

Jorge, A. P. ¹

Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Alvim, A. F. ²

Graduando, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Haraguchi, M. T. ³

Professor., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ praxedes090512@hotmail.com; ² arthur.f.alvim@gmail.com; ³ marcelo.h@pucgoias.edu.br

RESUMO: Em uma analogia com a medicina, uma obra de engenharia pode ser comparada ao corpo humano, sendo passível de apresentar diversas disfunções que comprometem sua funcionalidade. A engenharia diagnóstica constitui-se então, em um importante ramo cujos objetivos são analisar, prever, classificar e instituir medidas de controle e recuperação dos fenômenos patológicos nos diversos empreendimentos. Assim, devido a importância e necessidade de melhor compreensão do assunto, foi realizada uma revisão de literatura abordando os seguintes tópicos: patologias na construção civil, causas das patologias, depreciação das edificações, diagnóstico, mecanismos de deterioração das estruturas de concreto, fissuras e trincas, umidade e infiltração, corrosão de armaduras, manutenção e intervenção corretiva. Realizou-se ainda, vistoria em um edifício residencial localizado na cidade de Goiânia- GO, a fim de se identificar as manifestações patológicas da edificação, além da proposição de medidas mitigatórias para a resolução dos problemas encontrados e elaboração de orçamento para as terapias recomendadas. Desse modo, constata-se a importância da engenharia diagnóstica na identificação e tratamento de manifestações patológicas antes que elas se tornem críticas e possam comprometer a segurança e a durabilidade da construção. Assim, pode-se concluir que o estudo das patologias é uma ferramenta indispensável para a prevenção, manutenção e recuperação das edificações.

Palavras-chaves: engenharia diagnóstica, manutenção, recuperação de edificações.

ABSTRACT: In an analogy with medicine, a work of engineering can be compared to the human body, being likely to present various dysfunctions that compromise its functionality. Diagnostic engineering therefore constitutes an important branch whose objectives are to analyze, predict, classify and institute measures to control and recover pathological phenomena in various enterprises. Thus, due to the importance and need for a better understanding of the subject, a literature review was carried out covering the following topics: pathologies in construction, causes of pathologies, depreciation of buildings, diagnosis, mechanisms of deterioration of concrete structures, fissures and cracks, humidity and infiltration, corrosion of reinforcement, maintenance and corrective intervention. An inspection was also carried out in a residential building located in the city of Goiânia- GO, in order to identify the pathological manifestations of the building, in addition to proposing mitigating measures to resolve the problems found and preparing a budget for the recommended therapies. Thus, the importance of diagnostic engineering in identifying and treating pathological manifestations before they become critical and can compromise the safety and durability of the construction is evident. Thus, it can be concluded that the study of pathologies is an indispensable tool for the prevention, maintenance and recovery of buildings.

Keywords: diagnostic engineering, maintenance, restoration of buildings.

Área de Concentração: Construção civil.

O mercado atual tem-se tornado cada vez mais competitivo e exigente, logo os clientes estão cada vez mais em busca de qualidade dos produtos e bens adquiridos. Entretanto, apesar de cada vez mais as empresas optarem pelo uso de melhores técnicas e tecnologias aliado a um rígido controle de execução e materiais de qualidade, ainda assim, as edificações podem estar sujeitas a apresentarem falhas.

Em uma analogia com a medicina, uma obra de engenharia pode ser comparada ao corpo humano, sendo passível de apresentar diversas disfunções que comprometem sua funcionalidade. Assim, o termo patologia oriundo do grego e que significa “estudo das doenças”, é usado para designar a área que se dedica, tal qual a patologia humana, a estudar as doenças e prescrever o tratamento. A engenharia diagnóstica constitui-se então, em importante ramo cujos objetivos são analisar, prever, classificar e instituir medidas de controle e recuperação dos fenômenos patológicos nos diversos empreendimentos (SOUZA, 2019).

As manifestações patológicas representam aspectos da edificação que não foram executados de acordo com o esperado ou que falharam, estando presentes em um grande número de construções, variando em menor ou maior intensidade dependendo do tempo de surgimento ou forma de manifestação (NEVES e VÁZQUEZ, 2020). Elas podem comprometer desde o aspecto estético até a estrutura de uma construção e, ao longo do tempo, podem inclusive resultar na inutilização de uma edificação. Possuem inúmeras causas e permeiam as diversas etapas do processo produtivo, desde a elaboração do projeto e execução, até o período de ocupação (SILVA, 2023).

Os problemas patológicos podem ser oriundos do excesso de cargas, utilização de materiais de baixa qualidade ou desconhecimento das características dos materiais empregados, desconhecimento de normas técnicas, falhas ou ausência de projeto, erros de execução, falta de manutenção e envelhecimento natural das construções. Os processos ambientais também possuem influência no surgimento do processo de degradação de um edifício (SANTOS et al., 2023, SILVA, 2023).

Para a eliminação das patologias apresentadas por uma edificação, é necessário que seja feito um estudo minucioso sobre os fatores de origem, conhecer os mecanismos de formação dos diferentes tipos de manifestações patológicas pode até mesmo, auxiliar no diagnóstico das mesmas. Assim, por meio do diagnóstico adequado é possível estabelecer todas as características dos problemas encontrados, isto é, os sintomas, as causas e as origens. (SCHEIDEGGER e CALENZANI, 2019).

Após realizado o diagnóstico e prognóstico, o profissional responsável deverá instituir as possíveis intervenções para correção dos problemas encontrados. O método utilizado para tratar as patologias, é denominado de terapia e consiste nas ações de reparo, recuperação ou reforço da estrutura. Como cada tipo de anomalia possui um tratamento específico, devem ser avaliadas as técnicas e materiais que serão utilizados conforme cada caso. Todavia, situações em que o processo de recuperação não apresenta viabilidade, a estrutura poderá ser demolida (PEREIRA, 2020; ARAÚJO, 2021).

No Brasil, há uma forte tendência de se optar pelo uso do concreto armado nos diversos tipos de construções, o qual apresenta excelentes resultados de qualidade e desempenho. Antigamente, acreditava-se que esse material era eterno e não precisava de manutenção, porém já é sabido que o concreto pode apresentar anomalias por diversos fatores. Todavia, em obras realizadas com esse método construtivo, a ocorrência de manifestações patológicas é um fator de maior preocupação, uma vez que os métodos de reparo apresentam maior complexidade e quando não realizados em tempo hábil, pode resultar em colapso da estrutura. Assim, para a otimização da sua vida útil torna-se preciso cuidados desde o estudo do traço, dosagem e cura até a manutenção preventiva periódica (DA SILVA, 2021; BOLINA et al, 2019).

Diante do exposto, observa-se a grande importância do estudo e identificação de patologias, tanto para prevenção como para a recuperação de edificações. Desse modo, a patologia das edificações constitui-se em uma área fundamental para o controle de qualidade de uma obra e seus fundamentos devem ser empregados desde a concepção do projeto, a fim de gerar economia e segurança para os usuários. Assim, no presente trabalho realizou-se a análise de um edifício residencial localizado na cidade de Goiânia-GO, para identificação de manifestações patológicas, além da proposição de medidas mitigatórias para a correção dos problemas encontrados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 *Patologias na construção civil*

Um empreendimento da engenharia civil deve ser concebido e utilizado de forma que os fatores ambientais e as manutenções previstas, garantam seu perfeito uso, segurança e estabilidade durante sua vida útil, sem que sejam necessários reparos e manutenções não previstas. Assim, ao se planejar e executar uma obra, deve ser ter amplo conhecimento sobre todos os fatores que a envolvem, o engenheiro responsável deve atentar-se a todas as etapas, demandando a devida atenção e seguindo rigorosamente as normas e

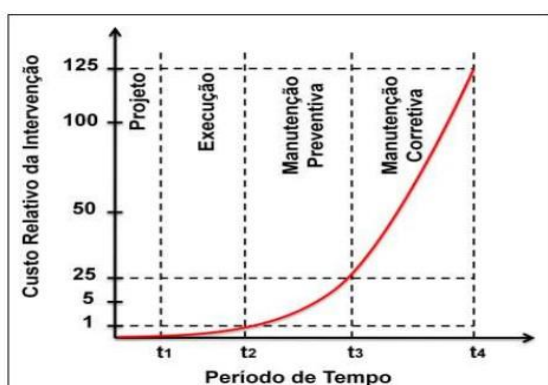
técnicas construtivas, pois os mesmos parâmetros que definem a qualidade na elaboração e execução de um projeto, são os que constituem a durabilidade de uma construção (NEVEZ e VÁZQUEZ, 2021).

Todos os elementos construtivos são passíveis de apresentarem alguma patologia e, embora as manifestações patológicas possam surgir em qualquer momento da vida útil da edificação, não é incomum que comecem a se manifestar desde a concepção do projeto e continuem progredindo durante a execução e, posteriormente, durante o uso da edificação. Para que um sintoma seja considerado patológico em uma estrutura, é necessário que ele comprometa alguma das exigências da edificação, seja de ordem mecânica, funcional ou estética (DA SILVA, 2021).

