai, eu te vi receber teu diploma do curso de direito após os 40 anos e através do teu exemplo hoje pude entender que a vida é ter coragem, não parar e recomeçar. Obrigada por me mostrar o valor do trabalho e do estudo, por me apoiar nas minhas decisões, por ter sido meu amigo durante toda a tua vida, por ter paciência de brincar comigo, de me contar histórias e responder todas as minhas perguntas curiosas quando eu ainda era criança.

RESUMO

O presente trabalho consistiu em um estudo das manifestações patológicas encontradas em um edifício de quatro pavimentos, construído em 1930 e localizado no Bairro Centro Histórico, em Porto Alegre/RS. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, abordando as principais manifestações patológicas em edificações, bem como formas de diagnosticá-las e corrigi-las. Visitas técnicas foram realizadas no local de estudo, com a finalidade de identificar e registrar por meio de fotografias as manifestações patológicas aparentes. Serviços de reforma, executados a fim de trazer melhorias para a edificação, também foram identificados e descritos no presente trabalho, assim como o projeto de recuperação que se encontra em andamento. Foram reconhecidas diversas manifestações patológicas na edificação. As mesmas foram analisadas, a fim de se estabelecer suas prováveis causas e propor intervenções para corrigir os problemas. Concluiu-se que a grande maioria das manifestações patológicas tem sua origem pela presença e permanência da umidade na edificação. Pode-se perceber ainda que os problemas foram agravados pela falta de manutenção do prédio, especialmente considerando-se o fato de que o local esteve abandonado por um longo período. Entende-se, então, que o sucesso da reforma em curso passa pelo projeto executivo, escolha de materiais e treinamento da equipe, sempre acompanhada de profissional habilitado.

Palavras-chave: Engenharia Civil. Manifestações Patológicas. Edifício Histórico.

ABSTRACT

The present work is a study of pathological manifestations found in a building of four floors, located at Centro Histórico district, in Porto Alegre-RS. First of all, a literature review was carried out, about the main pathological manifestations and its diagnosis and correction ways. The place of study was visited, with the aim of identify and take photos of evident pathological manifestations. Services implemented to make the building better was also identified and described in this work. A recovery project is ongoing and was explained too. A several pathological manifestations was recognized and analyzed, in a way to understand its causes and purpose interventions to correct the problems. It was possible to conclude that the mains pathological manifestations has as origin the presence and constancy of humidity in the building. It was clear the the problema got worse because the building was unkept, specially taking in consideration that the place was neglected by a long time. It is noticed that the success of recovering that are ongoing depends on the executive project, materials choices and staff's preparation, always attended by expert professionals.

Key-words: Civil Engineering. Pathological Manifestations. Historical Building.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	8
1.2 DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	8
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	8
1.3.1 Objetivo Geral	8
1.3.2 Objetivos Específicos	9
1.4 JUSTIFICATIVA	9
1.5 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS	10
1.6 METODOLOGIA DO TRABALHO	10
1.7 ORGANOGRAMA	11
2 O CONCEITO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS EM EDIFICAÇÕES	12
2.1.1 Fissuração	13
2.1.2 Umidade	19
2.1.3 Deterioração química	21
2.1.3.1 Despassivação por carbonatação	21
2.1.3.2 Reação álcalis-agregado no concreto	24
2.2 DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	25
2.3 TÉCNICAS DE CORREÇÃO	30
2.3.1 Preparação e limpeza	30
2.3.2 Reparos superficiais do concreto	31
2.3.3 Tratamento de fissuras	34
2.3.4 Recuperação das armaduras	36
3 ESTUDO DE CASO	38
3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO	42
3.2 PROJETO DE RECUPERAÇÃO	45
3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS	51
3.3.1 Fachadas	52
3.3.2 Primeiro pavimento (térreo)	55
3.3.3 Segundo e terceiro pavimentos	63
3.3.4 Quarto pavimento	63
4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

O patrimônio histórico e cultural possui uma relevância indiscutível para a sociedade, uma vez que diferencia cada povo, região ou cidade, tornando-os especiais em cada espaço e em cada tempo. Os historiadores Funari e Pelegrini (2009) reforçam a ideia de que através do patrimônio cultural, nossa história pode ser revisitada e contada às próximas gerações, tornando possível uma melhor compreensão do nosso presente através da ancestralidade.

A beleza e a riqueza do patrimônio cultural materializado, como é o caso de construções civis tombadas, sempre encantou profissionais da arquitetura, que marcam presença nos trabalhos de recuperação e restauração dessas construções. Entretanto, o estudo de manifestações patológicas em prédios históricos possui um caráter multidisciplinar e deve considerar a complexidade dos diferentes materiais e sistemas construtivos empregados.

Assim, torna-se necessário que profissionais da área de engenharia civil também lancem um olhar atento e entusiasmado às edificações que fazem parte do patrimônio histórico das cidades, salientando que muitas delas possivelmente apresentam manifestações patológicas importantes em sua estrutura.

De modo genérico, é possível definir as manifestações patológicas como “doenças” que acometem as edificações, gerando falhas que podem reduzir sua vida útil, prejudicar seu funcionamento e até mesmo comprometer sua segurança. Helene (1992) aponta diversos fatores e causas que podem levar à degradação de estruturas, como erros de projeto, falta de controle durante a execução das obras, emprego de materiais inadequados ou de baixa qualidade, escolha equivocada de técnicas construtivas, treinamento deficiente da mão de obra, além de agentes ambientais agressivos, entre outros.

A engenharia atualmente conta com uma gama ampla de técnicas e ferramentas que auxiliam na detecção de manifestações patológicas. Entretanto, de acordo com o entendimento de Souza e Ripper (1998), um diagnóstico confiável ainda é fortemente dependente do conhecimento e da experiência dos profissionais da engenharia civil. Além disso, a presença de manifestações patológicas em determinada edificação geralmente demanda uma intervenção, e novamente o engenheiro tem papel determinante, atuando numa proposta de intervenção capaz de proporcionar a reabilitação da estrutura.

Luporini (1998) ressalta que, no contexto da realidade brasileira, a preservação do patrimônio histórico nem sempre é priorizada, pois frequentemente o poder público se depara com a urgência de resolver questões primárias ligadas ao acesso da população à educação básica, saúde e habitação.

Além disso, o senso comum sugere que a preservação do patrimônio histórico se contrapõe à inovação, o que não é verdade. Pelo contrário, em obra publicada recentemente pelo CAU/SC (2020), o que se verifica nos conceitos mais modernos de planejamento urbano é que espaços mais sustentáveis e democráticos devem ser planejados buscando-se respeitar a história e o modo de viver das pessoas que ali habitam, equilibrando inovação, preservação, sustentabilidade e qualidade de vida.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais são as principais manifestações patológicas, identificadas em um edifício histórico, localizado no Centro Histórico de Porto Alegre, suas causas prováveis e como podem ser recuperadas?

1.2 DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O trabalho está delimitado ao estudo das principais manifestações patológicas identificadas em um edifício histórico, localizado na Rua Cel. Genuíno, números 238 e 240, esquina com Rua José do Patrocínio números 12, 14, 20 e 22, no bairro Centro Histórico, na cidade de Porto Alegre. Também serão estudadas as causas prováveis das manifestações patológicas encontradas, bem como possíveis formas de correção.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Este trabalho está dividido em objetivos geral e específicos, que serão detalhados abaixo.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é identificar e compreender as manifestações patológicas presentes no edifício histórico localizado em Porto Alegre, suas causas e soluções.

1.3.2 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

- Estudar, através de pesquisa bibliográfica, as principais manifestações patológicas em edificações;
- Visitar a edificação, com a finalidade de buscar, observar e registrar as manifestações patológicas aparentes;
- Identificar e classificar as manifestações patológicas encontradas;
- Apontar as possíveis causas do aparecimento dos diferentes tipos de manifestações patológicas;
- Apresentar, com base na bibliografia estudada, propostas de intervenção para a recuperação da edificação estudada.

1.4 JUSTIFICATIVA

O patrimônio histórico sempre foi objeto de grande interesse de arquitetos que, com muita competência, trabalham na recuperação e restauração de construções. Entretanto, é necessário que profissionais da área de engenharia civil também lancem um olhar atento às edificações que fazem parte do patrimônio histórico da nossa cidade, uma vez muitas delas possivelmente apresentam manifestações patológicas importantes em sua estrutura.

O patrimônio histórico e cultural possui uma relevância indiscutível para a sociedade. Através dele, nossa história pode ser revisitada, tornando possível uma melhor compreensão do nosso presente e uma projeção assertiva do futuro que queremos. A manutenção do patrimônio cultural materializado, como é o caso de construções civis inventariadas e até mesmo tombadas, contribui para que a memória de um povo seja mantida.

Dessa maneira, o presente trabalho justifica-se por um viés social, pois irá gerar um levantamento das necessidades do prédio histórico contemplado por essa pesquisa, contribuindo para que o mesmo seja revitalizado, recupere sua funcionalidade e volte a fazer parte do cotidiano do Centro Histórico de Porto Alegre. Para tanto, faz-se necessário também manter vivo o conhecimento técnico necessário para de fato mantermos de pé nossos prédios e nossa história. Assim, a abordagem

do tema das manifestações patológicas e recuperação de edifícios históricos justifica-se também no contexto acadêmico, salientando que ainda é um assunto pouco explorado por engenheiros civis.

1.5 DEFINIÇÃO OPERACIONAL DAS VARIÁVEIS

Para análise das manifestações patológicas, considera-se importante observar as seguintes variáveis:

- Tipo de terreno/solo onde se encontra a edificação;
- Idade da edificação;
- Técnicas construtivas e materiais empregados;
- Uso da edificação;
- Exposição à intempéries;
- Manutenção predial;
- Condicionantes da Legislação.

1.6 METODOLOGIA DO TRABALHO

Para atingir satisfatoriamente os objetivos da presente pesquisa, o trabalho seguirá basicamente três etapas: estudo bibliográfico, identificação das manifestações patológicas *in loco* e proposta de correção.

Na primeira etapa, que envolve estudo bibliográfico, buscar-se-á aprofundar os conhecimentos sobre as manifestações patológicas encontradas em edificações. Especial atenção será dada a livros, artigos científicos e outras publicações que tratem de edificações antigas ou históricas.

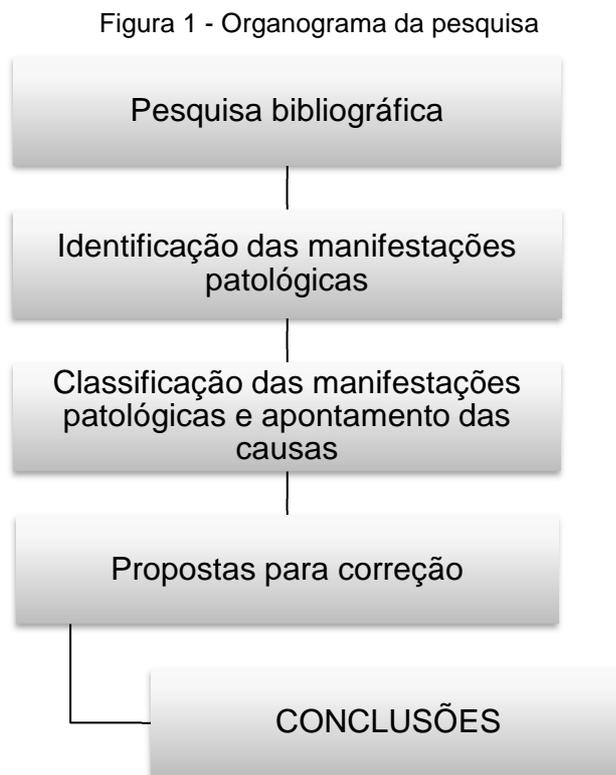
Para cumprir a segunda etapa, que abrange a identificação das manifestações patológicas, será necessário visitar a edificação e produzir registros, por meio de fotografias e anotações, das manifestações patológicas aparentes no prédio. Uma vez identificadas, o conhecimento consolidado na primeira etapa será posto em prática

para classificar as manifestações patológicas conforme os diversos tipos descritos na bibliografia, bem como para apontar suas possíveis causas.

Finalmente, na terceira e última etapa, serão apresentadas propostas de correção considerando as diferentes manifestações patológicas existentes na edificação. Nesse momento, será necessário recordar que o objeto do presente estudo se trata de uma edificação inventariada por órgão responsável da Prefeitura Municipal de Porto Alegre e, assim, a fachada do edifício deve ser preservada.

1.7 ORGANOGRAMA

Com a finalidade de desenvolver com sucesso a presente pesquisa, o seguinte organograma será seguido:



Fonte: a Autora (2023)

2 O CONCEITO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O presente capítulo será iniciado apresentando-se o conceito de manifestação patológica na construção civil. Em seguida, serão abordadas as principais manifestações patológicas encontradas em edificações, classificando-as de acordo com as suas causas.

Uma análise etimológica da palavra patologia, apresentada por Rezende (2007), indica que o termo significa estudo da doença (*phatós* pode ser traduzido como doença, e *logos* como estudo). Dessa maneira, de forma semelhante ao que ocorre com o corpo humano na esfera da medicina, uma construção que apresenta uma manifestação patológica necessita de diagnóstico e tratamento confiáveis.

De acordo com o entendimento de Souza e Ripper (1998), a presença de manifestações patológicas em uma edificação é sinônimo da redução do seu desempenho em relação à estrutura, estabilidade, estética, condições de serviço e durabilidade.

Já a durabilidade é definida na NBR 6118 da ABNT como o potencial que a estrutura possui para suportar os variados agentes agressivos, desde sua concepção até determinado período, a ser delimitado previamente no projeto estrutural. Segundo Neville (2016), tal limitação temporal indica que a vida útil de uma estrutura, mesmo sendo longa, não é infinita: está relacionada ao período em que desempenha suas funções sem qualquer intervenção não prevista originalmente.

Para Helene *et al.* (2004), a patologia pode ainda ser entendida não apenas como a doença em si, mas como um vasto campo de estudos responsável por compreender os problemas da construção civil, bem como suas origens, formas de manifestação e mecanismos pelos quais ocorrem os fenômenos de deterioração.

2.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS EM EDIFICAÇÕES

Existe na literatura diversas formas de classificar as manifestações patológicas encontradas em edificações. Entretanto, cada método utilizado para distribuir as manifestações patológicas em categorias carrega uma certa arbitrariedade. Isso se deve ao fato de que, ao se identificar um problema em uma edificação, quase sempre ele terá uma origem multifatorial, devendo-se considerar simultaneamente uma gama de aspectos para compreendê-lo de forma integral.

Helene (1992) explica que as manifestações patológicas podem ter origem em diversas fases suscetíveis a falhas ou erros, desde a concepção do projeto, passando pela execução, escolha e controle dos materiais, qualificação da mão-de obra e uso adequado da edificação.

Quanto à gravidade do problema, Gomide *et al.* (2014) mostram que as manifestações patológicas podem se apresentar apenas como perturbações de ordem estética, incômodos ao usuário ou pequenos prejuízos financeiros. Porém, o aparecimento de manifestações patológicas também pode causar a depreciação do imóvel, ser responsável por um ambiente insalubre, aumentar o risco de acidentes e, em casos extremos, comprometer a segurança, causar danos ambientais graves e até mesmo levar a estrutura ao colapso.

A seguir, serão apresentadas as manifestações patológicas mais comuns e pertinentes ao presente trabalho, entre elas as fissuras, deterioração química e aquelas causadas pela presença de umidade em edificações.

2.1.1 Fissuração

As fissuras são as manifestações patológicas que aparecem com maior frequência. Costumam causar preocupação ao usuário da edificação, mas não indicam necessariamente algum comprometimento da estrutura. Assim, devem ser analisadas por profissional habilitado, a fim de que seja feita a classificação do grau de risco.

Para tanto, alguns aspectos devem ser considerados. Entre eles, a diferença entre as categorias de fissuras, que até 2011 eram divididas pelo IBAPE/SP de acordo com a espessura da abertura, conforme exposto na segunda coluna da Tabela 1. A partir de 2021, o mesmo órgão passou a apresentar as diferentes categorias de fissuras apenas como fendas mais ou menos acentuadas, sem especificar limites numéricos para suas aberturas, conforme é mostrado na terceira coluna da Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das fissuras de acordo com o IBAPE, em 2011 e em 2021.

Categorias	IBAPE (2011)	IBAPE (2021)
Fissura	até 0,5 mm	Fenda na superfície, estreita e pouco profunda
Trinca	0,5 mm a 1,0 mm	Fenda acentuada e profunda, em estágio intermediário entre a fissura e a rachadura.
Rachadura	1,0 a 1,5 mm	Fenda acentuada e profunda que secciona integral ou parcialmente um elemento construtivo
Fenda	aberturas maiores que 1,5 mm.	

Fonte: IBAPE (2011); IBAPE (2021)

Outro aspecto importante é abordado na NBR 6118 da ABNT e está relacionado ao meio em que a edificação se encontra. Há 4 classes de agressividade ambiental, estabelecidas de acordo com a Tabela 2. Observa-se que a agressividade ambiental vai de fraca a muito forte, e corresponde, respectivamente a ambiente rural ou submerso (onde o risco de deterioração da estrutura é insignificante) e ambiente industrial ou que sofre a ação de respingos de maré, onde esse risco é elevado.

Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental (CAA)

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a	Grande
		Industrial ^{a, b}	
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c}	Elevado
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: (NBR 6118 da ABNT)

Para cada classe de agressividade ambiental, é indicado também pela NBR 6118 um limite de dimensão das fissuras causadas por flexão em estruturas de concreto, que aumenta conforme diminui o risco de deterioração da estrutura. Para classe I, esse limite é de 0,4 mm; para as classes II e III é de 0,3 mm e para a classe IV, o limite cai para 0,2 mm.

As fissuras podem ser classificadas também de acordo com a orientação em que se manifestam, podendo ser verticais, horizontais ou inclinadas.

As fissuras verticais, ilustradas na Figura 2, podem surgir devido à baixa resistência da argamassa ou dos blocos utilizados. Podem ainda ser causadas por junção inadequada entre materiais diferentes, como a alvenaria e o concreto. Na maioria dos casos, não evoluem para problemas mais graves e podem ser corrigidas com certa facilidade, dispensando técnicas avançadas, conforme é sugerido pelo Escritório Piloto de Engenharia Civil – EPEC (2021).

Figura 2 - Exemplo de fissura vertical.



Fonte: EPEC (2021)

Um exemplo de fissura horizontal pode ser visualizado na Figura 3. Segundo o EPEC (2021), elas surgem, em geral, no topo ou na base de paredes. Quando próximas ao teto, possivelmente são causadas pelo adensamento da argamassa de assentamento ou pela ausência de amarração da parede com a viga superior. Quando se manifestam próximas ao piso, podem ter sido geradas pelo recalque do baldrame ou por infiltração de água do solo.

Figura 3 - Exemplo de fissura horizontal.



Fonte: EPEC (2021)

As fissuras inclinadas ou diagonais frequentemente se originam em portas ou janelas, conforme pode ser visto na Figura 4. Assim, apresentam sintomas de falhas no dimensionamento ou na execução das vergas e contravergas, elementos empregados para suportar as movimentações das esquadrias. Quando fissuras orientadas na diagonal aparecem em outras regiões da parede, especialmente próximas aos pilares, podem indicar problemas graves de recalque na fundação, alerta o EPEC (2021).

Figura 4 - Exemplo de fissura inclinada ou diagonal, podendo indicar problemas graves.

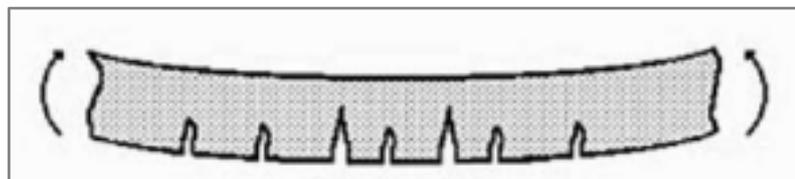


Fonte: EPEC (2021)

Em relação às fissuras encontradas em elementos estruturais, geralmente exigem atenção, pois podem colocar a estrutura em risco, chegando inclusive ao estado de corrosão da armadura.

A Figura 5 mostra um exemplo de configuração de fissuras em vigas, causadas por carga não prevista em projeto ou por deficiência de armadura de flexão.

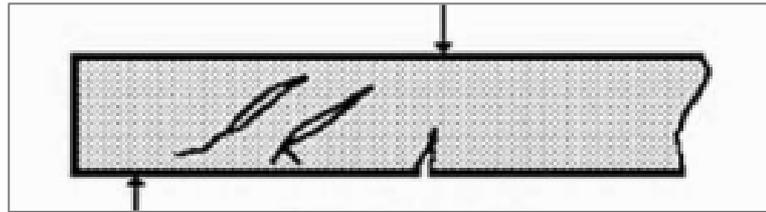
Figura 5 - Configuração genérica de fissuras por flexão em vigas



Fonte: adaptado de Souza e Ripper (1998)

Na Figura 6 observa-se um exemplo de fissuras causadas por cisalhamento, que normalmente surgem nos pontos onde o esforço cortante é máximo. Ocorrem por falta de seção transversal, insuficiência de armadura de cisalhamento ou ainda por cargas não previstas.

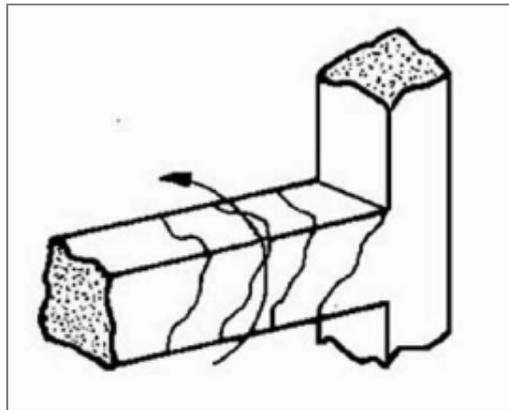
Figura 6 - Configuração de fissuras por cisalhamento em vigas



Fonte: adaptado de Souza e Ripper (1998)

As fissuras também podem ocorrer por torção, sendo nesse caso inclinadas em 45° , conforme pode ser visto na Figura 7. Para combater esse tipo de fissura, são utilizadas armaduras transversais (estribos) e longitudinais (de pele).

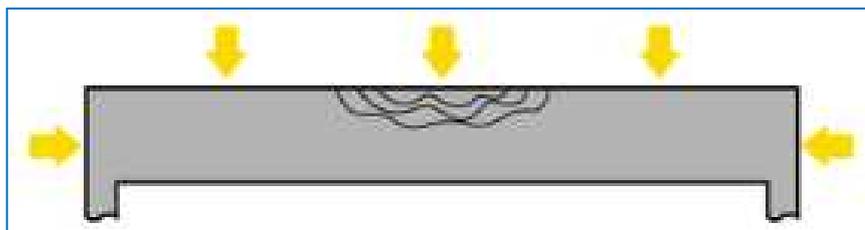
Figura 7 - Configuração de fissura inclinada por torção



Fonte: adaptado de Souza e Ripper (1998)

Outra forma de manifestação de fissuras é devido à compressão, conforme a Figura 8. Acontecem principalmente em vigas e pilares, podendo apresentar esmagamento do concreto.

Figura 8 - Configuração de fissura por compressão



Fonte: ALVES (2022)

2.1.2 Umidade

A NBR 15575-1 (2013) indica que deve ser assegurada a estanqueidade às fontes de umidades externas ao sistema, pois a umidade é um fator responsável por acelerar os mecanismos de deterioração e perda das condições de habitabilidade e de higiene do ambiente construído. Assim, fica claro que a água é um agente importante no estudo das manifestações patológicas em edificações, que podem aparecer de diversas formas, conforme será explicado a seguir.

Klein (1999) demonstra que uma edificação é exposta à água de diversas maneiras e vias, como chuvas, vazamentos, condensação e a própria água presente no solo, ou ainda durante a própria execução da obra. Essa ideia é reforçada por Lage (2012) através do esquema da Figura 9, que demonstra as diversas origens da umidade em uma edificação.

Figura 9 - Origens da umidade em edificações



Fonte: Lage (2012)

As chuvas são uma das principais causadoras de infiltrações em edificações, especialmente quando são intensas e associada a ventos fortes, ou quando o sistema de impermeabilização é insuficiente. As manifestações patológicas, nesse caso,

atingem especialmente telhados, paredes e lajes de terraço, conforme sugere Klein (1999).

Souza Filho *et al.* (s.d.) lembram que há também a possibilidade de a água entrar acidentalmente na edificação, por meio de vazamentos causados por falhas nas tubulações ou problemas na rede de água e esgotos, atingindo principalmente paredes, telhados, pisos e terraços. De acordo com Klein (1999), também pode ocorrer excesso de umidade indesejada no decorrer da execução da construção, especialmente durante pinturas e na produção do concreto e argamassas.

Manifestações patológicas por umidade ascensional ou capilaridade também são recorrentes em edificações. Esse tipo de umidade é definido por Verçosa (1991) como aquela trazida por capilaridade, com origem no solo úmido ou no lençol freático. Assim, é comum que apareçam na parte inferior das paredes, causando manchas, bolor e descolamentos, conforme o exemplo da Figura 10.

Figura 10 - Fotografia mostrando manifestação patológica devido à umidade ascensional



Fonte: Zanelatto (s.d.)

Lage (2012) explica que a umidade por condensação ocorre quando o ar úmido se choca com uma superfície fria (azulejos e vidros, por exemplo), retornando ao seu estado líquido e ocasionando manchas e mofo. Assim, está presente principalmente

em espaços com pouca ventilação e áreas úmidas, como banheiros, cozinhas e garagens.

De acordo com Menezes *et al.* (2006), algumas matérias-primas, materiais de construção, e até mesmo a água existente no subsolo podem conter sais solúveis em água. A migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas dão origem a depósitos salinos na superfície de materiais cerâmicos. Tal manifestação patológica é conhecida como eflorescência e se apresenta principalmente na forma de manchas esbranquiçadas.

2.1.3 Deterioração química

O estudo das causas químicas que levam a manifestações patológicas é de especial importância, pois envolve a compreensão dos processos de oxidação e deterioração de armaduras, manifestação patológica bastante comum e de elevado potencial destrutivo. Nos tópicos seguintes, serão abordados os fenômenos de despassivação por carbonatação e as reações álcalis-agregado no concreto.

2.1.3.1 Despassivação por carbonatação

É um fenômeno que ocorre devido à ação do gás carbônico presente na atmosfera sobre o aço da armadura. Conforme Cunha (2001), o processo de carbonatação do concreto ocorre devido à entrada de gás carbônico (CO_2) na estrutura. Assim, o fenômeno é facilitado pela alta porosidade e pela presença de fissuras, podendo ainda ser acelerado quando a umidade é elevada.

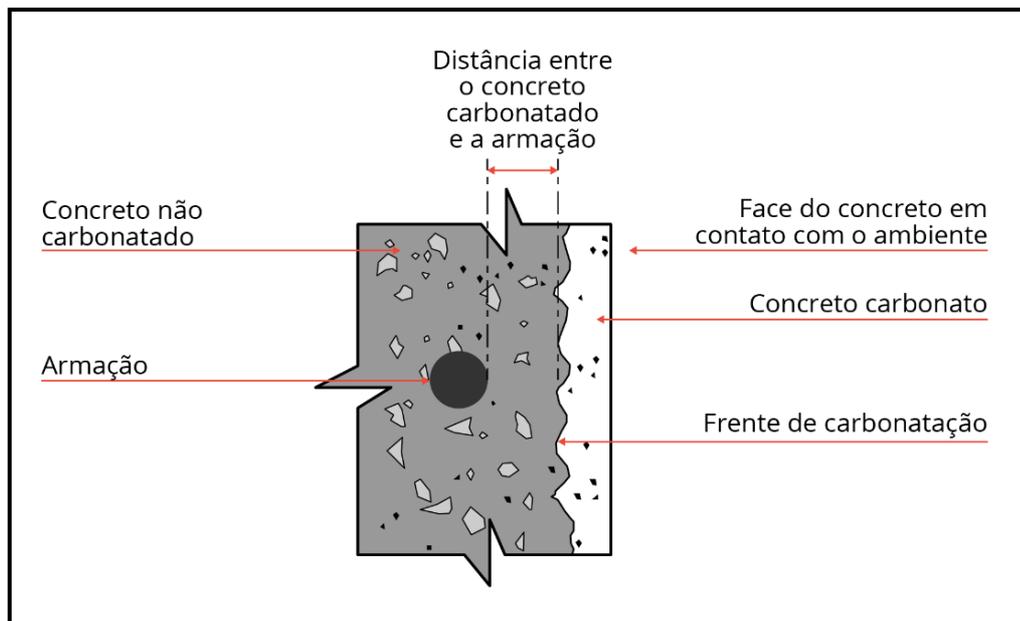
Mehta e Monteiro (2014) explicam ainda que as armaduras de aço passam a sofrer degradação quando a camada protetora que se forma na sua superfície é extinta. Na ausência de cloretos, essa película protetora ainda é alcalina e estável, apresentando pH acima de 11,5.

A presença do dióxido de carbono (CO_2) gera uma reação com o hidróxido de cálcio e forma o carbonato de cálcio (daí o nome de carbonatação), resultando numa redução drástica do pH e conseqüente despassivação do aço, deixando a estrutura muito mais suscetível ao processo de corrosão.

Conforme é mostrado na Figura 11, a corrosão do aço avança para o interior da estrutura, substituindo a massa de ferro por ferrugem. Assim, ocorre perda de

aderência entre o aço e o concreto, o que consiste em um problema grave que leva ao comprometimento do elemento estrutural. Weimer *et al.* (2018) afirmam que a continuidade da corrosão gera a expansão da barra, que irá fissurar e se desintegrar após certo tempo.

Figura 11 - Avanço do processo de carbonatação no concreto.



Fonte: Angelo (2004)

Weimer *et al.* (2018) concluem então que a existência de fissuras no concreto pode ser uma consequência da corrosão, mas também a sua causa, nos casos em que as fissuras surgem, por exemplo, a partir do recalque de fundações ou de variação da temperatura.

Cabe ressaltar aqui a relevância de se conhecer e controlar as propriedades do concreto. Para manter o fenômeno da carbonatação reduzido, deve-se atentar à porosidade do concreto. É necessário também haver uma manutenção adequada das tensões ao longo de sua vida. Weimer *et al.* (2018) destacam que um parâmetro a ser controlado é a permeabilidade do concreto e sua composição no que diz respeito à aditivos e agregados, minimizando os danos causados por cloretos.

Entretanto, Cunha (2001) lembra que a espessura do cobrimento de concreto é o principal fator para a proteção das armaduras, ao se interpor entre o meio corrosivo e agressivo e a armadura, evitando que a frente de carbonatação alcance as armaduras. A Figura 12 mostra armaduras oxidadas e expostas, com perda da seção dos elementos de aço.