As manifestações patológicas costumam ser nocivas às edificações e muitas vezes com alto nível de complexidade para resolução, podendo causar prejuízos financeiros, estéticos e até mesmo risco à segurança dos usuários em casos mais graves. Portanto, é fundamental o estudo dos fatores que originam tais patologias, bem como estudo sobre os mecanismos de ocorrência e os fatores que resultam na degradação de uma construção, a fim de se prevenir tais intercorrências. Além disso, é preciso que o diagnóstico seja realizado o mais rápido possível para que sejam evitadas perdas materiais e acidentes que ofereçam risco às pessoas (SÁ e PEDREIRO, 2023).

Ademais, quanto antes as medidas de recuperação forem realizadas, menos onerosas elas serão, assim como serão de mais fácil execução e apresentarão maior durabilidade. Conforme apontado pela Lei de Sitter (Figura 1), os gastos com a resolução de problemas e patologias elevam-se de forma significativa de acordo com o avançar das etapas.

Figura 1 – Lei de Sitter.



Fonte: Helene (1992).

2.2 Causas das patologias

As manifestações patológicas podem acontecer de diversos modos e serem influenciadas por um conjunto de variáveis. Elas podem ser oriundas não apenas do

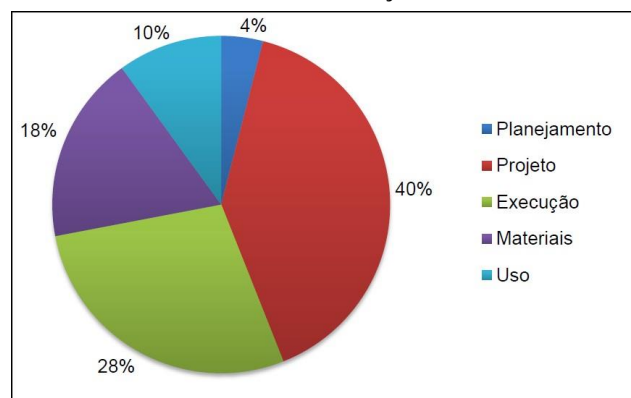
envelhecimento natural das edificações, mas também por uso de materiais inadequados e de baixa qualidade, erros de projeto, falta de conhecimento, ausência de execução fidedigna ao previsto em projeto, não cumprimento das normas técnicas, controle deficiente da qualidade da execução dos serviços, etc (SCHEIDEGGER e CALENZANI, 2019).

Costumeiramente as manifestações patológicas possuem sua origem em pelo menos uma das fases de concepção da obra: projeto, planejamento, fabricação das matérias-primas, execução e utilização. Estando sua ocorrência atrelada ao nível de controle de qualidade exercido durante as fases de concepção (NEVES e VÁZQUEZ, 2020; PEREIRA, 2020).

As patologias oriundas do processo produtivo podem ser classificadas em três tipos, sendo o primeiro tipo as de uso advindas da utilização inadequada da estrutura e da falta de manutenção. O segundo tipo são as construtivas, que tem origem no desenvolvimento da edificação e ocorrem por baixa qualidade dos materiais ou ausência de qualificação dos profissionais. Por último, tem-se as congênicas que se configuram em patologias advindas das fases de programação e projeto (NEVES e VÁZQUEZ, 2020).

Na Figura 2 pode-se observar as causas de origem das patologias nas etapas constitutivas de uma obra.

Figura 2 – Causas de origem das patologias nas etapas de uma construção.



Fonte: Helene (2003).

Os problemas patológicos geralmente são provocados pela ação de agentes agressivos: líquidos corrosivos, atmosfera poluída, incêndios, vibrações, etc. Dentre os principais agentes que contribuem para a degradação dos edifícios estão os cloretos, sulfatos e a alta concentração de gás carbônico em regiões urbanas. Toda edificação possui uma resistência específica à ação de dos diferentes agentes agressivos, ou seja, uma edificação pode não desenvolver quadros patológicos diante ao ataque de um determinado agente, todavia, conforme aumenta a intensidade do

agente agressivo, ela pode apresentar sintomas (NEVES e VÁZQUEZ, 2020).

Entretanto, de modo geral, as edificações não estão expostas a apenas um agente agressivo, mas sim a um conjunto de agentes, por essa razão um problema patológico advém de um quadro geral de causas. As características da construção podem favorecer a ação de um agente agressivo, de modo que a ausência de preparo inicial da edificação (falhas construtivas) e/ou a não realização de manutenção aumentam a susceptibilidade da edificação, pois resultam em elementos estruturais frágeis e porosos que permitem a ação desses agentes (SIQUEIRA JUNIOR e CARNEIRO, 2021).

2.3 Depreciação das edificações

Durante sua vida útil, uma edificação está sujeita a diversos fatores que contribuem para sua depreciação, que são advindos tanto do desgaste dos elementos construtivos como da ausência de manutenção. Para avaliação da depreciação diversos modelos matemáticos podem ser empregados, entre eles tem-se o modelo de Ross-Heidecke que possui maior fidelidade com a realidade (PANTOJA *et al.*, 2019).

Para a determinação da depreciação, são utilizadas as seguintes fórmulas:

$$D = [\alpha + (1 - \alpha) C] V_d \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{2}{n} \left(\frac{x}{n} + \frac{x^2}{n^2} \right) \quad (2)$$

$$V_d = (1 - V_r) \quad (3)$$

$$K_d = (1 - D) \quad (4)$$

Onde:

D = depreciação total;

α = parcela de depreciação pela idade real já decorrida;

x = idade real da edificação em anos;

n = vida útil em anos

C = coeficiente de Heidecke;

V_d = valor depreciável;

V_r = valor residual;

K_d = coeficiente de depreciação.

Para a estimativa da vida útil da edificação utiliza-se a Tabela 1 (Anexo 1), que estabelece a vida útil em anos com base no tipo e padrão construtivo. Para a determinação da depreciação física são aplicados os coeficientes de depreciação pelo critério de Hoss-Heidecke, constantes na Tabela 2 (Anexo 2). E para a classificação do estado de conservação utiliza-se a Tabela 3 (Anexo 3), onde apresenta-se o critério de avaliação propostos por Heidecke, no qual são previstas nove categorias para classificação. A análise do estado da edificação deve ser realizada pelo profissional por meio de vistoria e inspeção visual.

De maneira simplificada e de posse das tabelas, pode-se determinar o percentual de depreciação da edificação por meio dos seguintes passos:

1º - Determinação da Idade Aparente: a idade pode ser determinada por avaliação do profissional habilitado de acordo com seu estado de conservação, mesmo que o valor real seja maior ou menor à idade original;

2º - Determinação da Vida Útil Esperada: realizada com base nos critérios estabelecidos pela Tabela 1;

3º - Razão entre idade aparente e vida útil: determina-se a divisão entre as duas variáveis e o resultado deve ser dado em porcentagem (%);

4º - Determinação do Estado de Conservação: conforme a avaliação feita pelo profissional das condições físicas da edificação, determina-se o estado de conservação o qual pode ser classificada de A até I, conforme a Tabela 3;

5º - Determinação do coeficiente de conservação: é feita por meio da Tabela 2, onde confronta-se os resultados obtidos nos passos 3º e 4º;

6º - Valor da depreciação: obtido pela subtração da constante 1 pelo coeficiente de conservação obtido no passo anterior.

2.4 Diagnóstico

As patologias possuem características que devem ser analisadas com coerência para que se possa presumir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos que as envolvem, e desse modo contribuir na elucidação das hipóteses diagnósticas. O diagnóstico consiste então em uma etapa crucial, pois ele que irá definir o sucesso ou o fracasso das ações a serem executadas (SCHEIDEGGER e CALENZANI, 2019).

Conforme Souza (2019), a identificação e diagnóstico de uma patologia se dá a partir do levantamento de informações para completo entendimento dos fenômenos e sua relação com as causas e consequências do processo patológico, e culminam na elaboração de relatórios e proposição de ações de

recuperação ou estabilização das manifestações patológicas.

Inicialmente, o engenheiro deve levantar hipóteses por meio dos dados disponíveis e verificar a possibilidade de ocorrência. Assim, algumas etapas devem ser seguidas para facilitar a verificação de patologias em uma determinada edificação (SCHEIDEGGER e CALENZANI, 2019; PEREIRA, 2020).

- **Vistoria no local:** é a primeira etapa, é durante a vistoria que o engenheiro irá verificar se realmente as patologias são oriundas da construção. São realizados testes rápidos e de baixa complexidade na edificação, por exemplo, mede-se o tamanho das fissuras com o auxílio de um fissurômetro. Nessa etapa, realiza-se ainda, a avaliação da gravidade da situação e se há riscos para os moradores;

- **Informações:** o engenheiro deve coletar o máximo de informações sobre a edificação e as manifestações patológicas, por meio de indagação aos moradores, vizinhos, projetistas e responsáveis pela execução da obra. É de grande utilidade ainda, quando possível, a análise de todo o projeto;

- **Análises complementares:** o engenheiro poderá dispor de testes laboratoriais para melhor compreensão das patologias, entre os testes estão: extração de corpos-de-prova (para análise de resistência), permeabilidade, coeficiente de dilatação térmica, absorção de água, condutibilidade térmica, condutibilidade elétrica, verificação de elementos químicos (sulfatos e cloretos) etc.

Conforme a Tabela 4, Correia (2013) estabelece-se níveis de avaliação das manifestações patológicas que auxiliam na determinação da gravidade da situação e que podem guiar o engenheiro no diagnóstico.

Tabela 4 – Níveis de Manifestação Patológica

Nível	Manifestações Patológicas
Satisfatório	Sem manifestações patológicas
Tolerável	Pequenas manifestações patológicas
Alerta	Desagregação por ataque químico; Mancha de corrosão de armadura; Destacamento localizado no elemento; Exposição da armadura localizada no elemento
Crítico	Fissuração excessiva; Destacamento generalizado no elemento; Exposição da armadura generalizada no elemento; Redução da secção da armadura

Fonte: Correia (2013).

Desse modo o primeiro nível classifica-se como satisfatório sendo considerado como o padrão aceitável de construção. O segundo nível é o tolerável, ou seja, é aquele em que a construção não apresenta indícios de problemas estruturais, mas possui anomalias que podem evoluir para problemas maiores se não forem tratadas. O nível alerta configura-se em estrutura com estado de durabilidade duvidoso, tendo a estrutura alcançado o seu limiar de serviço. Por último no nível crítico, há evidências claras do comprometimento da estrutura, comprometimento da sua durabilidade e aproximação com o tempo de vida útil da estrutura (MENDES, 2021).

2.5 Mecanismos de deterioração de estruturas de concreto

O concreto armado é um material que apresenta uma boa durabilidade, assim quando aplicado corretamente e com um rígido controle de qualidade, as estruturas executadas neste material podem manter-se sem necessidade de manutenção por longos períodos, até mesmo décadas. Contudo, uma estrutura de concreto pode ser afetada por diversos fatores, como pela ação do meio ambiente e por sua própria utilização, sendo a resistência do concreto e a resistência da armadura importantes fatores que, se deteriorados, poderão comprometer toda a estrutura (COSTA et al, 2020).

A seguir, cita-se os mecanismos de maior relevância no envelhecimento e deterioração das estruturas em concreto (BOLINA et al, 2019):

- **Expansão por reação entre álcalis do cimento e compostos agregados reativos:** os agregados podem ser materiais como calcedônia, opala, sílica e calcário, ela é agravada de acordo com o aumento da umidade. Como manifestações tem-se a expansão geral da massa de concreto e fissuras;

- **Expansão por água e solos contaminados com sulfatos:** geram reações deletérias em contato com a pasta de cimento hidratado. Pode observar-se fissuras aleatórias, esfoliação, diminuição da dureza, diminuição da resistência superficial e risco a passivação das armaduras;

- **Lixiviação:** pela ação de águas puras, ácidas e carbônicas que dissolvem os compostos hidratados do cimento. A superfície de concreto torna-se arenosa e ocorre exposição dos agregados e risco de despasse da armadura;

- **Reações deletérias de agregados:** elementos que possuem pirita podem ocasionar em manchas de ferrugem, cavidades e protuberâncias na superfície do concreto;

- Despassivação por carbonatação: o gás carbônico reage com os hidróxidos alcalinos, diminuindo o pH. Ela ocorre em locais com umidade acima de 60% e abaixo de 98%, ou locais em que ocorre molhagem e secagem que favorecem o processo de corrosão. Pode culminar com o surgimento de manchas, fissuras, descolamentos e perda de aderência, podendo levar ao comprometimento da estrutura;

- Despassivação por elevado teor de cloreto: íons de cloro podem se difundir e serem absorvidos pelos poros do concreto, despassivando a superfície do aço e desencadeando a corrosão. Também podem comprometer a estrutura e causar colapso.

Outros agentes que interferem na resistência do concreto à deterioração estão os agentes mecânicos que correspondem a cargas excessivas que não foram definidas em projetos, vibrações causadas por equipamentos de detonações e erosões (abrasão ou cavitação). Além de fatores biológicos como a ação do ácido sulfúrico oriundo de bactérias nos esgotos e proliferação de parasitas e vegetais nas superfícies de concreto, fatores físicos como a variação de temperatura e fatores químicos advindos do contato com agentes do meio externo (BOLINA et al, 2019).

2.6 Fissuras e Trincas

As fissuras e trincas são umas das manifestações patológicas que ocorrem com maior frequência, podendo corresponder a cerca de 21% do total de ocorrências de patologias em uma obra, além de normalmente, serem as que mais preocupam os usuários de uma edificação devido ao seu impacto visual e psicológico (SOUZA, 2019). De acordo com a NBR 15575/2013, define-se fissura como o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal da estrutura, com abertura capilar, provocando tensões tangenciais normais.

As aberturas com tamanho inferiores a 0,05 mm são classificadas como microfissuras, aberturas de até 0,5 mm são chamadas de fissuras, aberturas entre 0,5 mm e 1 mm são denominadas como trincas; elas possuem abertura em forma de linha e são provenientes da sutil ruptura de massa. As rachaduras são aberturas maiores, entre 1 mm e 1,5 mm, e as fendas possuem espessura superior a 1,5 mm; ambas são advindas de ruptura acentuada de sua massa (SÁ e PEDREIRO, 2023).

Essas manifestações são inerentes ao concreto armado e estão bastante relacionadas à movimentação geral da estrutura, podendo surgir por conta da retração plástica, movimentação térmica, precoce retração do endurecimento, subdimensionamento, detalhamento inadequado, cargas excessivas, ataque de sulfatos,

corrosão de armaduras e reação álcali-agregado (THOMAZ, 2020).

As fissuras podem ser classificadas em três tipos, as fissuras verticais onde há ausência de junção correta entre os diversos materiais (concreto e alvenaria); fissuras horizontais que podem ocorrer por adensamento do cimento ou por falta de amarração da alvenaria, elas surgem na base ou topo das paredes e próximas ao teto; e as fissuras inclinadas, que ocorrem abaixo ou acima de portas e janelas, que indicam falhas nas vergas e contravergas e trincas verticais que são oriundas de recalque, onde um lado da fundação não suporta o peso e afunda (SILVA et al, 2023)

Durante a vistoria, deve ser realizada a quantificação das trincas e fissuras, assim como de suas medidas de comprimento e abertura. Também devem ser registradas a localização, existência de trincas paralelas, estimativa da idade e se há similaridade com trincas de edificações no entorno, assim como verificar se as trincas e fissuras já foram recuperadas em algum outro momento e se elas estão condicionadas ao surgimento sazonal, ou seja, ocorrem em determinada estação do ano (THOMAZ, 2020).

2.7 Umidade e Infiltração

Um dos fatores de maior influência em uma edificação é a água por conta da sua facilidade de penetração nas estruturas, visto que a maioria dos materiais utilizados não são capazes de manter suas propriedades químicas quando imersos em água. Assim, a umidade e infiltração de água são responsáveis por cerca de 37% a 50% dos problemas patológicos de uma edificação. Portanto a impermeabilização dos elementos e estruturas são essenciais para o bom desempenho de uma construção (SÁ e PEDREIRO, 2023; CAVALCANTE e MARTINS, 2022).

A umidade em uma construção pode ser oriunda de diversas causas, tanto internas como externas, desde falhas na elaboração do projeto, escolha inadequada de materiais, falhas de impermeabilização, falhas de tubulações e por causas naturais (FUENTES et al, 2020). Entre os tipos de umidade cita-se a umidade de infiltração, umidade ascensional, umidade por condensação, umidade de capilaridade, umidade de obra e umidade accidental (ALVES e SIMEÃO, 2022; OLIVEIRA e NUNES, 2020; MALAQUIAS et al., 2024).

A umidade de infiltração é a mais comum, ela ocorre devido ao contato direto da água com a alvenaria do interior da construção, e ocorre costumeiramente em subsolos onde não foram seguidos critérios de proteção contra o lençol freático. A passagem da água é facilitada pela presença de trincas, rachaduras e

fissuras (ALVES e SIMEÃO, 2022). A umidade também pode ser caracterizada como ascensional, onde advém da presença de água do solo por conta de chuvas e temporais ou por acúmulo de água, bem como da constante umidade dos lençóis. É um dos tipos mais desafiadores e o seu comportamento é imprevisível, embora seja de grande ocorrência (MALAQUIAS et al., 2022)

Pode se ter também, a umidade por condensação que é manifestada quando ocorre diferença de temperatura entre o interior e o exterior da edificação. Ela acontece em locais úmidos e de grande variação de temperaturas, assim quando o ar quente se choca com o ar úmido a água torna para seu estado líquido, dando origem principalmente a manchas de mofo, pois apresenta maior penetração em materiais de revestimento como o gesso (OLIVEIRA e NUNES, 2020).