Figura 12 - Exemplo de oxidação em elementos de concreto armado



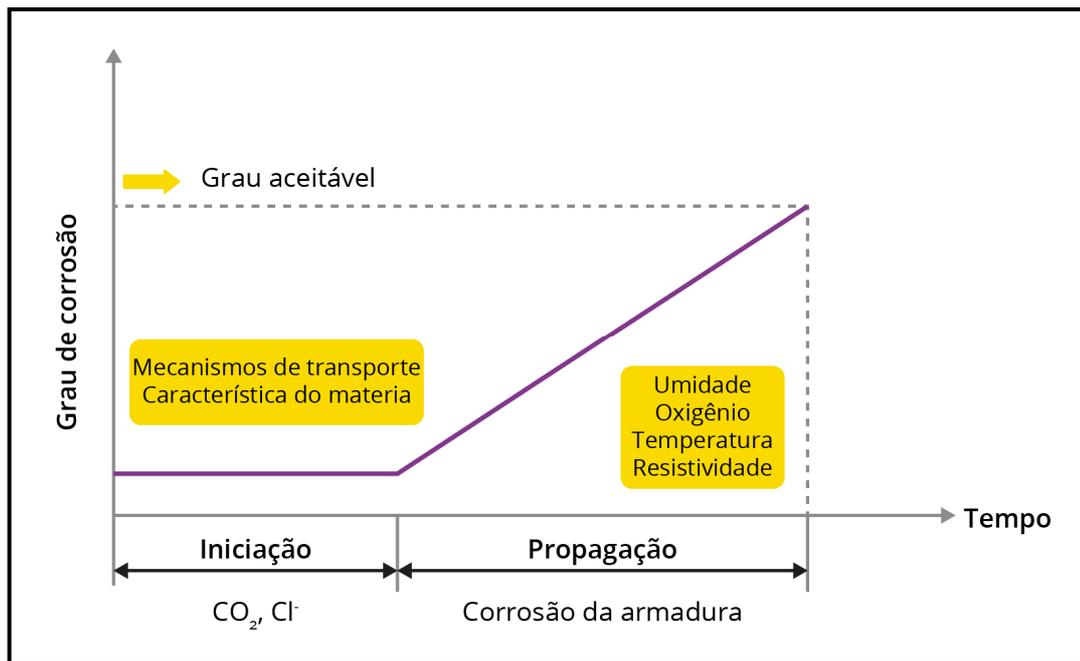
Fonte: Aragão (2019)

A Figura 13 apresenta um gráfico que descreve o desenvolvimento do processo de corrosão em armaduras que, de acordo com o modelo proposto, ocorre em dois períodos. No primeiro, dado por uma reta constante e paralela ao eixo do tempo, observa-se a iniciação, que corresponde ao tempo de execução da estrutura até o aparecimento do agente agressivo.

No segundo período do gráfico ocorre a propagação do agente agressivo e crescimento da corrosão da armadura ao longo do tempo, até alcançar certo grau aceitável. Verifica-se ainda que o período de iniciação está relacionado a mecanismos de transporte e característica do material. Já o segundo é impulsionado por agentes externos como a umidade, temperatura, resistividade e presença de oxigênio.

A corrosão obriga a necessidade de reparos nas peças, com sérios prejuízos financeiros aos proprietários. As medidas preventivas consistem em dificultar o ingresso dos agentes agressivos ao interior do concreto. O cobrimento das armaduras e o controle da fissuração minimizam este efeito, sendo recomendável, de acordo com Cunha (2001) um concreto de baixa porosidade.

Figura 13 - Desenvolvimento do processo de corrosão das armaduras



Fonte: Helene (1993).

2.1.3.2 Reação álcalis-agregado no concreto

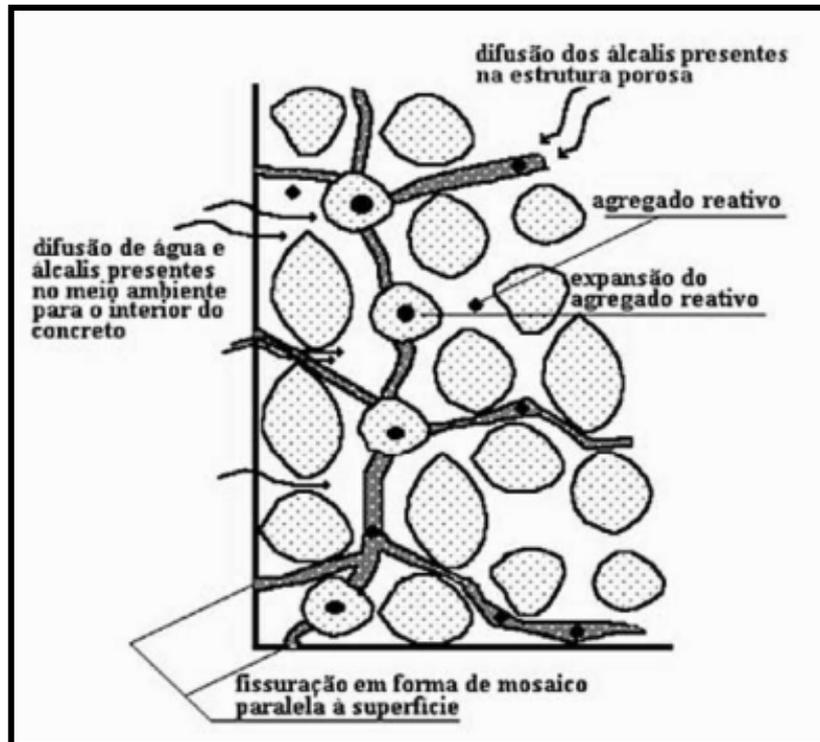
Com a finalidade de alcançar uma aderência adequada entre o cimento e os agregados, combinações químicas devem ocorrer de forma positiva, ou seja, de modo a promover o aumento da resistência e homogeneização do concreto e atingir o objetivo da aderência. Entretanto, as referidas combinações também são capazes de provocar reações químicas do tipo expansiva, que podem afetar de forma negativa a coesão entre os materiais que compõem o concreto.

Entre os efeitos deletérios para o concreto, Souza e Ripper (1998) explicam a reação álcali-agregado como resultado da interação entre a sílica reativa de alguns tipos de minerais utilizados como agregados e os íons álcalis (Na⁺ e K⁺) presentes nos cimentos (quando em teores maiores que 0,6%), libertados durante a hidratação dos mesmos.

Devido ao seu caráter expansivo, essas reações provocam inicialmente a fissuração da superfície do concreto. Posteriormente, são capazes de desagregar a estrutura, criando crateras mais profundas, pelas quais pode escorrer o gel de sílica (conforme ilustra a Figura 14). A adição de pozolanas em quantidades adequadas

consiste em uma solução possível, pois têm a capacidade de diminuir ou até mesmo evitar a reação álcalis-agregados.

Figura 14 - Desenvolvimento da reação álcalis-agregado no concreto



Fonte: Souza e Ripper (1998)

2.2 DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O diagnóstico de manifestações patológicas em edificações consiste em identificar as manifestações patológicas presentes, analisar a extensão dos danos e os riscos tanto à funcionalidade e durabilidade da edificação quanto à segurança dos usuários. Assim, é possível verificar o prognóstico das manifestações patológicas e propor soluções de intervenção para solucionar os problemas. O diagnóstico tem seu início na inspeção visual e vistoria preliminar.

A vistoria preliminar indica frequentemente a presença de fissuras nas faces interna e externa de paredes, bem como fissuração e deformações em vigas e pilares. Segundo Oliveira (2019), nesses casos, além da inspeção visual, é necessário mapear e avaliar as fissuras em alvenaria, suas configurações, assim como medir suas espessuras com o auxílio do fissurômetro, mostrado na Figura 15, com a finalidade de classificar as manifestações patológicas identificadas em fissuras, trincas ou rachaduras.

Figura 15 - Inspeção com auxílio de um fissurômetro



Fonte: GP Engenharia Diagnóstica (s. d.)

Para anomalias estruturais é indicado também o emprego do ensaio semi-destrutivo de penetração de pinos. Quanto à execução, é feita basicamente disparando-se um pino com uma pistola. Os pinos irão penetrar na região onde foram feitos os disparos e será possível fazer medições relacionadas à energia cinética inicial do pino e a absorção dessa energia pelo material, conforme explica Evangelista (2002).

Bottega (2010) complementa o entendimento sobre o ensaio de penetração de pinos, destacando que quanto maior a profundidade de penetração, menor será a qualidade e a resistência à compressão do concreto. Como se trata de um ensaio semi-destrutivo, apresenta como vantagem o fato de ser minimamente invasivo, dispensando a retirada de testemunho.

Outro ensaio não destrutivo, capaz de oferecer informações sobre a dureza superficial dos concretos, é a esclerometria. Conforme Candian (2017), utiliza-se um martelo que causa impacto sobre um êmbolo; a massa controlada pela mola sofre um recuo (reflexão) após o choque, gerando um índice esclerométrico. A esclerometria possui a vantagem de não necessitar de processo destrutivo, além de ser simples, rápida e barata. Entretanto, apresenta como desvantagem a elevada imprecisão.

O ensaio de pacometria também pode ser utilizado em estruturas de concreto. Por meio dele, é possível estimar a posição, a profundidade e o diâmetro das barras de aço no interior dos elementos de concreto armado, oferecendo indicativos da adequação ou não da estrutura. De acordo com Candian (2017), na execução do

ensaio é utilizado um pacômetro (mostrado na Figura 16), equipamento que gera um campo eletromagnético que, em contato com corpos metálicos (no caso, as armaduras), sofre distorções em suas linhas de força. Apresenta a vantagem de não ser destrutivo. Porém, ainda não há normativa nacionais que contemplem o ensaio de pacometria.

Figura 16 - Execução de ensaio de pacometria



Fonte: GP Engenharia Diagnóstica (s. d.)

O teste de percussão por martelo também é comumente empregado no diagnóstico de manifestações patológicas. Neville (2016) afirma que ao serem verificados espaços vazios, é indicado realizar ensaio de ultrassom ou VPU – velocidade da onda ultrassônica, que basicamente mede o tempo que as ondas longitudinais de compressão levam pra percorrer um sólido. Durante a execução, são posicionados na superfície do concreto dois transdutores: um emissor com frequência entre 10 khz e 150 khz e um receptor, conforme normatização da NBR 8.802 (2019).

Canovas (1988) explica que quanto maior a velocidade de propagação da onda de ultrassom, melhor é a qualidade do concreto. Além disso, a onda não é transmitida em vazios devido à velocidade desprezível do som no ar, ela contorna espaços vazios. Como vantagem, apresenta a fácil execução e o fato de se tratar de um procedimento não invasivo e não destrutivo.

Especialmente nos casos em que a edificação apresenta infiltrações em paredes e pisos, é interessante analisar a porosidade do concreto. Uma técnica

indicada por Jussiani (2012) é a microtomografia computadorizada de Raios X (μ -CT), um ensaio não destrutivo baseado no mapeamento da atenuação sofrida pela radiação incidente em um material, capaz de gerar imagens do interior desse sólido e oferecer informações sobre o percentual, o posicionamento e a forma dos poros internos.

Problemas de umidade nos elementos da construção civil também podem ser detectados pela técnica de termografia infravermelho, antes mesmo que se tornem visíveis a olho nu. Para aplicação dessa técnica, parte-se do princípio que os materiais que possuem descontinuidades apresentam um fluxo de calor não uniforme. Conforme Amaral (2016), tais diferenças de fluxo de calor podem ser percebidas na superfície dos materiais com o uso de termovisores, equipamentos capazes de registrar imagens térmicas semelhantes à mostrada na Figura 17, exibindo discrepâncias localizadas que podem ser associadas a anomalias ou descontinuidades no sistema.

Figura 17 - Edificação analisada por termovisor



Fonte: GP Engenharia Diagnóstica (s. d.)

Frequentemente constata-se a presença de emboço durante vistorias. Para analisar revestimentos em argamassa é indicado o emprego de escaneamento com laser 3D, uma tecnologia capaz de produzir uma versão em 3 dimensões de uma área escaneada.

Pacheco (2021) mostra que com um feixe laser, o aparelho faz uma leitura de medidas da estrutura e transforma isso em uma representação digital, oferecendo detalhes do volume, altura, profundidade e alterações de relevo de uma área. Balzani (2016) lembra que o retrato tridimensional capta ainda variações de temperatura, pontos de umidade e graus de rugosidade de lajes e pilares dos prédios, gerando tons de cores para cada caso.

Quando é constatada na edificação a presença de barras de pilares livres de massa de concreto aderido, tem-se o fenômeno da carbonatação. Nesse caso, deve-se verificar a profundidade da camada de concreto carbonatada em pontos de interesse, pois esse parâmetro tem relação com a vida útil estrutural.

Para tal, podem ser utilizados indicadores de pH (fenolftaleína ou timolftaleína). O método apresenta a vantagem de ser bastante simples e consiste em extrair um testemunho da peça que se quer avaliar, seguido da aspersão do agente indicador na superfície do concreto. Segundo Neville (2016), nos pontos em que o concreto se encontra carbonatado não haverá indicativo de alteração da cor enquanto que para as profundidades do material que ainda se encontram livres da carbonatação, o concreto deverá apresentar coloração rosada/roxa, conforme pode ser visto na Figura 18.

O processo de carbonatação exige especial atenção, pois pode acelerar o processo de corrosão das armaduras. Manifesta-se também pela coloração amarelada do concreto, associada à segregação de brita e aspecto pulverulento.

Figura 18 - Análise da profundidade de carbonatação com indicador de pH.



Fonte: Silva (2017)

2.3 TÉCNICAS DE CORREÇÃO

Scheidegger e Calenzani (2019) sugerem que, após o diagnóstico e prognóstico das manifestações patológicas encontradas em uma edificação, passe-se para o planejamento de possíveis intervenções a fim de corrigir os problemas. Conforme Lapa (2008), podem ser adotadas condutas no sentido de corrigir pequenos danos (reparo), buscar devolver a um elemento ou estrutura sua condição original (recuperação) ou proporcionar maior capacidade de suporte (reforço).

Cabe ressaltar que, no caso de edificações históricas ou antigas, deve-se ter um cuidado especial com a escolha das técnicas e materiais para se corrigir as manifestações patológicas encontradas, uma vez que as características da edificação devem ser preservadas, priorizando-se a manutenção do seu valor histórico e cultural.

Nos próximos tópicos, serão apresentados procedimentos de limpeza a serem realizados antes de qualquer intervenção de correção, bem como técnicas de reparos superficiais, de tratamento de fissuras e de recuperação de armaduras.

2.3.1 Preparação e limpeza

Antes de aplicar qualquer técnica de correção de manifestações patológicas em peças de concreto armado, é necessário proceder com a preparação e posterior limpeza do substrato.

Baseado na obra de Helene (1992), Marcelli (2007) elaborou uma lista de procedimentos indicados para preparação do substrato do concreto que deverá sofrer restauro ou reforço estrutural. São eles: escarificação manual ou mecânica, desbaste, demolição, lixamento manual ou elétrico, escovação, jato de areia com ou sem água, corte com disco, queima controlada e remoção de óleos e graxas.

Marcelli (2007) também aponta procedimentos adequados para limpeza da superfície do concreto, que deve ser feita instantes antes da aplicação do material de reforço ou restauro. Tais procedimentos de limpeza podem ser feitos, por exemplo, por jato de ar comprimido, água fria ou água quente, soluções ácidas ou alcalinas.

Souza e Ripper (1998) apresentam basicamente cinco opções de intervenções superficiais a serem adotadas para o reparo do concreto. São elas: polimento, lavagem, limpeza especial, saturação e corte. Salientam que a escolha correta da técnica a ser executada, em função da patologia que necessita de tratamento, é fator

determinante para o sucesso do serviço, tanto em relação ao aspecto estético quando em relação à eficiência do reparo.