Outro tipo é a umidade de capilaridade, que tem sua manifestação por conta da absorção da água do solo pela fundação, ocasionando áreas úmidas na parte inferior da alvenaria. Ela pode ocorrer tanto por causa da presença de lençóis freáticos como pela sazonalidade de chuvas. Já a umidade de obra é a que tem origem por falhas no planejamento da obra, onde não foi prevista ou executada de forma correta a proteção e impermeabilização da alvenaria. A umidade de obra torna-se evidente após a conclusão da edificação, visto que a água presente nos elementos estruturais se dissipa progressivamente. Outra causa de umidade são as acidentais, ocasionadas por falhas em tubulações que geram infiltração. (ALVES e SIMEÃO, 2022).

2.8 Corrosão de armaduras

A corrosão das armaduras de concreto armado corresponde a cerca de 20% do total das manifestações patológicas de uma edificação e ocorre quando os elementos metálicos entram em contato com a umidade ou gás, de modo que se instala um processo de degeneração que altera as características do material. Ela é um fenômeno progressivo, desta forma é preciso que seja reparada imediatamente para não comprometer o desempenho da edificação (SOUZA, 2019; CAVALCANTE e MARTINS, 2022).

A corrosão das armaduras ocorre principalmente pelos processos de oxidação direta e corrosão eletroquímica. Na oxidação direta, ocorre a interação direta dos átomos de ferro com o oxigênio atmosférico e resulta em óxido de ferro, podendo o processo ser agravado pela temperatura. A corrosão eletroquímica ocorre pela presença de água, umidade ou soluções aquosas e caracteriza-se pela formação de pilhas nas barras de aço (SOUZA, 2019).

A alcalinidade do concreto dada pelo hidróxido de cálcio confere resistência à corrosão mesmo em locais propícios ao seu acontecimento, desse modo a corrosão de armaduras tende a ocorrer em estruturas onde o concreto que já tenha sofrido processo de deterioração. Com a ocorrência de fissuras, rompe-se a barreira de proteção e permite-se que a armadura tenha contato com cloretos, sulfatos e sulfetos, e em contato com essas substâncias, há a tendência do concreto de conservar maior umidade propiciando à corrosão. Em ambientes urbanos e industriais, a carbonatação ocorre de forma mais intensa, onde o monóxido de carbono e o dióxido de carbono associados a outros gases ácidos, interagem com o hidróxido de cálcio do concreto e resultam na formação do carbonato de cálcio. A perda da alcalinidade provoca esfacelamento e perda de aderência do concreto resultando em comprometimento da estrutura (PIRES, 2023)

Para a ocorrência do processo de corrosão, é preciso a presença simultânea de umidade e de oxigênio, pois são esses elementos os responsáveis por acelerar o processo corrosivo, sendo que na ausência desses elementos, a corrosão é detida. As manchas de óxidos na superfície das estruturas em concreto são os primeiros sinais da instalação do processo de corrosão, o que é agravado em estruturas que possuem um alto grau de umidade. São observados também a expansão volumétrica, fissuração e lascamento do cobrimento (SOUZA, 2019).

Para garantir a durabilidade das estruturas, faz-se então necessário que o concreto utilizado seja de qualidade e a espessura da camada de cobrimento seja dimensionada adequadamente, posto que quanto maiores a qualidade do concreto e o cobrimento, mais tempo levará para que a carbonatação e os íons de cloreto alcancem a superfície das barras da armadura. O conhecimento técnico dos profissionais também é de extrema importância para que o processo construtivo seja realizado adequadamente (PIRES, 2023).

2.9 Manutenção

A manutenção compreende a realização de ações que antecedem as manifestações patológicas e que são realizadas em períodos pré-estabelecidos e que seguem parâmetros prescritos com o objetivo de minimizar a ocorrência de problemas e degradação de uma edificação (NEVES e VÁZQUEZ, 2020). Ela é composta pelo conjunto de medidas e atividades rotineiras que são necessárias para garantir o desempenho de uma construção de forma a prolongar a sua vida útil e que devem ser estabelecidas desde a concepção do projeto até a utilização da edificação (CAVALCANTE e MARTINS, 2022).

A manutenção é um importante processo para a prevenção da manifestação de patologias. Ela é indispensável para garantir a eficácia do uso da edificação bem como a sua segurança, uma vez que pode prevenir o surgimento de manifestações patológicas não esperadas e assim evitando maiores gastos com a edificação (SANTOS, 2019).

Ademais, a vida útil de projeto relaciona-se diretamente à manutenção adequada, ou seja, a ausência de manutenção implica em perda de desempenho e riscos aos usuários, ao abrir margem para o surgimento de manifestações patológicas, posto que nem todos os problemas patológicos são oriundos apenas de falhas de concepção e/ou ausência de um controle de qualidade (CAVALCANTE e MARTINS, 2022).

Portanto, é preciso que sejam adotadas medidas periódicas para manutenção da edificação, conforme instruções específicas do manual de uso, operação e manutenção fornecido pela construtora. Devendo ser praticadas, além das manutenções preventivas, a correção de problemas patológicos imediatamente após seu aparecimento a fim de impedir o seu progresso e evitar consequências maiores (PEREIRA, 2020).

Ademais, a realização de inspeções periódicas por meio de profissionais habilitados é de suma importância para detecção de possíveis erros e fatores que impossibilitem o pleno funcionamento de uma edificação. Desse modo, as patologias podem ser detectadas de forma precoce, o que impactará diretamente no fator econômico (SCHEIDEGGER e CALENZANI, 2019; PIRES, 2023).

2.10 Intervenção corretiva

As manifestações patológicas devem ser evitadas e quando do surgimento destas, devem ser tratadas a fim de se evitar a perda da edificação ou de parte dela. De posse do diagnóstico, o patologista deve estabelecer as medidas de intervenção, podendo ter o objetivo de extinguir a patologia, impedir ou controlar a evolução, limitar o uso, estimar o tempo de vida da construção ou até mesmo indicar a demolição da estrutura (SANTOS, 2019).

Além dos efeitos esperados das intervenções corretivas escolhidas, elas devem ser adotadas de acordo com a relação custo-benefício e a disponibilidade de recursos e tecnologia para a execução dos serviços. Outrossim, cada tipo de patologia possui um tratamento específico, portanto, é necessário o estudo de cada caso para a tomada de decisão correta a respeito das medidas de intervenções, considerando-se também que um mesmo

elemento da edificação pode apresentar mais de um tipo de patologia (BOLINA *et al*, 2019).

Os métodos empregados para correção das patologias devem ser minuciosamente estudados, visto que quando inadequados podem não funcionar ou terem resultado aquém do esperado, levando ao desperdício de materiais e prejuízos econômicos. Ademais, intervenções incorretas podem comprometer ainda mais os elementos afetados ou até mesmo expor os trabalhadores a situações de risco (BOLINA *et al*, 2019).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da edificação

Para realização do estudo, foi feita uma vistoria em um condomínio residencial, com intuito de se identificar manifestações patológicas dos elementos construtivos, bem como da estrutura de concreto armado da edificação.

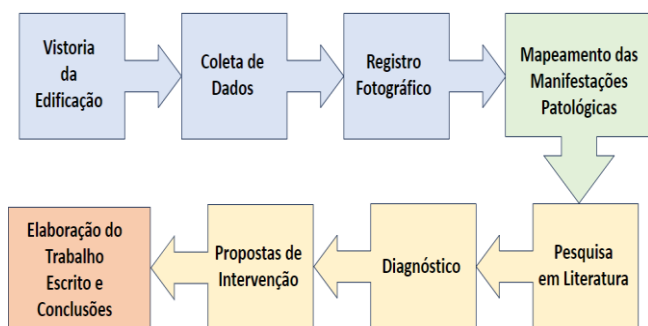
3.2 Coleta de dados

Para a realização da pesquisa foram utilizadas 24 amostras. Foram realizadas as seguintes etapas para a coleta de dados e verificação inicial do processo patológico:

- Realização de anamnese por meio de consulta à moradores, projetistas, engenheiros e responsáveis pela execução;
- Consulta a materiais como memorial de cálculo, especificações de materiais, especificações de serviços, diário de obra, ensaios de recebimento de materiais, especificações de uso, etc.
- Inspeção da área comum: subsolo 01 e 02, mezanino do estacionamento e térreo, com o objetivo de identificar as manifestações patológicas;
- Registro fotográfico das manifestações identificadas com a devida descrição e localização das mesmas;
- Realização dos ensaios utilizando fissurômetro, câmara de calor e boroscópio;
- Mapeamento das manifestações patológicas em plantas arquitetônicas e de formas.

3.3 Análise dos dados

Após a identificação das manifestações patológicas da edificação em estudo, foi realizada consulta à literatura específica para maior elucidação e definição do diagnóstico, bem como para a correta e elaboração de propostas de intervenção para correção dos problemas encontrados.

Figura 3 – Fluxograma das etapas de realização do trabalho.

Fonte: Próprio Autor (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizada visita técnica ao Condomínio Residencial para a vistoria da estrutura de concreto armado do imóvel. Foram inspecionadas e identificadas as condições dos elementos construtivos e estruturais (vigas, lajes e pilares), com a finalidade de identificar anomalias construtivas, manifestações patológicas e avaliar o comportamento da estrutura.

Realizou-se a inspeção da área comum da edificação, composta por: subsolo 01, subsolo 02, mezanino do estacionamento e térreo. As manifestações patológicas identificadas foram registradas por meio de fotografias e foi feito o registro da sua localização. Posteriormente, foram recomendadas terapias para correção das manifestações patológicas identificadas.

4.1 Classificação das manifestações patológicas

As manifestações patológicas encontradas foram classificadas em quatro categorias, conforme descrito na tabela 5 a seguir:

Tabela 5 – Tipos de Manifestação Patológica

Tipo	Manifestações Patológicas
A	Fissuras e trincas
B	Desgaste do concreto
C	Corrosão da armadura
D	Infiltração e umidade
E	Furo em laje
F	Corrosão da base do reservatório
G	Corrosão da tubulação

Fonte: Próprio Autor (2024).

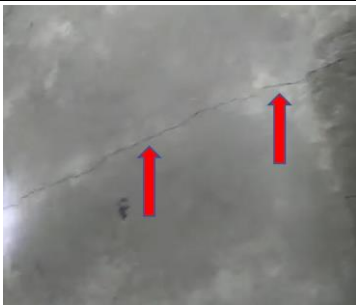
4.2 Identificação das manifestações patológicas

Na tabela 6 abaixo, seguem-se as manifestações patológicas identificadas, onde são apresentados o seu registro fotográfico, bem como o seu tipo, localização e a terapia recomendada. Posteriormente, na seção 4.3, as terapêuticas citadas serão melhor detalhadas.

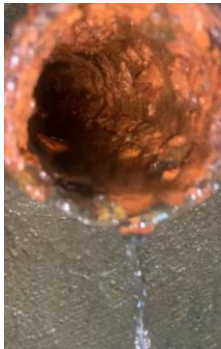
Tabela 6 – Identificação das Manifestações Patológicas

Nº	Manifestação patológica
1	 Tipo: B e C Localização: Mezanino do estacionamento Terapia: Aplicação de anticorrosivo e recuperação por argamassa ou grauteamento
2	 Tipo: A Localização: Mezanino do estacionamento Terapia: Preenchimento com selante
3	 Tipo: A Localização: Térreo Terapia: Execução de novo contrapiso e impermeabilização

4		
	Tipo: B e C	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Aplicação de anticorrosivo e recuperação por argamassa ou grauteamento	
5		
	Tipo: D	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Impermeabilização, realização de sistema de drenagem e instalação de calha	
6		
	Tipo: B e C	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Aplicação de anticorrosivo e recuperação por argamassa ou grauteamento	
7		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
8		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
9		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
10		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
11		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	

12		
	Tipo: D	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Impermeabilização	
13		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
14		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
15		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
16		
	Tipo: A	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Preenchimento com selante	
17		
	Tipo: C	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Aplicação de anticorrosivo	
18		
	Tipo: B	
	Localização: Térreo	
	Terapia: Grauteamento	
19		
	Tipo: E	
	Localização: Subsolo 1	
	Terapia: Refazer trecho da instalação elétrica e vedação do furo	

20		
	Tipo: F	
	Localização: Base do reservatório de tratamento de água	
	Terapia: Aplicação de anticorrosivo	
21		
	Tipo: A e D	
	Localização: Subsolo 2	
	Terapia: Impermeabilização, realização de sistema de drenagem e instalação de calha	
22		
	Tipo: A e C	
	Localização: Reservatório inferior	
	Terapia: Realizar sistema de drenagem e instalação de calha	
23		
	Tipo: G	

	Localização: Tubulação de sucção do reservatório inferior
	Terapia: Substituição dos tubos e revisão nas bombas de recalque
24	
	Tipo: G
	Localização: Tubulação de sucção do reservatório inferior
	Terapia: Substituição dos tubos e revisão nas bombas de recalque

Fonte: Próprio Autor (2024).

4.3 Detalhamento das terapias recomendadas

Após análise das manifestações patológicas encontradas, foram estudadas as terapias usuais mais frequentemente indicadas para os problemas encontrados. Dessa maneira, as intervenções recomendadas e como elas devem ser aplicadas são apresentadas em detalhes a seguir.

4.3.1 Reparo de fissuras e trincas

Para a correção de fissuras e trincas em paredes de vedação, que não possuam função estrutural, recomenda-se o preenchimento das aberturas com selantes acrílicos. Para tal, é preciso aumentar um pouco a abertura da fissura ou trinca com o auxílio de uma espátula ou outra ferramenta e logo em seguida realizar o acabamento (SOUZA, 2022), conforme apresentado na Figura 4 a seguir.

Figura 4 – Tratamento de trincas. A) Aplicação do selante. B) Retirada do excesso com auxílio de espátula.





Fonte: Mestre do Acabamento (2020).

Em estruturas de concreto armado (vigas, pilares e lajes), recomenda-se a escarificar a abertura da fissura ou trinca a fim de aumentar o seu tamanho, em seguida deve-se aplicar resina epóxi no local da abertura e saturar com areia fina. Posteriormente, retira-se o excesso e procede-se ao acabamento com lixa (PERES e CORREIA, 2019) (Figura 5).

Figura 5 - Tratamento de trincas no concreto . A) Escarificação. B) Aplicação da resina epóxi. C) Saturação com areia fina. D) Retirada do excesso. E) Lixamento.



Fonte: Cimento Queimado Maxpisos (2017).

Para o tratamento de fissuras ou trincas no piso, recomenda-se a abertura por meio de escarificação seguida da limpeza com um pincel para a aplicação de selante flexível. O selante flexível funciona como uma junta de dilatação, prevenindo o surgimento de novas trincas e fissuras (SOUZA, 2022).

Em casos onde há a ocorrência de problemas patológicos relacionados à umidade, infiltração e/ ou

corrosão das estruturas de concreto armado, é importante que o reparo de fissuras e trincas seja realizado após a correção desses problemas.

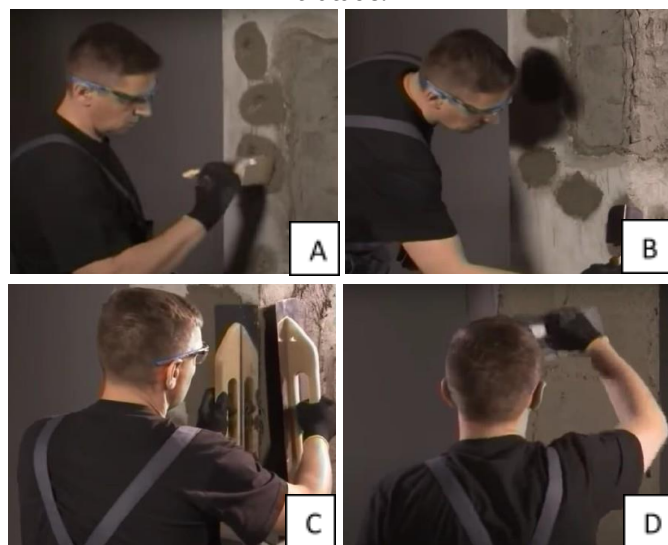
4.3.2 Reparo dos elementos de concreto

Para o tratamento dos elementos em concreto, primeiramente, deve ser feita a avaliação das armaduras para verificar se elas não estão comprometidas pelo processo de corrosão, pois nestas circunstância, torna-se necessário que esta patologia seja corrigida previamente antes de se proceder à recuperação do concreto. Para o reparo do concreto, é recomendada a sua recuperação por argamassa polimérica ou grauteamento.

A argamassa polimérica é indicada nos casos onde o reparo no elemento de concreto não ultrapassa 5 centímetros para o interior da peça estrutural. Inicialmente, é aplicado um adesivo epóxi para a aderência da argamassa polimérica e depois procede-se à uniformização da argamassa utilizando-se desempenadeira ou outra ferramenta e por fim, é feito o acabamento. Aconselha-se ainda, a aplicação de impermeabilizante no local do reparo (SOUZA, 2022).

Na Figura 6 a seguir, são apresentadas as etapas de reparo em elementos de concreto.

Figura 6 - Tratamento de estruturas em concreto . A) Aplicação do adesivo epóxi no local a ser tratado. B) Aplicação da argamassa polimérica. C) Uniformização da argamassa no elemento estrutural. D) Acabamento do local tratado.



Fonte: Gaviso Soluções em construção civil (2017).