2.3.2 Reparos superficiais do concreto

Marcelli (2007) separa os reparos em peças de concreto em duas categorias: superficiais localizados e de grandes áreas e profundos. Salienta ainda que para ambos os casos, o mercado brasileiro conta com uma gama variada e produtos industrializados com características capazes de atender a diversas situações específicas. Pinheiro Júnior (2020) reforça essa ideia em trabalho mais atual, mostrando novidades em relação a técnicas e produtos para correção de patologias em construções.

Após a correta limpeza e reparo das ferragens, é possível dar seguimento ao restauro do elemento estrutural, empregando-se um dos procedimentos sugeridos por Marcelli (2007): restauro com concreto projetado, restauro com adesivos à base epóxi, restauro com argamassas poliméricas, restauro com *grout* e restauro com microconcreto ou concreto comum.

Segundo Helene (1992), o concreto usado em reparos e reforços requer, na maioria das vezes, um traço especialmente formulado para alterar algumas de suas características, a fim de obter altas resistências iniciais, evitar retração de secagem, controlar os fenômenos de expansão, elevar a aderência ao substrato e reduzir sua permeabilidade. Tais exigências reduzem a viabilidade de se utilizar o concreto dosado em canteiro. Assim, Marcelli (2007) destaca que o restauro com concreto projetado é uma solução eficiente. Porém, aponta que não é indicado para pequenos reparos, devido a elevada perda de material nesses casos.

Outra opção são os adesivos à base de epóxi. Segundo Souza e Ripper (1998), tratam-se de colas com alto poder de adesão entre o concreto antigo e o novo, característica necessária quando se trata de reparos. Após a mistura do componente monômero com o catalisador, o material permanece viscoso e depois endurece, adquirindo elevada resistência mecânica. Além disso, proporcionam uma barreira de proteção contra-ataques de agentes agressivos.

Quando o volume de material a ser utilizado é pequeno, torna-se conveniente empregar argamassas pré-misturadas com polímeros, pois há vários tipos desse produto no mercado. Souza e Ripper (1998) citam as argamassas de base mineral,

de base resina epóxi, de base resina poliéster, de base resina furânica e de base resina fenólica. Marcelli (2007) destaca o restauro com argamassas poliméricas, à base de metil-metacrilato ou epóxi, que em geral apresentam como vantagem a fácil moldagem, boa aderência e resultado estético satisfatório. Souza e Ripper (1998) lembram que as argamassas a base de resinas poliéster ou estervinílica apresentam pequeno tempo de cura, resistência inicial adequada, baixa retração, alta resistência a ataques químicos, boa impermeabilidade e elevada adesão ao substrato.

O *grout* de base mineral é composto por cimentos, agregados miúdos, quartzos, aditivo superplastificante e aditivo expansor, que resultam numa alta fluidez e possibilidade de aplicação em regiões de elementos estruturais de difícil acesso. Além disso, o aditivo expansor garante que todos os espaços serão preenchidos.

O *grout* de base epóxi é fornecido em dois componentes que, após a mistura e endurecimento, fornecem alta resistência química, mecânica e abrasiva. Marcelli (2007) ressalta a fácil aplicação e a capacidade auto-aderente dos *grouts*, que lhe conferem mais eficiência. As Figuras 19 e 20 apresentam, respectivamente, um pilar a ser recuperado, e um pilar após recuperação com *grout*.

Figura 19 - Pilar antes da recuperação



Fonte: HP Construções (2021)

Figura 20 - Pilar após recuperação com *grout*

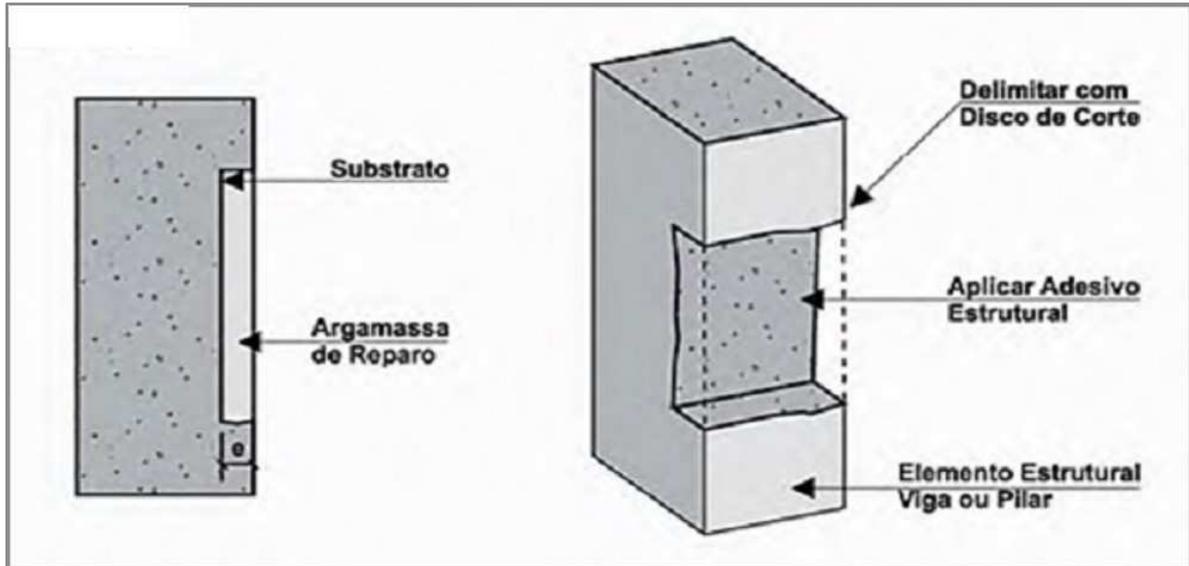
Fonte: HP Construções (2021)

Marcelli (2007) apresenta o restauro com microconcreto ou concreto comum como uma solução de baixo custo, mas que exige formas e grande conhecimento sobre preparo de concreto, uma vez que precisa ser bem dosado, preparado e aplicado. Por outro lado, Helene (1992) aponta que estão disponíveis no mercado microconcretos adequadamente formulados para uso em reparos e reforços de acordo com a manifestação patológica a ser resolvida, considerando também a região a ser tratada.

Finalmente, Marcelli (2007) destaca as características mais relevantes do material e restauro, que estão relacionadas ao resultado que se deseja: é importante que apresente alta resistência, boa aderência e principalmente que não retraia, de forma a preencher todo o vazio e sanar o problema de forma definitiva.

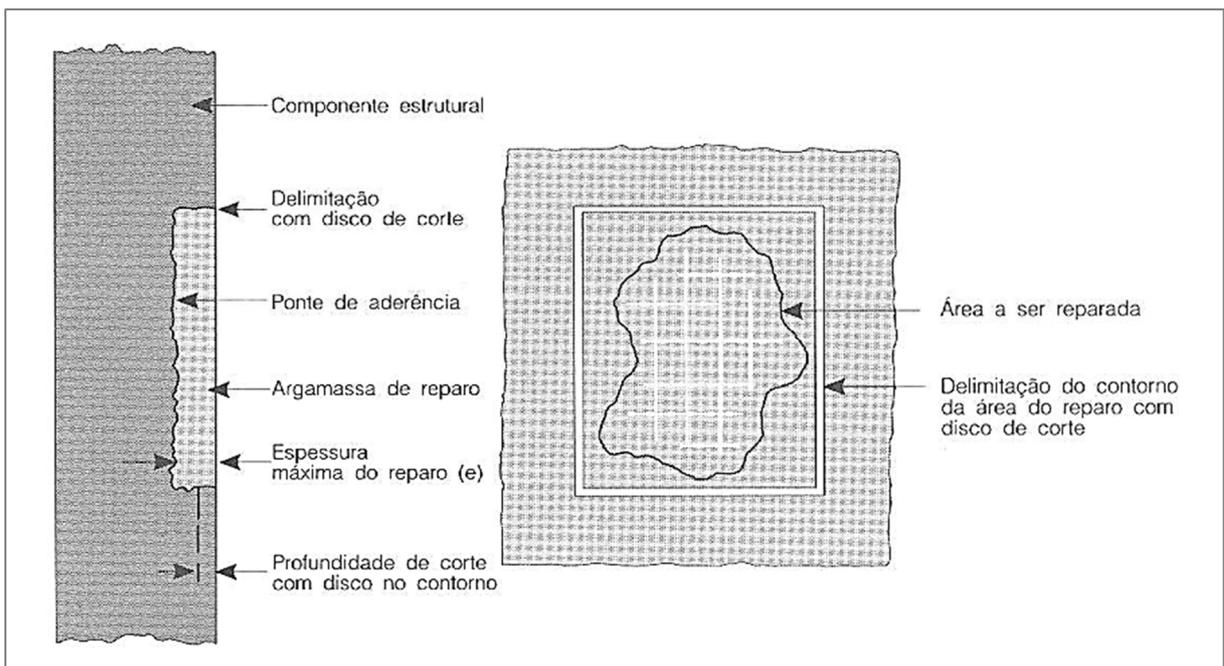
A Figura 21 apresenta de forma esquemática uma solução típica de restauro em vigas ou pilares, onde a área a ser tratada é delimitada, removida e reparada com adesivo e argamassa. Já a Figura 22 mostra uma solução de restauro em lajes. De forma semelhante ao que é observado na Figura 21, o contorno da área a ser tratada é delimitado com disco de corte para posterior reparo.

Figura 21 - Reparo superficial localizado em vigas ou pilares



Fonte: Marcelli (2007)

Figura 22 - Reparo superficial localizado em lajes



Fonte: Helene (1992)

2.3.3 Tratamento de fissuras

Para tratar fissuras em construções, é necessário identificar o seu tipo, bem como a provável causa da fissuração. Dentro desse aspecto, Souza e Ripper (1998) ressaltam que é importante avaliar se a fissura está ativa, ou seja, observar se existe variação na sua espessura. Também é relevante observar a penetração da fissura no

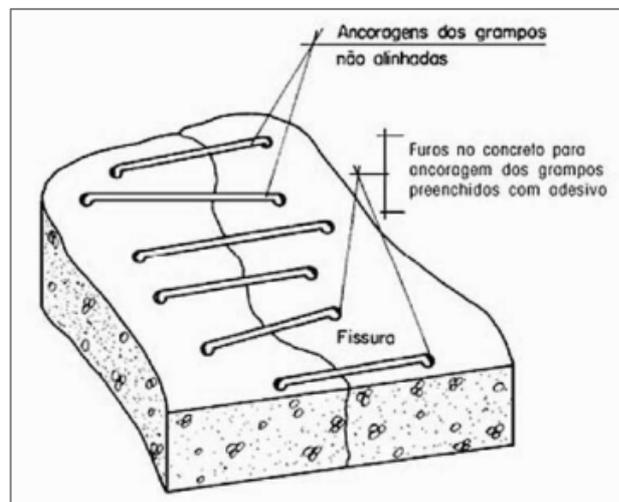
elemento estrutural, já que as condutas diferem para manifestações superficiais ou profundas.

Sahade (2005) complementa os estudos sobre tratamentos de fissuras, afirmando que as técnicas empregadas atualmente baseiam-se em duas abordagens distintas. Na primeira, reforça-se o local da fissura, procurando-se impedir sua movimentação. Na segunda, libera-se a fissura através de sistemas elásticos de recuperação, permitindo seu movimento sob o revestimento.

A técnica de injeção, por exemplo, pode ser aplicada para diferentes fissuras, observando suas dimensões. Souza e Ripper (1998) salientam que essa técnica deve garantir o perfeito preenchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda e que seu sucesso depende fortemente da seleção do material a ser utilizado e da experiência do aplicador. Para reestabelecer a junção de fendas passivas, são empregados materiais rígidos, como resinas epóxi e *grouts*. Já no caso de fissuras ativas, são indicadas resinas acrílicas e de poliuretano.

Há fissuras ativas que se desenvolvem isoladamente, devido à baixa capacidade resistente local. Para esses casos, Souza e Ripper (1998) entendem que é conveniente a disposição de armadura adicional, também conhecida como grampeamento, capaz de resistir ao esforço de tração extra que provocou o aparecimento da fissura. Porém, se o esforço gerador da fenda permanecer, novas fissuras aparecerão nas adjacências. Para evitar efeito indesejados, os grampos devem ser inclinados em relação ao eixo da fissura e ter comprimento variável, conforme é mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Reparo de uma fissura por grampeamento



Fonte: Souza e Ripper (1998)

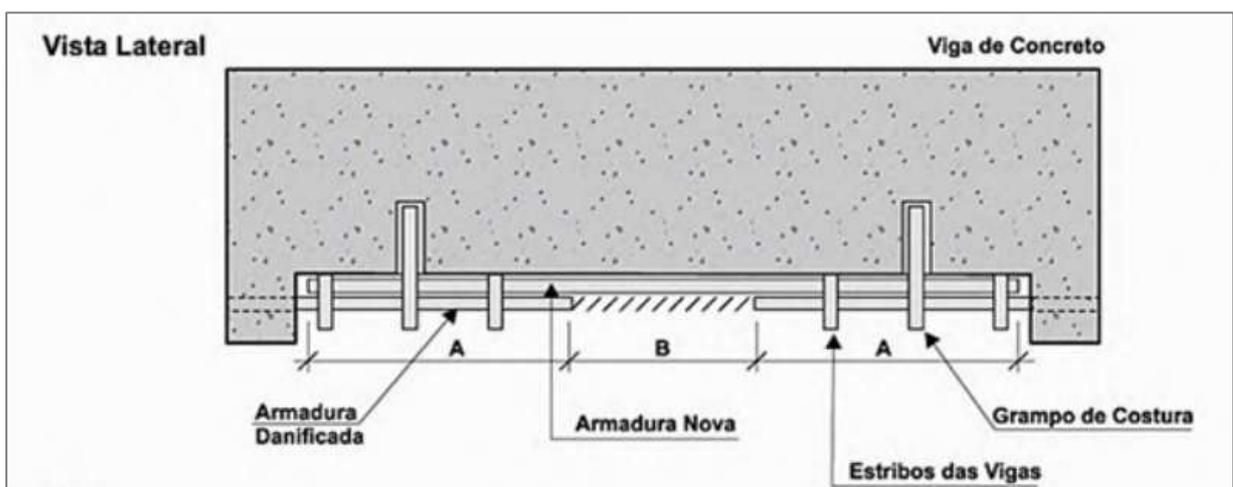
2.3.4 Recuperação das armaduras

Ao apresentar possibilidades de recuperação de armaduras, Marcelli (2007) reforça a ideia de que, antes de qualquer correção, deve haver a limpeza da peça a ser tratada. Devido à presença de material oxidado, especial atenção deve ser dada ao referido procedimento. Uma vez que as barras de aço estejam corretamente preparadas, devem receber pintura que previna a corrosão, à base de resina epóxi ou cromato de zinco, dentre outras opções disponíveis atualmente no mercado.

O procedimento de limpeza e retirada da camada oxidada resulta na perda de seção das barras, que necessariamente deve ser avaliada. Caso seja necessário, a critério do engenheiro e estruturas, deve ser providenciada a substituição de peças ou até mesmo a inserção de armadura suplementar. Emendas podem ser feitas nas barras, desde que observados os critérios constantes da NBR 6118 (2014), que apresenta como opções emendas por transpasse, por luvas, por solda ou por outros dispositivos devidamente justificados

Marcelli (2007) explica que as emendas por transpasse são utilizadas quando a peça permite aberturas que possibilitam a colocação de novas barras de reforço, sendo proibidas para barras de bitola maior que 32 mm, conforme a NBR 6118 (2014). A Figura 24 mostra um esquema de execução de emenda por transpasse em uma viga de concreto.

Figura 24 - Emenda por transpasse em viga de concreto



Marcelli (2007)

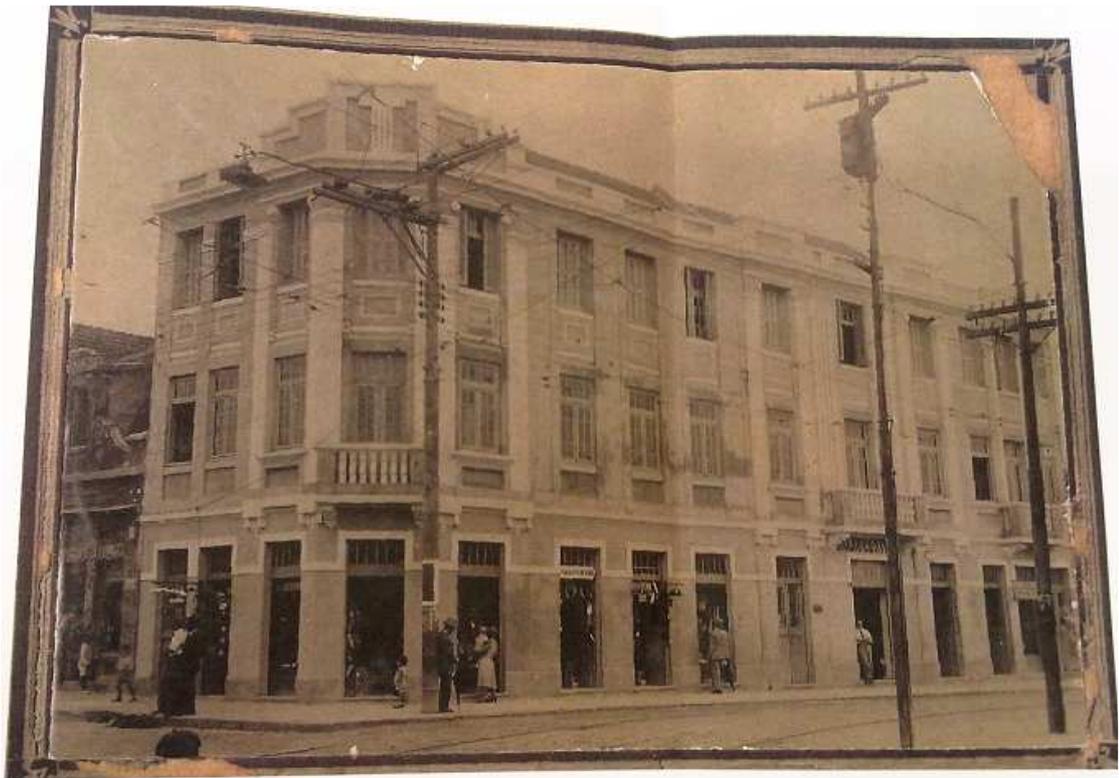
As emendas por luvas rosqueadas ou prensadas também são uma possibilidade prevista na NBR 6118 (2014). Nesse sistema, Marcelli (2007) mostra que as extremidades das barras são unidas por luvas de modo a garantir sua ligação.

Conforme sugere a NBR 6118 (2014), as emendas por solda apresentam fácil execução, mas exigem cuidados especiais estabelecidos em normas específicas, uma vez que o calor gerado pode provocar alterações na estrutura do aço.

3 ESTUDO DE CASO

A edificação que servirá como objeto de estudo está localizada na Rua Cel. Genuíno, 238 e 240, esquina com Rua José do Patrocínio números 12, 14, 20 e 22, no bairro Centro Histórico, na cidade de Porto Alegre. Possui arquitetura eclética, exibindo linhas sóbrias e retas, além de detalhes na fachada em baixo e alto relevo, sem exagero nos ornamentos, conforme Figura 25, fornecida pela EPAHC – Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural da Prefeitura Municipal.

Figura 25 - Foto antiga do objeto de estudo do presente trabalho: edifício construído em 1930.



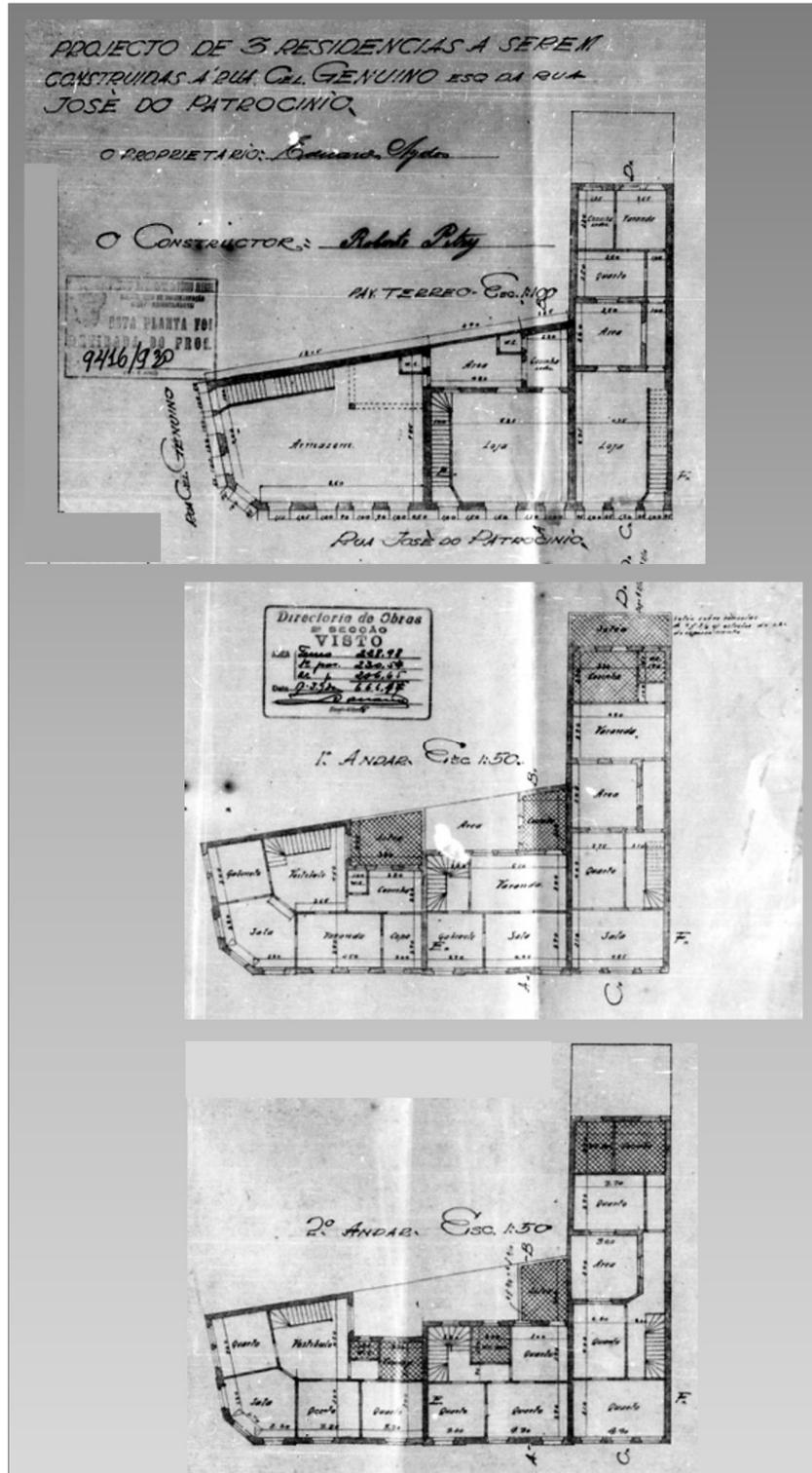
Fonte: EPAHC – Prefeitura Municipal de Porto Alegre (s. d.)

O edifício foi construído em 1930, destinando-se a 3 lojas no térreo. Em correspondência a cada loja, existia uma residência unifamiliar ocupando o segundo e o terceiro pavimento. Os três pavimentos resultam em uma altura de 17.60 m e uma área total de 892,00 m², conforme registro no Cadastro Imobiliário da Fazenda. Duas lojas menores possuíam acesso pela Rua José do Patrocínio e uma loja maior era acessada pela esquina entre as ruas Cel. Genuíno e José do Patrocínio. Três sacadas no segundo pavimento marcam os acessos principais do térreo.

Nas Figuras 26, 27 e 28 são apresentadas algumas plantas do projeto original da edificação, que foi elaborado em 1930 pelo construtor Roberto Petry, conforme

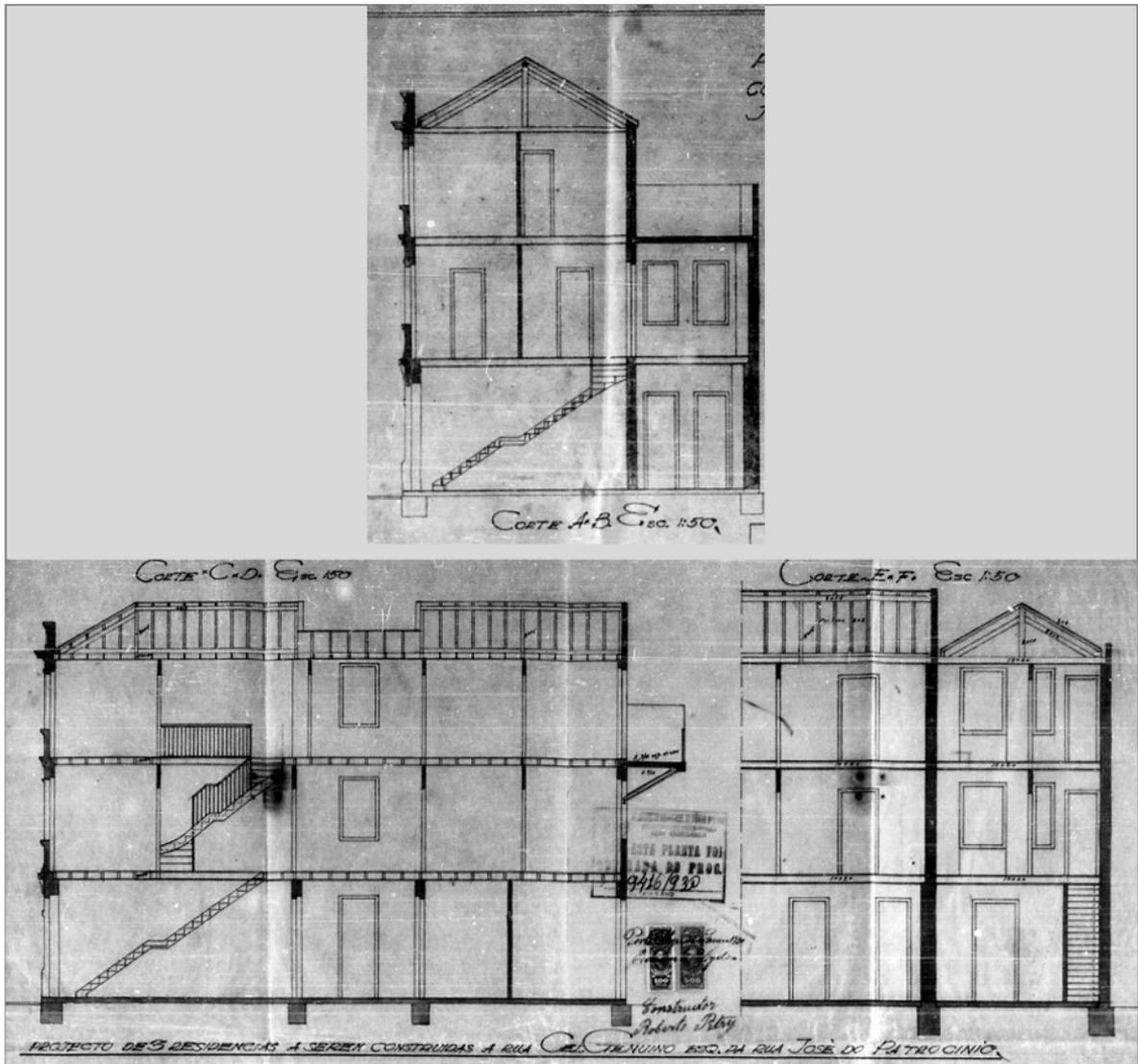
está registrado nas Figuras 26 e 27. De acordo com o relato da arquiteta Rosângela Jardim, responsável pela obra, na época era comum que o construtor, cujo nome constava nos projetos, correspondesse também àquele que projetava e executava a obra, sendo ainda o responsável por conceber o desenho das fachadas.

Figura 26 - Projeto original da edificação em estudo – planta baixa de cada um dos três pavimentos.



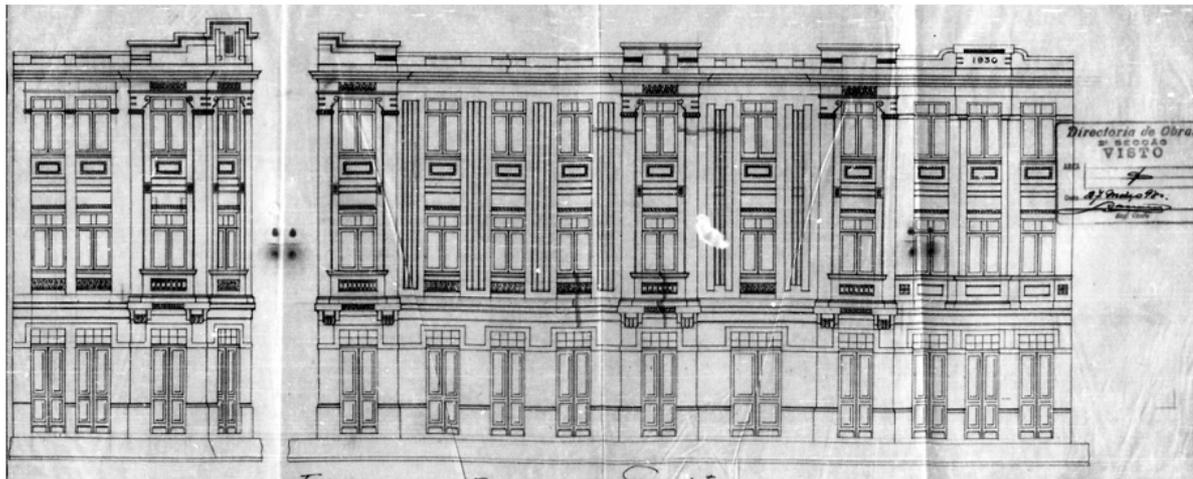
Fonte: Adaptado de EPAHC – Prefeitura Municipal de Porto Alegre (s. d.)

Figura 27 - Projeto original da edificação em estudo – cortes AB, CD e EF.



Fonte: Adaptado de EPAHC – Prefeitura Municipal de Porto Alegre (s. d.)

Figura 28 - Projeto original da edificação em estudo – fachada.



Fonte: Adaptado de EPAHC – Prefeitura Municipal de Porto Alegre (s. d.)

É importante salientar que o edifício faz parte do patrimônio histórico do município de Porto Alegre, caracterizando-se como Imóvel Inventariado de Estruturação a Preservar, conforme pode-se constatar no extrato do Diário Oficial de Porto Alegre (2008), exibido na Figura 29. Cabe então destacar aqui a diferença entre um imóvel tombado e inventariado, já que o tombamento é o instrumento mais conhecido de preservação do patrimônio histórico.

Figura 29 - Extrato do Diário Oficial de Porto Alegre, onde o objeto de estudo é incluído no rol de bens inventariados pela Secretaria de Cultura do município.