Nas situações onde o desgaste da estrutura de concreto ultrapasse cinco centímetros, é recomendado o

grauteamento. Para tal, é preciso realizar a montagem de formas dos elementos estruturais de modo a permitir o lançamento do graute e a desforma é feita após 24 horas. Recomenda-se também, que o graute possua resistência de 30 Mpa (NABUT NETO *et al*, 2020).

4.3.3 Reparo das armaduras

Na presença do processo de corrosão em armaduras, é preciso avaliar a porcentagem de comprometimento das barras de aço. Dessa maneira, quando a corrosão não compromete mais que 10% da seção nominal da ferragem, pode ser feito reparo local apenas. Nos casos onde a corrosão compromete mais de 10% da armadura, além do reparo local deve ser realizado também o reforço estrutural (PERES e CORREIA, 2019).

As etapas de correção consistem na retirada do concreto que recobre a ferragem comprometida, realização de limpeza das ferragens com escova de aço para a retirada da ferrugem, aplicação de anticorrosivo para proteção e recuperação do concreto (PERES e CORREIA, 2019). A Figura 7 ilustra o passo a passo do procedimento.

Figura 7 - Tratamento de corrosão em armadura. A) Retirada do concreto na área a ser tratado. B) Limpeza das ferragens com escova de aço para retirada de ferrugem. C) Aplicação de produto anticorrosivo na armadura.



Fonte: Quartzolit (2024).

4.3.4 Reparo da infiltração e umidade

Para realização de impermeabilização é preciso que a superfície a ser tratada esteja limpa. Após a limpeza, é necessário abrir a porosidade do concreto por meio de

ataque com ácido, frezar a superfície ou fazer hidro-jateamento com alta pressão (acima de 300 bar). Por último, é realizada a aplicação do impermeabilizante (SOUZA, 2022).

Ademais, como as falhas nas juntas de dilatação podem provocar a entrada de água na estrutura, além de comprometerem a durabilidade da impermeabilização, é preciso realizar a inspeção das mesmas. Além disso, para evitar acúmulos de água, é preciso a realização do correto sistema de drenagem (NABUT NETO *et al*, 2020).

4.3.5 Reparo em caixa pluvial

Para a revitalização da caixa pluvial, primeiramente, devem ser removidos os tijolos que a cercam, para que ela possa ser compactada novamente em seu entorno. A caixa pluvial deverá ser limpa para que esteja propícia a receber o graute, e então é feito o grauteamento (NABUT NETO *et al*, 2020).

4.3.6 Reparo da laje

Para correção do furo apresentado na laje, por conta dos problemas com infiltração no local, recomenda-se refazer o trecho da instalação elétrica utilizando eletroduto e fazer a vedação com argamassa dos espaços vazios entre o eletroduto e o furo na laje. Depois, deve-se proceder a impermeabilização da área com argamassa polimérica.

4.3.7 Reparo do muro de arrimo

Pela inexistência de um sistema de drenagem, constatou-se o surgimento de trincas no muro de arrimo por causa da infiltração de água. Dessa maneira, recomenda-se a instalação de um sistema de drenagem para escoar a água.

O sistema poderá ser executado com canos de PVC 50 mm, de modo que a parte que ficará em contato com solo deverá ser todo furado e envolto com uma manta geotêxtil para evitar que o solo adentre a canalização. O muro de arrimo deverá ser perfurado em sua base, de modo que seja possível introduzir os canos que deverão ser envoltos, também, com brita 0, formando uma camada externa à manta geotêxtil. O cano deverá ser introduzido 50 cm para o interior do muro de arrimo e serão alocados a cada 1 metro no decorrer do muro. Deverão ainda ser conduzidos até a caixa de água de reuso mais próxima, para dar destino à água

drenada. Após conclusão do sistema de drenagem, sugere-se realizar o monitoramento de recalque da estrutura até um período de 5 anos de uso da edificação (NABUT NETO *et al*, 2020; SILVA *et al*, 2019).

Outra medida a ser feita é a instalação de calha no térreo para correção da infiltração nos subsolos 1 e 2. Recomenda-se a instalação de uma calha convencional de chapa galvanizada, apoiada no muro com mãos francesas espaçadas a cada dois metros, parafusadas lateralmente e com direcionamento da água para a caixa pluvial mais próxima.

Ademais, a impermeabilização da edificação vizinha (positiva), foi realizada de forma incorreta. Portanto, é necessária a realização da impermeabilização negativa do muro de arrimo para correção dos problemas oriundos da umidade. Inicialmente, deve ser feita a escarificação do muro de arrimo até a altura do solo do lado da edificação vizinha. Em seguida, é feito o chapisco e emboço com aditivo promotor de aderência para a fixação da argamassa de cimento para regularização da superfície e, por último, aplica-se a argamassa polimérica (impermeabilizante) em três demãos cruzadas. A argamassa polimérica é indicada para pressões negativas, ou seja, a pressão exercida no sentido oposto ao da impermeabilização (BARRETO, 2023; NABUT NETO *et al*, 2020).

4.3.8 Reparo em base do reservatório

Recomenda-se a limpeza da área da base acometida com escova de aço deixando-a completamente limpa. Após, deve ser feita a aplicação de primer anticorrosivo à base de zinco para inibir a ação de oxidação. Por último, realiza-se o acabamento com pintura (COSTA *et al*, 2020).

É importante que caso mais de 10% da seção nominal da área atingida esteja comprometida, além do reparo local, deve ser feito o reforço no reservatório com soldagem de placas metálicas em pontos comprometidos. Em caso de comprometimento por corrosão das ligações parafusadas, os parafusos devem ser trocados.

4.3.9 Substituição da tubulação

Recomenda-se a substituição completa dos tubos danificados pela corrosão, e uma revisão nas bombas

de recalque, devido a uma pequena volta de água, constatando uma ineficiência na válvula de retenção.

4.3.10 Demolição e execução de novo contrapiso

Para a correção do piso fissurado por conta da retração, o contrapiso deve ser demolido nos locais comprometidos e realização da impermeabilização da laje em manta asfáltica flexível.

As etapas para a intervenção corretiva são: regularização e limpeza da superfície, aplicação de primer para preparação da superfície, secagem da superfície, posicionamento das mantas a partir do ralo em direção às cotas mais altas do piso, enrolamento das mantas para aplicação do asfalto, aplicação da primeira tela de reforço de poliéster nos ralos, colagem da manta com asfalto aquecido com aproximadamente 2 milímetros de espessura, aplicação do asfalto nas bordas, retirada das bolhas de ar, colagem das mantas nas bordas (mínimo de 30 centímetros do piso) e teste de estanqueidade. O teste de estanqueidade consiste em deixar uma lâmina d'água por, pelo menos, 72 horas. Posteriormente, o contrapiso em concreto deve ser refeito com resistência de 25 MPa e com juntas de dilatação a cada 2 metros em ambos os eixos. Em torno dos pilares, os cortes devem possuir formato de losango (SOUZA, 2022).

4.4 Levantamento de custos das intervenções corretivas

Na Tabela 7 (Anexo 4), apresenta-se orçamento realizado para a execução das intervenções corretivas propostas no presente estudo. No orçamento são apresentados os custos previstos com as despesas de mão de obra e de materiais necessários para a referida edificação. Ressalta-se que os valores apresentados foram baseados de acordo com o dólar do ano de 2023.

5 CONCLUSÕES

Assim como um médico diagnostica e trata doenças para assegurar a saúde e longevidade de um paciente, o engenheiro civil utiliza técnicas e conhecimentos específicos para identificar e corrigir manifestações patológicas, garantindo a segurança e durabilidade das construções.

As manifestações patológicas identificadas no presente estudo de caso foram tratadas de forma a solucionar os problemas encontrados, e até a finalização do presente trabalho as áreas reparadas permanecem sem alterações. Ademais, posteriormente à conclusão do