 Prefeitura Municipal de Porto Alegre SECRETARIA MUNICIPAL DA CULTURA EDITAL		
<p>O SECRETÁRIO MUNICIPAL DA CULTURA, conforme Termo de Compromisso de Ajustamento Complementar registrado sob o número 30486, Livro 450-D, folhas 92, firmado em 21 de outubro de 2004 e complementado em 12 de dezembro de 2006 pelo Termo de Compromisso de Ajustamento Complementar registrado sob o número 30891, Livro 457-D, folhas 242 entre a Promotoria de Defesa do Meio Ambiente do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul e a Procuradoria-Geral do Município de Porto Alegre, vem pelo presente Notificar aos proprietários e possuidores dos imóveis abaixo relacionados sobre a inclusão no inventário do Patrimônio Cultural de Bens Imóveis do Bairro Centro, classificados como imóveis de Estruturação.</p> <p>São eles:</p>		
INVENTÁRIO DO PATRIMÔNIO CULTURAL - BENS IMÓVEIS BAIRRO CENTRO		
Nº OFICIAL	Nº DO LEVANTAMENTO DE CAMPO	CLASSIFICAÇÃO
Coronel Genuíno, Rua		
226	Nº 226/234/236.....	Estruturação
234		Estruturação
238/240 (esq. R. José do Patrocínio)	Nº 238/240 esq. r. José do Patrocínio.....	Estruturação

Fonte: Diário Oficial de Porto Alegre (2008)

Segundo o Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937, “constitui o patrimônio histórico e artístico nacional o conjunto dos bens móveis e imóveis existentes no país e cuja conservação seja de interesse público, quer por sua vinculação a fatos memoráveis da história do Brasil, quer por seu excepcional valor arqueológico ou etnográfico, bibliográfico ou artístico”.

No município de Porto Alegre, as edificações podem ser legalmente protegidas por Inventário, Tombamento ou por Áreas de Interesse Cultural definidas no Plano Diretor. A proteção do patrimônio cultural, tanto material, como imaterial, é de responsabilidade da Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA), através da sua Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural (EPAHC), órgão vinculado à Coordenação da Memória Cultural (CMEC) da Secretaria Municipal da Cultura (SMC).

De acordo com a EPAHC (s.d.), o Inventário tem por objetivo preservar, como patrimônio cultural, imóveis de valor histórico, arquitetônico, urbanístico, ambiental, simbólico e também de valor afetivo para a população, impedindo que venham a ser destruídos ou descaracterizados.

O IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (s.d.) destaca que, para ser tombado, o bem passa por um processo administrativo onde é analisada

sua importância em âmbito nacional e então é inscrito em um ou mais Livros do Tombo, ficando sujeito à fiscalização do IPHAN, com o objetivo de impedir a destruição ou mutilação do imóvel, mantendo-o preservado para as gerações futuras.

No entendimento da EPAHC, a diferença entre Inventário e o Tombamento está no grau de preservação. O Tombamento é mais restritivo, pois busca preservar integralmente as características originais de uma edificação, o que abrange suas partes externas e internas. Já o Inventário busca preservar apenas as características externas de conjuntos ou edificações consideradas de interesse sócio-cultural.

As edificações inventariadas são ainda classificadas pela EPAHC como Estruturação ou Compatibilização. As primeiras são compostas por elementos significativos ou representativos da história da arquitetura e urbanismo, contribuindo para a preservação das diferentes paisagens culturais construídas ao longo do tempo no Município. Por isso, não podem ser destruídas. As edificações classificadas como Compatibilização preservam o entorno e a ambiência daquelas classificadas como Estruturação, impedindo que novos elementos obstruam ou reduzam sua visibilidade.

3.1 SISTEMA CONSTRUTIVO

De acordo com a Arquiteta Rosângela Jardim, responsável pelo projeto de restauração, o imóvel permaneceu em condição de abandono por um longo período, apresentando risco de desabar o que restava do telhado, já que toda a estrutura interna, as partes de madeira e de estuque estavam totalmente comprometidas.

A edificação em questão foi construída em 1930 e, da estrutura original resta, praticamente, apenas a fachada. Conforme era usual na época, foram utilizados tijolos cerâmicos maciços, conferindo ao prédio paredes externas de 32 cm de espessura (conforme a Figura 30), o que é considerado um valor elevado se considerados os padrões atuais, em que paredes externas possuem cerca de 20 cm de espessura.

Figura 30 - Fotografia mostrando que o prédio foi construído com tijolos maciços.



Fonte: a Autora (2023)

As janelas, conforme exemplo mostrado na Figura 31, foram confeccionadas em madeira com traços da arquitetura predominantes na década de 30. Possuem 2,0 m de altura x 1,20 de largura e com venezianas pesadas, em um total de 25 unidades, distribuídas entre o segundo e o terceiro pavimento.

Figura 31 - Exemplo de abertura encontrada do prédio, típica da década de 30.



Fonte: a Autora (2023)

Atualmente, o imóvel é de propriedade privada e encontra-se em reforma. Foi adquirido em 2012 e os proprietários pretendem recuperar e locar o prédio. Para tanto, contam com equipe de engenharia e arquitetura, responsável por manter, preservar e restaurar o prédio, valorizando sua fachada e tornando-o compatível com o uso.

Os trabalhos se iniciaram em 2013 e paralisados devido a dificuldades técnicas encontradas por equipes que assumiram a obra. Desde 2020, a pandemia de COVID-19 e a restrição de recursos financeiros contribuíram para a estagnação das atividades, que aos poucos vem sendo retomadas. A Figura 32 mostra uma fotografia atual da fachada do prédio.

Figura 32 - Fotografia atual do prédio que consiste no objeto de estudo



Fonte: a Autora (2023)

3.2 PROJETO DE RECUPERAÇÃO

Desde o início das reformas, alguns trabalhos foram executados e trouxeram melhorias significativas para a edificação. As referidas melhorias, bem como as propostas futuras da arquiteta Rosângela Jardim para o prédio, serão apresentadas a seguir.

Como os entrepisos originais de madeira existiam apenas em alguns pequenos trechos, após reforma receberam vigotas de concreto preenchidas com placas de poliestireno expandido (EPS), conforme pode ser visto na Figura 33.

Figura 33 - Entrepiso com vigotas de concreto preenchidas com placas de EPS.



Fonte: a Autora (2023)

No térreo, as aberturas foram provisoriamente fechadas com alvenaria, conforme é mostrado na Figura 34, a fim de evitar invasões e possíveis depredações. Entretanto, pretende-se fechar os vãos com vidro e cortina de aço da cor da fachada.

Figura 34 - Fechamento das aberturas do andar térreo com alvenaria.



Fonte: a Autora (2023)

Durante a reforma, as venezianas das janelas do segundo pavimento, mostradas na Figura 35, deverão ser retiradas para evitar acidentes, pois ficam soltas e batendo, principalmente em dias de vento.

Figura 35 - Janelas do segundo pavimento.



Fonte: a Autora (2023)

No terceiro pavimento, o trabalho de remoção das janelas já foi realizado, conforme está registrado na Figura 36. No entanto as janelas retiradas não foram descartadas, pois a EPAHC tem interesse no material, que permanece resguardado na obra, como mostra a Figura 37.

O projeto de reforma prevê a valorização dos vãos, mantendo as caixas de madeira originais das janelas restauradas e substituindo as venezianas por perfis de alumínio encaixados, possibilitando a abertura das janelas de forma leve.

Figura 36 - Vãos após retirada das janelas do terceiro pavimento.



Fonte: a Autora (2023)

Figura 37 - Janelas retiradas do terceiro pavimento, que serão destinadas à EPAHC.



Fonte: a Autora (2023)

O projeto conta ainda com a instalação de um elevador, e as reformas realizadas já incluíram o poço, conforme pode ser observado na Figura 38. As fotografias foram tiradas do terceiro pavimento, mostrando à esquerda uma vista de cima para baixo e, à direita, uma vista de baixo pra cima do espaço destinado ao elevador. Foi projetado também um acesso térreo central, pela Rua José do Patrocínio, que possibilita chegar ao elevador e às escadas, permitindo o acesso aos demais pavimentos de maneira independente.

Figura 38 - Poço destinado ao elevador a ser instalado na edificação.



Fonte: a Autora (2023)

Para garantir a segurança da edificação, foram inseridos novos pilares, ancorados à fachada. As Figuras 39, 40 e 41 mostram, respectivamente, pilares inseridos nos pavimentos térreo, segundo e terceiro andar.

Ainda se tratando de pilares, alguns deles foram submetidos a análise para verificação da integridade das armaduras. Na Figura 42 estão registradas as intervenções feitas em pilares do terceiro pavimento.

Figura 39 - Pilares inseridos no pavimento térreo



Fonte: a Autora (2023)

Figura 40 - Pilares inseridos no segundo pavimento



Fonte: a Autora (2023)

Figura 41 - Pilares inseridos no terceiro pavimento



Fonte: a Autora (2023)

Figura 42 - Pilares submetidos à análise das armaduras



Fonte: a Autora (2023)

No que diz respeito ao acabamento, o projeto da arquiteta Rosângela Jardim propõe paredes de alvenaria internas rebocadas, seladas, com aplicação de massa corrida e pintadas com tinta fosca nas tonalidades *off white*. Pretende-se rebaixar o forro com gesso, com pintura na cor branca. O piso será em porcelanato acetinado, de cor neutra, de acordo com as cores da fachada, onde predominarão tons de cinza ou bege.

Na cobertura, a proposta é impermeabilizar a laje com área verde, tornando o ambiente mais agradável e auxiliando na climatização de forma ecológica. A intenção é não utilizar telhado e sim valorizar a fachada, deixando-a mais solta e leve. Considera-se que o telhado não é necessário para valorizar o bem a preservar, nem para a futura utilização. Porém, esse ponto ainda depende de autorização da EPAHC.

A fachada terá sua alvenaria totalmente preservada, pois encontra-se em bom estado, carecendo apenas de manutenção, limpeza, pequenas correções e pintura.

3.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS IDENTIFICADAS

A seguir, são apresentadas e analisadas as manifestações patológicas encontradas na edificação em estudo, separando-as em tópicos, de acordo com sua localização, podendo ser encontradas na fachada ou em um dos quatro pavimentos do prédio.

3.3.1 Fachadas

Na fachada da edificação é possível perceber descolamentos de tinta e da camada de revestimento. Dado que a edificação possui 93 anos de idade e o clima do sul do país proporciona as condições que contribuem com os descolamentos, pode-se considerar comum e até mesmo esperado o aparecimento desse tipo de problema.

A Figura 43 mostra a fachada da Rua Coronel Genuíno, onde é possível observar manchas de bolor escurecidas em forma de linhas verticais.

Figura 43 - Fachada da Rua Coronel Genuíno – manchas de bolor



Fonte: a Autora (2023)

Esse tipo de manifestação patológica está associado ao escoamento de água das chuvas e ao acúmulo de umidade nos pontos afetados, o que contribui para a proliferação de fungos e bolor.

O problema pode ser inicialmente resolvido limpando-se a superfície com água sanitária, o que irá eliminar o mofo. Entretanto, após novas ocorrências de chuva e o retorno da umidade, as manchas poderão reaparecer. Assim, uma solução mais eficaz a longo prazo seria a melhoria do acabamento, com a instalação de pingadeiras inclinadas para evitar que a água da chuva fique acumulada. Tal alternativa também evitaria umidade em outros pontos da fachada.

A Figura 44 mostra outros pontos da fachada da Rua Coronel Genuíno, agora destacando-se a presença de descolamentos no revestimento, manifestação patológica que ocorre principalmente abaixo das janelas e sacadas.

Figura 44 - Fachada da Rua Coronel Genuíno – descolamentos



Fonte: a Autora (2023)

As causas prováveis destas manifestações patológicas estão relacionadas ao acúmulo de umidade e à falta de aderência entre camadas do revestimento. É

bastante comum em fachadas, especialmente quando a temperatura do lado de fora é mais baixa que a do lado de dentro da edificação, ou quando a mesma é submetida a quedas bruscas de temperatura, ocasionando compressão e consequente descolamento do revestimento. Outro motivo pode ser o tipo de reboco utilizado e a falta de manutenção periódica, visto que o prédio ficou abandonado por um longo período.

Como o imóvel é caracterizado como Inventariado de Estruturação a Preservar, a fachada deverá ser conservada. Entretanto, será necessário corrigir os problemas de descolamento, o que inclui a remoção dos revestimentos danificados, limpeza da superfície, aplicação de novo revestimento e pintura. De acordo com a arquiteta Rosângela Jardim, a escolha das cores da fachada terá como primeira opção a preservação dos tons originais que, conforme o relato de pessoas que residiam no bairro nos anos 60, era em cinza e branco.

Na Figura 45 pode-se observar mais pontos de descolamento, agora na fachada da Rua José do Patrocínio, concentrando-se principalmente na parte inferior das sacadas.

Figura 45 - Fachada da Rua José do Patrocínio – descolamentos nas sacadas



Fonte: a Autora (2023)

A causa mais provável dessas manifestações patológicas é a umidade. É possível inferir que nesses pontos há maior acúmulo de água durante períodos de chuva, e que, portanto, a degradação percebida é fruto da ação do intemperismo.

A solução do problema passa pela remoção dos revestimentos danificados, limpeza da superfície, aplicação de novo revestimento e pintura. Entretanto, no caso das sacadas é necessário também melhorar seu sistema de impermeabilização. Considerando que a solicitação é imposta pela água de percolação, pode ser instalada manta asfáltica, garantindo também uma declividade adequada.

A Figura 46 mostra imagens de outras partes da fachada da Rua José do Patrocínio, onde percebe-se claramente a presença de mais áreas degradadas afetadas por descolamentos. Cabe aqui também ressaltar a quantidade de pichações, que cobrem grande parte da área da fachada, ao menos no térreo da edificação.

Figura 46 - Fachada da Rua José do Patrocínio – descolamentos e pichações



Fonte: a Autora (2023)

Conforme já foi mencionado, os descolamentos são causados pela presença de umidade, falta de aderência entre camadas do revestimento, tipo de reboco e manutenção insuficiente. Para correção do problema, deve-se remover os revestimentos danificados, limpar, aplicar novo revestimento e pintar. Assim, as pichações também serão eliminadas.

3.3.2 Primeiro pavimento (térreo)

No pavimento térreo, foram encontradas diversas manifestações patológicas. Ao entrar na edificação, percebe-se que a parede em frente à porta apresenta

descolamento do revestimento, deixando expostos os tijolos de alvenaria, conforme pode ser visto na Figura 47.

Figura 47 - Descolamento em paredes de alvenaria



Fonte: a Autora (2023)

Este descolamento é causado pela aderência insuficiente entre as camadas que compõem o revestimento e pode ter sido provocado, pela falta de chapisco, hidratação inadequada dos produtos de cal ou pelo excesso de cimento.

Observa-se que, no caso da Figura 47, apenas uma pequena parte do revestimento ainda existe, devendo este deve ser removido. Então, a superfície deve ser limpa, para seguir posteriormente com a execução de chapisco, emboço, reboco e pintura.

A Figura 48 mostra mais uma parede de alvenaria, que apresenta descolamento de elementos cerâmicos.