laudo foi identificada uma infiltração pelo lado na cortina de divisa com a edificação vizinha. Entretanto, esta manifestação patológica não foi tratada, uma vez que é necessário aguardar proposição de solução por parte da empresa responsável pelo laudo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575. **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ALVES, Victor F.; SIMEÃO, Gustavo D. S. **Análise e viabilidade dos sistemas de impermeabilização rígido e flexível em edificações**. Gama: UNICEPLAC, 2022.
- ARAÚJO, M. A. **Perícia de engenharia na construção civil: análise patológica**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG, 2021.
- BARRETO, L. G. O. **Comparação de sistema de impermeabilização com manta asfáltica: aplicação usando maçarico ou asfalto quente**. UFRGS, Porto Alegre, 2023.
- BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. **Patologia de estruturas**. Ed.: Oficina de Texto. ISBN.: 978-85- 7975-339-8. p.320. 2019.
- CAVALCANTE, J. C. S.; MARTINS, F. B. S. **Manifestações patológicas na construção civil: estudo de caso**. TEC-USU - Rio de Janeiro, v. 5. n. 2, p. 79-100, 2022.
- CIMENTO QUEIMADO MAXPISOS. **Como tratar fissuras no piso de concreto**. Youtube, 21 ago. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pXUf1xHQBqU>> Acesso em: 09 jun. 2024.
- COSTA, M. F.; ANTUNES, D. B.; SANTOS, A. F. C. **Recuperação de estruturas de concreto com corrosão: estudo de caso em pilares de um prédio em Icarai - Niterói/RJ**. Projectus - Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 22-35, 2020.
- DA SILVA, Amanda Fernandes Pereira et al. **Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso**. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 363-374, 2021.
- FUENTES, Fabiolla de Lima. FERREIRA, Matheus Alves. CEHELEIRO, Adelmo Henrique. A importância de impermeabilização na construção civil. **Uma revisão sobre sua importância**. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 11, Vol. 08, pp. 74-83. Novembro de 2020. ISSN: 2448-0959.
- GAVISO SOLUÇÕES EM CONSTRUÇÃO CIVIL. **Como fazer reparo estrutural em pilares, colunas e vigas de concreto** - vídeo demonstrativo do processo. Youtube, 11 set. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=1BUmZnxohpY>> Acesso em: 08 jun. 2024.
- MALAQUIAS, Ronei Hoffmann; BRUSCHI, Giovani Jordi; SENNA BRISOTTO, Daiane de. Análise de desempenho de bloqueadores químicos por gravidade no tratamento de umidade ascendente em paredes de alvenaria. **Rev. ALCONPAT**, Mérida , v. 12, n. 1, p. 61-75, abr. 2022.
- MENDES, P. M. **Manifestações patológicas em uma edificação vertical multifamiliar em Salvador: estudo de caso**. Cruz das Almas, 2020.
- MESTRE DO ACABAMENTO. **Como resolver trinca rachadura e fissura sem fita telada**. Youtube, 24 jun. 2020. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DgSi4IHxgp0>> Acesso em: 09 jun. 2024.
- NABUT NETO, A. C. N.; SENA, G. O.; LIMA, N. M.; NASCIMENTO, M. L. M.; RIBEIRO, A. P. A.; PIRES, L. A. S. **Patologia das construções**. Salvador: 2B Educação, 2020.
- NEVES, M. B. J., VÁZQUEZ, E. G. Patologia das estruturas. **Revista Boletim do Gerenciamento**. N. 22, 2020.
- OLIVEIRA, L. A. A.; NUNES, L. A. S. **Estudo da infiltração por umidade ascendente em residências unifamiliares**. UFERSA, 2020.
- PANTOJA, J. C., DINIZ, A. L. R., PINTO, R. L. P. **Avaliação da depreciação física de um imóvel baseada no alcance da vida útil de projeto**. Conferência Nacional de Patologia e Recuperação de Estruturas – CONPAR. Recife, 2019.
- PEREIRA, Rafael Sato. **Cuidados para evitar o desenvolvimento da patologia no concreto** – Faculdade Anhanguera de São Paulo, São Paulo, 2020.
- PERES, R. V.; CORREIA, S. N. A. **Patologia em concreto armado: avaliação de corrosão, fissuras e manchas**. UniEvangélica, Anápolis, 2019.
- PIRES, M. S. Patologia em concreto armado: principais manifestações, causas e soluções para

- garantir a durabilidade das estruturas. **Revista Contemporânea**, v. 3, n.12, 2023. ISSN 2447-0961.
- QUARTZOLIT. **Como recuperar e reforçar estruturas de concreto**. Disponível em: <<https://www.quartzolit.weber/solucoes-tecnicas-quartzolit-para-reparos-protecao-e-reforco/como-recuperar-e-reforcar-estruturas-de-concreto>>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- SANTOS, C., QUIRINO, J., REIS, L., GOMES, G., FONSECA, A. **A patologia estrutural no domínio da engenharia civil. Pesquisa & Educação a distância**, América do Norte, 0, nov. 2023.
- SANTOS, V. P. **Análise das manifestações patológicas no edifício residencial da casa do estudante em Palmas- TO através da Matriz GUT de priorização**. Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.
- SÁ, M. X. O., PEDREIRO, M. R. M. Patologias mais comuns dentro da engenharia civil. **Revista Ibero - Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v.9.n.10. out. 2023. ISSN - 2675 – 3375.
- SILVA, E. G.; SPERBER, A.; SILVEIRA, F. F. SILVA, L. F. V.; SILVEIRA, L. M.; MEDEIROS, C. R.; KIRKHOFF, W. F.; SANTOS, B. S.; ELY, C. E.; MAFRA, R. M.; **Fissuras, trincas e rachaduras em estruturas de concreto armado e alvenaria convencional: um estudo sobre seu mecanismo de formação e processo para correção**. **Revista Unicrea**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 199-217, jan-mar. 2023.
- SILVA, F. F. Patologias consequentes de falta ou má execução de impermeabilização. **Revista Boletim do Gerenciamento**, nº 34, 2023.
- SILVA, L. S.; MAGALHÃES, R. A. B.; ASSUNÇÃO, R. F.; FERREIRA, M. S.; ASSUNÇÃO, W. R. Estudo de caso de patologias causadas pela umidade face a inexistência de implantação do sistema de impermeabilização nas garagens do 1º e 2º subsolo de um edifício residencial multifamiliar de múltiplos pavimentos em Belém/PA. **Revista de ciência e tecnologia**. v. 5, n. 9, 2019.
- SIQUEIRA JUNIOR S. F.; CARNEIRO, A. M. P. Modelos matemáticos preditivos: Análise de suas contribuições na prevenção de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado submetidas ao ataque de agentes agressivos em seu meio poroso. **Research, Society and Development**, v. 10, n.6, e21710614961, 2021.
- SCHEIDEGGER, G. M, CALENZANI, C. L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 03, Vol. 05, pp. 68-92. Mar. de 2019. ISSN: 2448-0959.
- SOUZA, M. M. Principais patologias estruturais e atuais metodologias de controle na construção civil. **Inter-American Journal of Development and Research**, v. 2, n. 1, p. 57-73, Jan/Jun, 2019.
- SOUZA, J. A. S. **Avaliação de manifestações patológicas em escolas municipais no município de Currais Novos - RN**. Natal, 2022.
- THOMAZ, Ercio. **Trinca em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

Tabela 1 – Vida útil da edificação

Vida Útil da Edificação				
Classe	Tipo	Padrão	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)
Residencial	Barraco	Rústico	5	0
		Simples	10	0
	Casa	Rústico	60	20
		Proletário	60	20
		Econômico	70	20
		Simples	70	20
		Médio	70	20
		Superior	70	20
		Fino	60	20
		Luxo	60	20
	Apartamento	Econômico	60	20
		Simples	60	20
		Médio	60	20
		Superior	60	20
		Fino	50	20
		Luxo	50	20
Comercial	Escritório	Econômico	70	20
		Simples	70	20
		Médio	60	20
		Superior	60	20
		Fino	50	20
		Luxo	50	20
	Galpão	Rústico	60	20
		Simples	60	20
		Médio	80	20
		Superior	80	20
	Cobertura	Rústico	20	10
		Simples	20	10
		Superior	30	10

Fonte: Lopes (2013).

ANEXO 2

Tabela 2 – Estado de Conservação da Edificação

Idade em % de Vida	Estado de Conservação							
	A	B	C	D	E	F	G	H
2,00%	0,990	0,987	0,965	0,910	0,811	0,607	0,469	0,246
4,00%	0,979	0,976	0,955	0,900	0,802	0,654	0,464	0,243
6,00%	0,968	0,965	0,944	0,890	0,793	0,647	0,459	0,240
8,00%	0,957	0,954	0,933	0,879	0,784	0,639	0,454	0,237
10,00%	0,945	0,942	0,921	0,868	0,774	0,631	0,448	0,234
12,00%	0,933	0,930	0,909	0,857	0,764	0,623	0,442	0,231
14,00%	0,920	0,917	0,897	0,846	0,754	0,615	0,436	0,228
16,00%	0,907	0,904	0,884	0,834	0,743	0,606	0,430	0,225
18,00%	0,894	0,891	0,871	0,822	0,732	0,597	0,424	0,222
20,00%	0,880	0,877	0,858	0,809	0,721	0,582	0,417	0,218
22,00%	0,866	0,863	0,844	0,796	0,709	0,578	0,410	0,215
24,00%	0,851	0,848	0,830	0,782	0,697	0,569	0,404	0,211
26,00%	0,836	0,834	0,815	0,769	0,685	0,559	0,396	0,207
28,00%	0,821	0,818	0,800	0,754	0,672	0,548	0,389	0,204
30,00%	0,805	0,802	0,785	0,740	0,659	0,538	0,382	0,200
32,00%	0,789	0,786	0,769	0,725	0,646	0,527	0,374	0,196
34,00%	0,772	0,769	0,753	0,710	0,632	0,516	0,366	0,192
36,00%	0,755	0,752	0,736	0,695	0,619	0,505	0,358	0,187
38,00%	0,738	0,735	0,719	0,678	0,604	0,493	0,350	0,183
40,00%	0,712	0,709	0,701	0,662	0,590	0,481	0,341	0,179
42,00%	0,701	0,698	0,684	0,645	0,575	0,469	0,333	0,174
44,00%	0,683	0,680	0,666	0,628	0,560	0,456	0,324	0,169
46,00%	0,664	0,661	0,648	0,611	0,544	0,444	0,315	0,165
48,00%	0,644	0,641	0,629	0,593	0,528	0,431	0,306	0,160
50,00%	0,625	0,622	0,609	0,574	0,512	0,418	0,296	0,155
52,00%	0,605	0,602	0,581	0,560	0,495	0,404	0,287	0,150
54,00%	0,584	0,581	0,570	0,537	0,479	0,390	0,277	0,145
56,00%	0,563	0,560	0,549	0,518	0,461	0,376	0,267	0,140
58,00%	0,542	0,539	0,528	0,498	0,444	0,362	0,257	0,134
60,00%	0,512	0,509	0,507	0,478	0,426	0,347	0,247	0,129
62,00%	0,498	0,495	0,485	0,458	0,408	0,333	0,246	0,123
64,00%	0,475	0,472	0,463	0,437	0,389	0,317	0,225	0,118
66,00%	0,452	0,449	0,441	0,416	0,310	0,302	0,214	0,112
68,00%	0,429	0,426	0,418	0,394	0,351	0,286	0,203	0,106
70,00%	0,405	0,402	0,395	0,372	0,332	0,271	0,192	0,096

Fonte: Lopes (2013).

ANEXO 3

Tabela 3 - Critério de Heidecke

Critério de Heidecke			
Tabela de Ross/Heideck – Depreciação Física - Fator K			
Estado de Conservação	Condições Físicas	Classificação	Coefficiente E%
A	NOVO - NÃO SOFREU NEM NECESSITA DE REPAROS. Com até seis meses de uso e sem danos. Não sofreu nem necessita de reparos.	O----- Ótimo	0,00%
B	ENTRE NOVO E REGULAR - apesar de já submetido ao uso, apresenta-se nas condições de novo ou bem próximo disso. Não recebeu e nem necessita de reparos.	MB -----Muito bom	0,32%
C	REGULAR - requer ou recebeu reparos pequenos. Quando o objeto de serviço de recuperação ou de restauração recente deixou em condições próximas ao de novo. Quando da existência de atividade de manutenção permanente e eficiente que mantém a aparência e/ou uso em condições de novo; <i>Requer apenas limpeza sem utilização de mão de obra especializada para manter em boas condições de uso/aparência.</i>	B -----Bom	2,52%
D	ENTRE REGULAR E REPAROS SIMPLES. Atividade de manutenção eventual ou periódica que mantém uma boa aparência e condições normais de uso, mas sem o aspecto de novo ou recuperação recente. <i>Requer intervenções superficiais em pontos localizados para recuperação de desgastes naturais. Pode requerer mão de obra especializada com uso de instrumentos especiais.</i>	I - Intermediário	8,09%
E	REPAROS SIMPLES - Requer reparações simples. Requer intervenções em pontos localizados ou em partes/componentes definidos para restauração de aspectos e/ou funcionalidades originais. <i>Necessitam de serviços generalizados de manutenção e limpeza. Implicam a realização de serviços superficiais ou reparos de partes ou componentes definidos/localizados com mão de obra especializada. Não comprometem a operação e a funcionalidade.</i> Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras superficiais generalizadas, sem recuperação do sistema estrutural. Eventualmente, revisão do sistema hidráulico e elétrico.	R----- Regular	18,10%
F	ENTRE REPAROS SIMPLES E IMPORTANTES. Requer intervenções generalizadas na maior parte ou com profundidades em peças ou componentes específicos sob pena de comprometimento iminente de operação e segurança. <i>Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.</i>	D ----- Deficiente	33,20%

	Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, após reparos de fissuras, e com estabilização e/ou recuperação localizada do sistema estrutural. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a revisão e com substituição eventual de algumas peças desgastadas naturalmente. Eventualmente possa ser necessária a substituição dos revestimentos de pisos e paredes, de um, ou de outro compartimento. Revisão da impermeabilização ou substituição de telhas da cobertura.		
G	REPAROS IMPORTANTES - requer reparações importantes. Requer intervenções generalizadas e com profundidade em partes ou peças críticas sob o aspecto de estética, salubridade, segurança e funcionalidade. <i>Implica restauração ou recuperação com remoção/ substituição/ adição de elementos ou peças com mão de obra especializada.</i> Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com pintura interna e externa, com substituição de panos de regularização da alvenaria, reparos de fissuras, com estabilização e/ou recuperação de grande parte do sistema estrutura. As instalações hidráulicas e elétricas possam ser restauradas mediante a substituição das peças aparentes. A substituição dos revestimentos de pisos e paredes, da maioria dos compartimentos. Substituição ou reparações importantes na impermeabilização ou no telhado.	M ----- Mal	52,60%
H	ENTRE REPAROS IMPORTANTES E SEM VALOR. Restauração total de elementos ou peças importantes. Degradação generalizada e com alto grau de exposição. <i>Alto nível de comprometimento da funcionalidade, segurança e operação.</i> Edificação cujo estado geral possa ser recuperado com estabilização e/ou recuperação do sistema estrutural, substituição da regularização da alvenaria, reparos de fissuras. Substituição das instalações hidráulicas e elétricas. Substituição dos revestimentos de pisos e paredes. Substituição da impermeabilização ou do telhado.	MM----- Muito mal	75,20%
I	SEM VALOR - valor de demolição residual. Máquina/equipamento em estado de demolição. Sem condição de operação ou uso.	DM ----- Demolição	100,00%

Fonte: Lopes (2013).

ANEXO 4

Tabela 5 - Orçamento para intervenções corretivas

Descrição do Serviço	Unidade	Custo do Material	Custo da Mão de Obra	Custo Total
Impermeabilização de ralos				
Demolição de proteção mecânica/manta	m	R\$ 32,45	R\$ 72,14	R\$ 104,59
Execução de nova impermeabilização	m	R\$ 21,44	R\$ 17,49	R\$ 38,93
Execução de proteção mecânica	m	R\$ 18,10	R\$ 11,97	R\$ 30,07
TOTAL (por m)				R\$ 173,59
Calhas				
Calha largura 60cm (telhado)	m	R\$ 186,00	R\$ 18,37	R\$ 204,37
Calha largura 60cm (piso estacionamento térreo)	pç	R\$ 25,00	R\$ 18,37	R\$ 43,37
Canalização para calhas	m	R\$ 104,85	R\$ 5,66	R\$ 110,51
Furo em cortina para passagem de tubulação	unid.	R\$ 200,00	-	R\$ 200,00
Impermeabilização de piso				
Piso entrada garagem manta 4 mm	m	R\$ 68,11	R\$ 21,68	R\$ 89,79
Piso rampa manta 4 mm	m	R\$ 68,11	R\$ 21,68	R\$ 89,79
Piso térreo manta 4 mm	m	R\$ 68,11	R\$ 21,68	R\$ 89,79
TOTAL (por m)				R\$ 269,37
Impermeabilização cortina				
Chapisco cortina rampa	m	R\$ 4,57	R\$ 0,92	R\$ 5,49
Chapisco parede lateral subsolo 1	m	R\$ 4,57	R\$ 0,92	R\$ 5,49
Chapisco parede lateral subsolo 2	m	R\$ 4,57	R\$ 0,92	R\$ 5,49
Emboço com aditivo	m	R\$ 567,04	R\$ 78,37	R\$ 645,41
Impermeabilização cruzada cortina rampa	m	R\$ 13,64	R\$ 12,18	R\$ 25,82
Impermeabilização cruzada parede subsolo 1	m	R\$ 13,64	R\$ 12,18	R\$ 25,82
Impermeabilização cruzada parede subsolo 2	m	R\$ 13,64	R\$ 12,18	R\$ 25,82
TOTAL (por m)				R\$ 739,34
Tratamento Estrutura				
Limpeza de armadura	m	R\$ 2,64	R\$ 5,52	R\$ 8,16
Tratamento de armadura	m	R\$ 6,07	R\$ 4,52	R\$ 10,59
Ponte de Aderência	m	R\$ 75,00	R\$ 4,52	R\$ 79,52
Grauteamento	m	R\$ 525,94	R\$ 59,93	R\$ 585,87
Forma	m	R\$ 45,71	R\$ 28,55	R\$ 74,26
TOTAL (por m)				R\$ 758,40
Junta de dilatação				
Corte em piso para juntas	m	R\$ 600,00	R\$ 400,00	R\$ 1000,00
Tratamento de junta de dilatação com tarugo de polietileno e selante PU	m	R\$ 16,97	R\$ 24,23	R\$ 41,20
Fissuras piso concreto				
Abertura de trincas	vb	R\$ 2955,66	R\$ 10791,00	R\$ 13746,66
Aplicação do selante acrílico	vb	R\$ 2732,11	R\$ 3512,04	R\$ 6244,15

Fonte: Próprio autor (2023).