Figura 48 – Descolamento de elementos cerâmicos



Fonte: a Autora (2023)

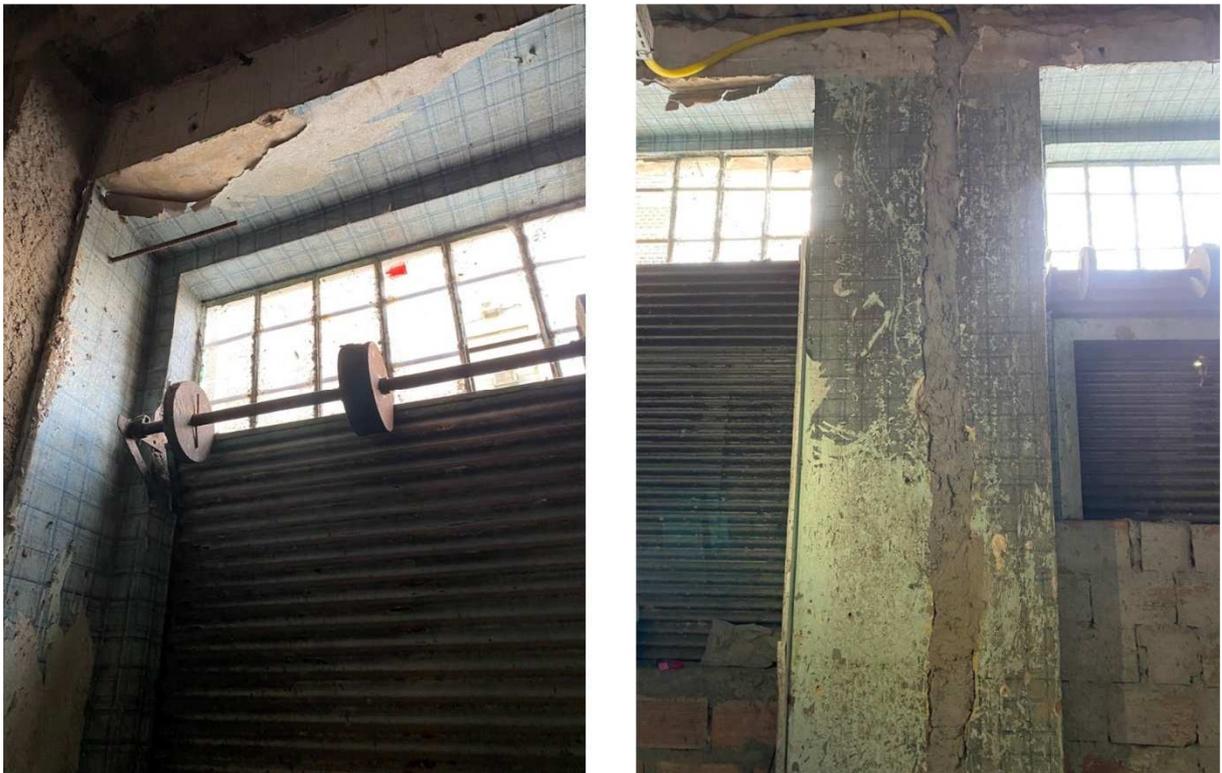
Esse tipo de manifestação patológica pode ser causado, pelo preparo incorreto da base para aplicação das peças cerâmicas ou pela técnica de colocação da argamassa. Na época na construção do prédio, ainda não existia produtos como: cimento-cola. Utilizava-se argamassa comum, aplicando-a em linhas alternadas na parte de trás do elemento cerâmico, que depois ela colocado na parede. Essa técnica deixava vazios, comprometendo a aderência entre o substrato (parede) e a peça cerâmica.

Vale considerar ainda a ação do tempo e a falta de manutenção da edificação, fatores que também contribuíram para a perda de aderência entre a cerâmica e o substrato.

Como os proprietários do imóvel não desejam revestir novamente a parede com elementos cerâmicos, a correção do problema será iniciada pela remoção da cerâmica ainda existente na parede. Então, a superfície deve ser limpa e passar pelas etapas de chapisco, emboço, reboco e pintura, recebendo assim um novo revestimento.

Na Figura 49 observa-se que ainda há papel de parede, aparentemente antigo, em alguns pontos do pavimento térreo do prédio. No entanto, o material encontra-se bastante degradado sofrendo descolamento.

Figura 49 - Descolamentos de papéis de parede



Fonte: a Autora (2023)

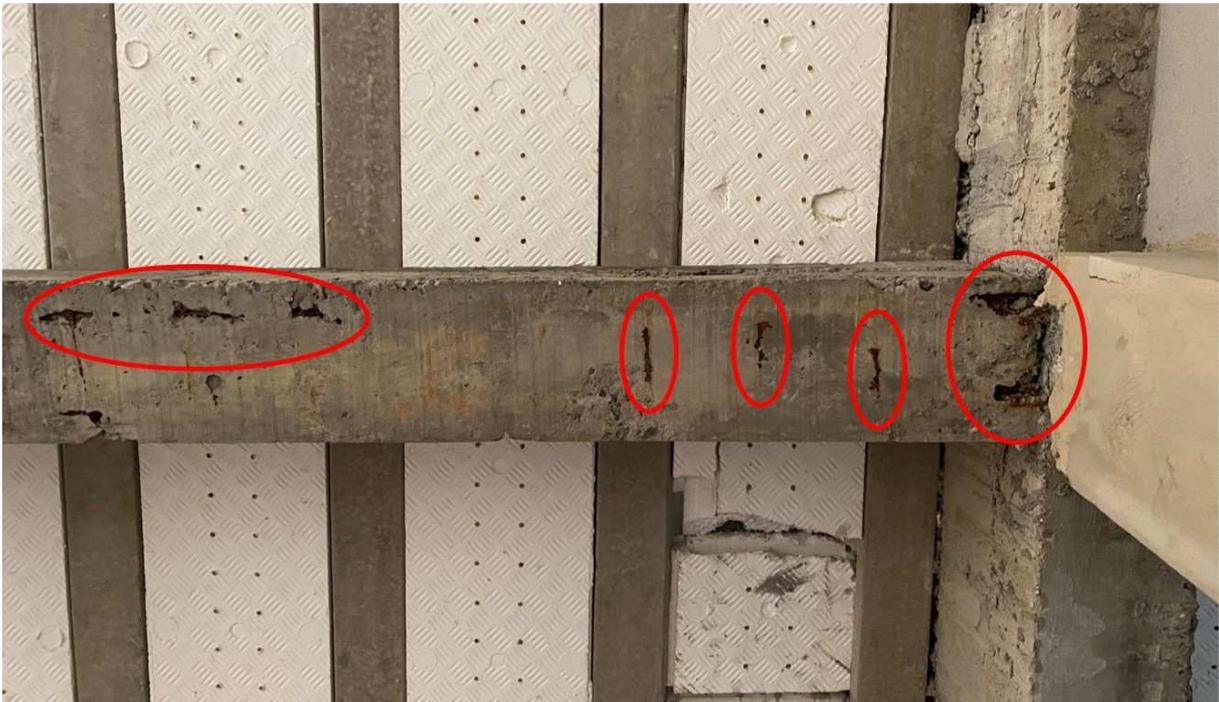
As principais causas desta manifestação patológica é a presença de umidade, má aplicação ou má preparação do substrato. Porém, ao levar em consideração a idade do prédio, pode-se afirmar que a ação do tempo foi determinante para a perda de aderência.

A correção dos descolamentos das paredes deve ser feita iniciando-se pela remoção do papel de parede. Depois, as superfícies devem ser limpas e preparadas

com chapisco para receber novos revestimentos, tomando-se os devidos cuidados no processo construtivo para afastar a possibilidade de reaparecimento das mesmas manifestações patológicas. São exemplos de cuidados durante a execução do serviço: molhar as superfícies antes aplicar o revestimento, utilizar para o chapisco argamassa de cimento e areia com traço 1:4 e, após o chapisco, revestir as paredes com camadas uniformes de emboço e reboco.

Ainda no primeiro pavimento, foram identificadas algumas vigas cujas armaduras encontram-se expostas. Um exemplo desse problema pode ser visualizado na Figura 50.

Figura 50 - Exposição de armaduras em vigas



Fonte: a Autora (2023)

O mecanismo de corrosão do aço é de natureza eletroquímica e, portanto, desencadeado pela presença de umidade no ambiente. Também é facilitado pela porosidade elevada e pela presença de fissuras no concreto.

Para corrigir o problema, deverá ser feita a limpeza das ferragens por escovação, seguida de pintura com tinta anticorrosão. Então, a viga deverá receber novo revestimento, sendo o restauro com *grout* uma alternativa. É essencial analisar se houve perda significativa do diâmetro (bitola) dos elementos de ferro, neste caso será necessário providenciar o reforço estrutural da viga.

A Figura 51 mostra uma parede atingida por fissuras que ocorrem em todas as direções, caracterizadas como fissuras mapeadas (indicadas por uma seta). Na mesma imagem, observa-se a degradação do revestimento da parede, próxima à escada (região circulada).

Figura 51 - Fissura geométrica em parede de alvenaria



Fonte: a Autora (2023)

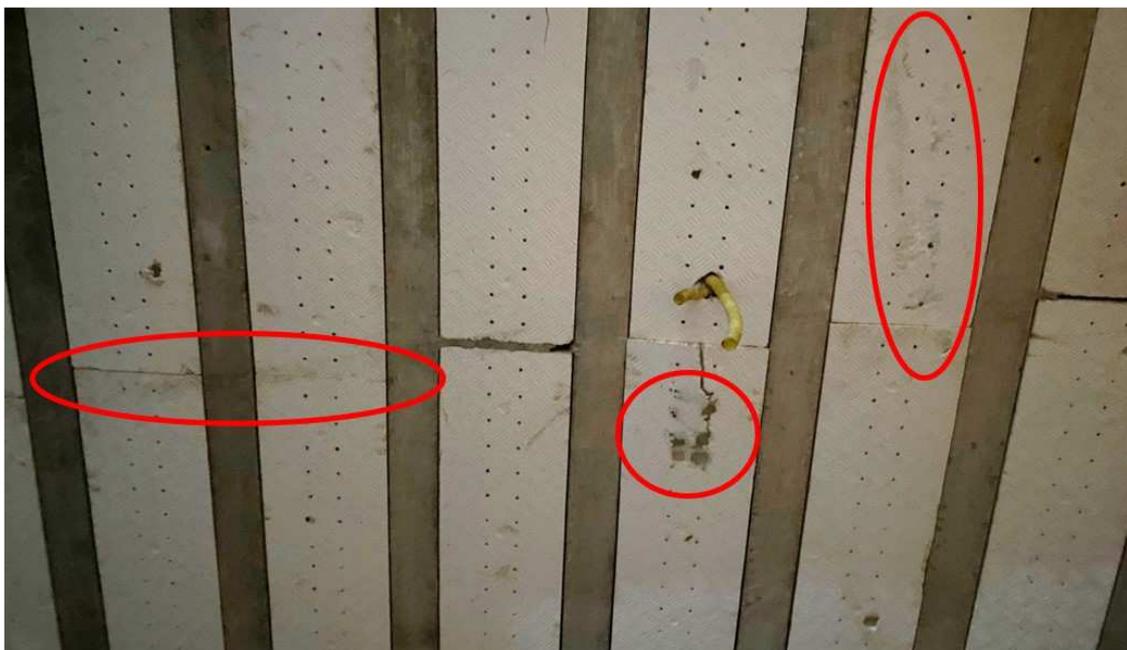
As fissuras mapeadas normalmente são causadas pela retração do material. É possível identificar ainda a ocorrência de descolamento do revestimento, demonstrando que o mesmo também pode perder sua aderência devido à presença de fissuras. Um tratamento indicado para esse tipo de manifestação patológica é a remoção do reboco, providenciando-se novo revestimento e pintura.

A degradação do revestimento mostrada na Figura 51 é causada por umidade ascensional. Para solucionar o problema é preciso, inicialmente, identificar a origem da infiltração. Os elementos da fundação, bem como pilares e paredes em contato direto com o solo, devem estar impermeabilizados.

Na parede, devem ser feitas intervenções a fim de corrigir o problema já existente. Para tanto, é necessário remover o revestimento da parte afetada, até encontrar a alvenaria, abrindo um espaço entre a parede e o piso. Este deverá ser preenchido com argamassa de traço 1:3, acrescida de aditivo impermeabilizante, respeitando-se as indicações do fabricante. A ideia é tornar a parede impermeável, evitando a passagem de água e outros fluidos.

Algumas placas de EPS instaladas nos entrepis também apresentam alguns problemas. Na Figura 52 podem ser observadas diversas manchas de coloração amarronzada, observando-se que o material está, de forma generalizada, mais amarelado. Na Figura 53 há outros exemplos de manchas em placas de EPS, mais localizadas e de formato arredondado.

Figura 52 - Manchas em placas de EPS



Fonte: a Autora (2023)

Figura 53 - Manchas arredondadas em placas de EPS



Fonte: a Autora (2023)

A causa do aparecimento das manchas é a penetração de umidade. A solução, portanto, é providenciar o acabamento do piso do segundo pavimento, que ainda é de concreto, facilitando o acúmulo de umidade e percolação da água devido à elevada porosidade. Também pode ser feita a impermeabilização do piso, havendo diversas opções de materiais para esse fim no mercado, classificados como cimentícios, asfálticos e poliméricos.

Além disso, as janelas do segundo pavimento costumam ficar abertas, deixando de proteger a edificação das chuvas. A substituição das janelas e o estilo a ser adotado ainda é um assunto pendente entre a EPHAC e a arquiteta responsável pelo projeto. É interessante que haja uma decisão e que novas janelas sejam instaladas em breve, contribuindo para a proteção da edificação contra intempéries.

Outra manifestação patológica identificada nas placas de EPS é a presença de rachaduras, conforme o exemplo da Figura 54.

Figura 54 - Rachadura em placa de EPS



Fonte: a Autora (2023)

É provável que as rachaduras tenham ocorrido devido à movimentação da estrutura que geram tensões que não são suportadas pelo EPS. Para corrigir o problema, o procedimento mais indicado é a substituição das placas danificadas.

3.3.3 Segundo e terceiro pavimentos

No segundo e no terceiro pavimentos, foram identificadas manifestações patológicas similares às descritas no primeiro pavimento e, portanto, já foram descritas neste trabalho.

3.3.4 Quarto pavimento

No quarto pavimento, foram observadas manifestações patológicas principalmente na área descoberta, exposta às intempéries.

A Figura 55 mostra uma imagem da parte interna superior da fachada, onde foi identificada a presença de limo e lodo, caracterizados por manchas esverdeadas e escuras, além da degradação dos tijolos e do reboco dos muros.

Figura 55 - Parte interna da fachada – manchas e bolor



Fonte: a Autora (2023)

Tais manifestações patológicas aparecem devido à exposição constante à umidade, percolação da água no revestimento e na alvenaria e falta de manutenção e poderiam ser corrigidas realizando-se a limpeza e raspagem na superfície, com ferramentas simples, como escova de aço e desempenadeira. O uso de água sanitária também é importante nesse processo, pois mostra-se eficaz na eliminação dos fungos que acompanham as manchas.

Entretanto, os tijolos e o reboco encontram-se bastante degradados. Assim, para sanar o problema de forma definitiva, indica-se refazer a alvenaria, bem como o revestimento.

A Figura 56 mostra outra imagem a parte interna da fachada, onde agora são identificadas pulverulências, ou seja, desagregação e esfarelamento da argamassa de revestimento e dos tijolos.

Figura 56 - Parte interna da fachada – pulverulência



Fonte: a Autora (2023)

É provável que a argamassa tenha sido produzida com quantidade insuficiente de aglomerante, resultando em um material pulverulento. Para corrigir o problema, é necessário refazer a alvenaria, visto que o material dos tijolos está perdendo a coesão, ocorrendo sua fragmentação e esfarelamento. Em seguida, deve ser executado novo revestimento e pintura.

Conforme pode ser visto na Figura 57, o piso deste pavimento também apresenta manifestações patológicas, na forma de descolamentos. Elas são encontradas especialmente na área próxima à fachada, onde não há cobertura.

Figura 57 - Piso próximo à fachada



Fonte: a Autora (2023)

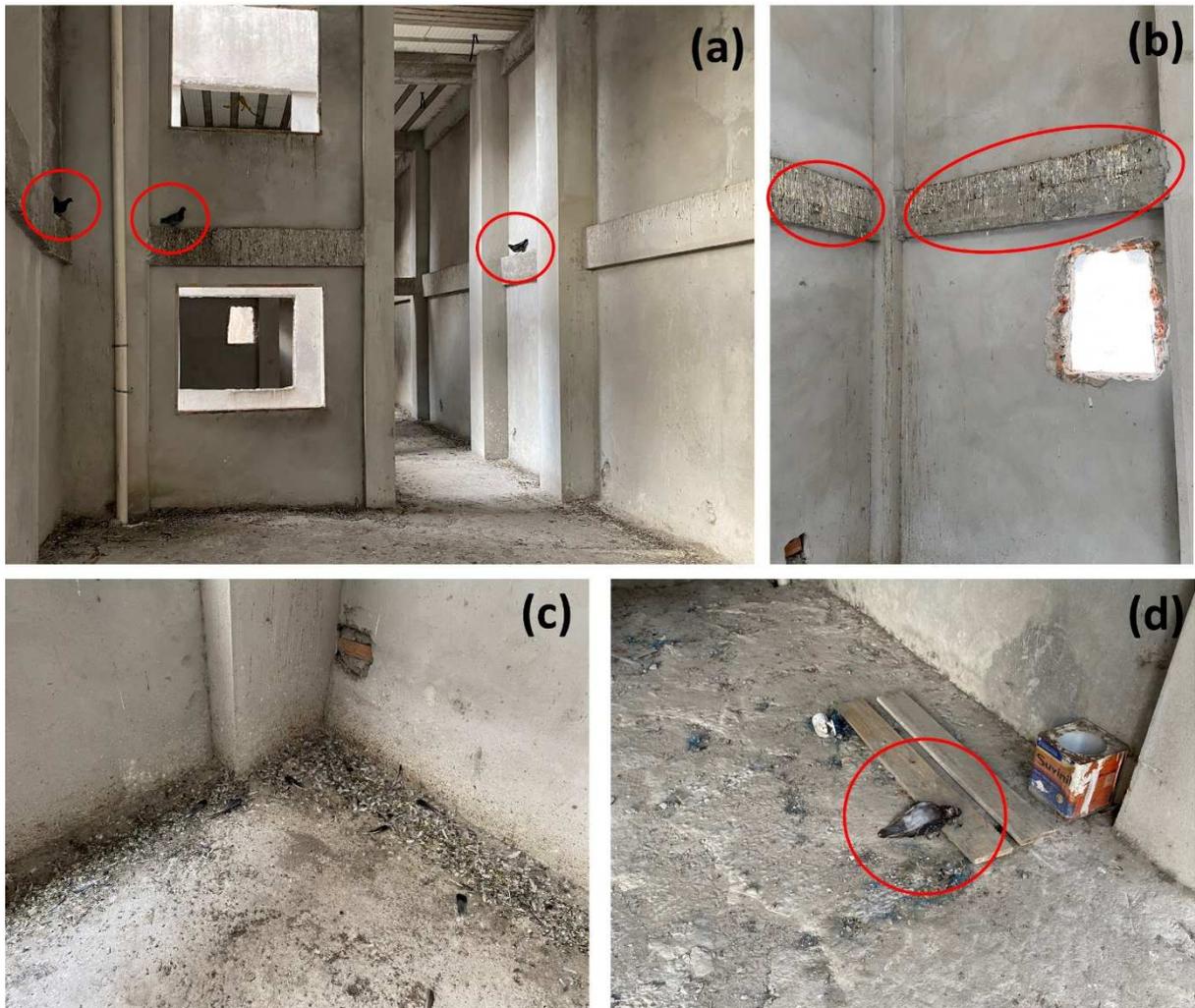
Para sanar o problema, é necessário remover a camada superficial que está descolando, limpar a superfície, regularizar impermeabilizar a área, o que poderá ser feito com manta asfáltica. Observa-se que os cantos foram arredondados e manta asfáltica foi aplicada. Entretanto, o serviço está incompleto.

O quarto pavimento não possui cobertura. Além disso, não possui paredes externas, estando totalmente exposto às chuvas, vento e variações de temperatura. Assim, fica evidente que a edificação necessita de maior proteção, a fim de evitar os problemas aqui descritos, trazidos principalmente pela umidade.

O projeto prevê a cobertura do quarto pavimento, com exceção da área mostrada na Figura 57, entre os pilares e a fachada. A proposta é oferecer um ambiente ao ar livre, iluminado e arejado. Para tanto, reforça-se a importância da correção das manifestações patológicas e impermeabilização da área. Conforme já foi mencionado no presente trabalho, existe a possibilidade de impermeabilizar a laje com área verde, mas esse é um dos pontos em aberto, que depende de autorização da EPAHC.

A forma como a edificação fica exposta permite ainda presença constante de pombas no local, o que consiste em um problema sanitário a ser resolvido. A Figura 58 mostra em (a) pombas em vigas do prédio. Em (b), tem-se o exemplo de uma viga coberta por fezes dos animais, o que se repete em muitas outras vigas, bem como no chão, conforme é mostrado em (c). Em (d) há um animal morto, o que é recorrente.

Figura 58 - Presença de pombas na edificação



Fonte: a Autora (2023)

Para solucionar o problema, é preciso remover os dejetos dos animais e limpar as áreas afetadas com água sanitária. Para evitar a entrada das pombas, a alternativa é cobrir a edificação, o que evitará ainda o aparecimento de manifestações patológicas desencadeadas pelo excesso de umidade.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objeto de estudo um imóvel localizado no Bairro Centro Histórico de Porto Alegre, caracterizado pela Equipe do Patrimônio Histórico e Cultural da Prefeitura Municipal como Imóvel Inventariado de Estruturação a Preservar. Foram identificadas e analisadas as manifestações patológicas presentes na edificação, construída em 1930.

Os conhecimentos e experiências adquiridas durante o curso de Engenharia Civil foram primordiais para a escolha do tema, bem como para a execução desta pesquisa. Cabe destacar as disciplinas de Patologia e Recuperação de Edificações e Técnicas Construtivas, cujos conteúdos apresentados em aula tiveram uma contribuição maciça para o desenvolvimento e compreensão da temática escolhida. A pesquisa bibliográfica sobre manifestações patológicas, tanto em livros consolidados no assunto como em publicações mais atuais e diversificadas, permitiu um maior aprofundamento sobre o tema.

A visita ao local, acompanhada pelo registro fotográfico de pontos de interesse, oportunizou a análise dos problemas. Observou-se a presença de tipos variados de manifestações patológicas, tais como descolamentos de tinta e de revestimentos, exposição de armaduras, fissuras em paredes e em placas de EPS, manchas nos elementos de EPS, limo e lodo em paredes, degradação de peças de alvenaria e de revestimentos, entre outras. Além disso, foi possível observar que os problemas se encontram distribuídos em toda a edificação, desde a fachada até seus quatro pavimentos.

A partir da visita técnica e análise das fotografias foi possível concluir que a maioria das manifestações patológicas são provenientes da presença e permanência da umidade na edificação. Outras prováveis causas de alguns dos problemas verificados são: a técnica de execução e escolha de materiais durante a construção. As observações a respeito da origem das manifestações patológicas estão em consonância com a bibliografia estudada, que também destaca a umidade como um dos principais fator degradantes das edificações.

Cabe ressaltar que os problemas identificados no prédio foram agravados pela falta de manutenção, especialmente considerando-se o fato de que o local esteve abandonado por um longo período. Felizmente, hoje o prédio desperta o interesse comercial dos proprietários e encontra-se em obras, tendo como responsáveis uma

equipe experiente de engenharia e arquitetura. É importante destacar que o sucesso dessa reforma compreende a necessidade de um projeto executivo bem elaborado, a correta escolha de materiais e o treinamento adequado de toda a equipe, que deve estar sempre acompanhada de profissional habilitado.

O presente trabalho atingiu integralmente seus objetivos e gerou um levantamento das necessidades de correção de manifestações patológicas da edificação, contribuindo para que o mesmo seja revitalizado, recupere sua funcionalidade e seja disponibilizado para uso. O retorno do prédio histórico ao cotidiano de Porto Alegre irá colaborar para manter viva a história do Bairro Centro Histórico, contada a partir da arquitetura.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. P. **Durabilidade e deterioração das estruturas de concreto armado**. Apostila de aula. Disciplina de Patologia e Recuperação de Edificações. UniRitter. 2022.
- AMARAL, Gabriel Martins; FREIRE, Guilherme Giorgi Jácomo. **Uso da termografia infravermelha na identificação de umidade em elementos de vedação de edifícios**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.
- ANGELO, Ana Margarida Vieira. **Análise das patologias das estruturas em concreto armado do Estádio Magalhães Pinto – Mineirão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 404. 2004.
- ARAGÃO, Alexandre. **Patologias por umidade**. Canteiro de Engenharia, 2019. Disponível em: <<https://canteirodeengenharia.com.br/2019/07/17/patologias-por-umidade/>>. Acesso em: 11 abr. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1:2013. **Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. NBR 8.802. **Concreto endurecido – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2019.
- BALZANI, Marcelo. **Escaneamento a laser 3D recupera obras com precisão**. Portal Itambé, 2016. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/escaneamento-laser-3d/>>. Acesso em: 01 nov. 2022.
- BOTTEGA, Fábio. **Análise do ensaio esclerométrico, um ensaio não destrutivo, nas estruturas de concreto**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, p. 136. 2010
- CANDIAN, André Luiz. **Metodologia para avaliação de estruturas de concreto armado degradadas utilizando ensaios dinâmicos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 126. 2017.
- CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.
- CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DE SANTA CATARINA – CAU/SC. **Cidade: Patrimônio de Todos**. Disponível em: <https://www.causc.gov.br/wp-content/uploads/2020/08/CARTILHA_CAU_completa.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CUNHA, Ana Carla Quintas da. **Despassivação das armaduras de concreto por ação da carbonatação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

DIÁRIO OFICIAL DE PORTO ALEGRE. Ano XII. Edição 3225 – 07/03/2008.

Disponível em:

<http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dopa/usu_doc/marco_2008.pdf>.

acesso em: 27 mar. 2023.

EPEC. Escritório Piloto de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. 2021. **Tipos de Fissuras: Como Identificar**. Disponível em: <<https://epc-ufsc.com.br/laudo-tecnico/tipos-de-fissuras-como-identificar/>>. Acesso em: 02 out. 2022.

EVANGELISTA, Ana Catarina Jorge. **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 219. 2002.

FUNARI, Pedro Paulo; PELEGRINI, Sandra C. A.. **Patrimônio Histórico e Cultural**. 1ª. Edição. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; FAGUNDES NETO, Jerônimo Cabral Pereira; GULLO, Marco Antonio. **Inspeção Predial Total – Diretrizes e Laudos no Enfoque da Qualidade Total**. 2ª. Edição. São Paulo: Pini, 2014.

GP Engenharia Diagnóstica. **Ensaios**. Disponível em:

<<https://www.gpengenhariadiagnostica.com.br/ensaios-de-engenharia-diagnostica>>.

Acesso em: 11 abr. 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª. Edição. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, Paulo R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

HELENE, Paulo R. L.; GARCIA, Mauricio; SBRIGHI NETO, Claudio. **Fundações em concreto: projeto, execução e patologia**. SEFE V – 5º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia, v.1, p. 553-579, 2004. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2004/07/V-seminario-de-engenharia-2004-Funda%C3%A7%C3%B5es-Especiais.pdf>> Acesso em: 16 set. 2022.

HP Construções. **Recuperação estrutural feito com graute, aprenda o segredo**. 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=BmpKBSxt09E>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS. **Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do Ibape/SP**. 2011.

_____. Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do Ibape/SP. 2021.

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Bens tombados**. Disponível em: <<http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/126>>. Acesso em: 30/03/2023.

JUSSIANI, Eduardo Inocente. **Influência da energia na caracterização microestrutural de rochas por microtomografia de raios X**. Dissertação (Mestrado em Física) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2012.

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

LAGE, Adriana Duarte Brina. **Patologias associadas à umidade - soluções ao caso concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 53. 2012.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 56. 2008.

LUPORINI, Teresa Jussara. **“Lugares da memória” No Estado do Paraná: Demandas e políticas pela preservação do patrimônio histórico**. Revista Olhar de Professor, v. 1, n.1, p.115-128. 1998. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/olhardeprofessor/article/view/1340/984>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

MARCELLI, Maurício. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MEHTA, P. Kumar.; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2ª. Edição. São Paulo: Ibracon, 2014.

MENEZES, R. R.; FERREIRA, H.S.; NEVES G. A. e FERREIRA, H.C. **Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão**. Cerâmica, v. 52, p. 37-49. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ce/a/WHzSvDfn78JKN9VyQ79ppTw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 abr. 2023.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. 5ª. Edição. Porto Alegre: Bookman, 2016.

OLIVEIRA, G.M. **Análise de fissuras em alvenaria de vedação – Estudo de caso: UEMG – Unidade de João Monlevade**. Research, Society and Development, v. 8, n. 12, p. 01-22. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5606/560662203039/html/>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PACHECO JR., Wilson. **3D Scan na construção civil: o que é e o que ele oferece para as obras?**. Obra Prima, 2021. Disponível em:

<<https://blog.obraprimaweb.com.br/3d-scan-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PINHEIRO JÚNIOR. S. A. M; OLIVEIRA, L. A. C. **Patologias em construções, novas técnicas e produtos para correção**. Revista Conhecendo Online: Ciências Exatas e Engenharias, v. 6, n. 1, p. 2020. Disponível em:

<<https://conhecendoonline.emnuvens.com.br/revista/article/view/84/128>>. Acesso em 15 abr. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE: Equipe Do Patrimônio Histórico e Cultural. **Inventário: O Que Você Precisa Saber**. Disponível em:

<http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smc/usu_doc/inventario.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937**.

Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%2025%2C%20DE,patri)

[lei/del0025.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%2025%2C%20DE,patri](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%2025%2C%20DE,patri)

[m%C3%B4nio%20hist%C3%B3rico%20e%20art%C3%ADstico%20nacional.](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm#:~:text=DECRETO%2DLEI%20N%C2%BA%2025%2C%20DE,patri)>.

Acesso em: 27 mar. 2023.

REZENDE, J. M. **Patologia Como Sinônimo de Doença**. Revista de Patologia Tropical, v. 36, n. 1, p. 101-102. 2007. Disponível em:

<<https://revistas.ufg.br/iptsp/article/download/1825/1740/8209>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

SAHADE, Renato Freua. **Avaliação de Sistemas de Recuperação de Fissuras em Alvenaria de Vedação**. Dissertação (Mestrado em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo, p. 188. 2005.

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori; CALENZANI, Carla Lorencini. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Revista Científica

Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 05, p. 68-92. 2019. Disponível em:

<<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recuperacao-e-reparo>>.

Acesso em: 08 abr. 2023.

SILVA, Guilherme Augusto de Oliveira. **Avaliação da durabilidade de concretos contendo agregados reciclados de resíduos de construção civil (RCC)**.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 168. 2017.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

SOUZA FILHO, Emanuel Barbosa; MIRANDA, Heloisa Ohanna Oliveira; SOUZA, Jefesson Andrey Gomes de. **Patologias da Construção Civil**. Faculdade Ages. s.d. Disponível em:

<<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25486/1/ARTIGO%20CIENTIFICO%20DE%20ENGENHARIA%20CIVIL.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

VERÇOZA, Ênio José. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Ed. Sagra, 1991.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Mauricio. DRESCH, F. **Patologia das estruturas**. Porto Alegre: Grupo A, 2018.

ZANELATTO, Débora. **Como acabar com infiltrações**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Arquitetura. Fórum da Construção, s.d. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=1410>>. Acesso em: 11 abr. 2023.