

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

PEDRO MARTINS SALGE

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS OCACIONADAS PELOS DIVERSOS
MODOS DE ABSORÇÃO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS – ESTUDOS DE CASOS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA E
PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO**

**Uberlândia
2023**

Pedro Martins Salge

**AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS OCACIONADAS PELOS DIVERSOS
MODOS DE ABSORÇÃO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS – ESTUDOS DE CASOS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA E
PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO**

Artigo científico apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, curso de Engenharia Civil, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres

Uberlândia
2023

AVALIAÇÃO DAS PATOLOGIAS OCASIONADAS PELOS DIVERSOS MODOS DE ABSORÇÃO E INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS – ESTUDOS DE CASOS NA CIDADE DE UBERLÂNDIA E PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Pedro Martins Salge¹

Paulo Roberto Cabana Guterres²

Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar as principais causas das anomalias relacionadas à absorção e à infiltração de água em edificações, visando compreender as manifestações patológicas mais comuns. Para ilustrar esses problemas, serão apresentados casos de patologias em estruturas na cidade de Uberlândia - MG, incluindo a intensidade, a localização e as possíveis causas em relação ao clima local e condições ambientais. Além disso, serão apresentadas soluções considerando critérios técnicos e viabilidade executiva, a fim de contribuir para futuras intervenções corretivas nas edificações. O objetivo é sistematizar o processo, desde a compreensão do problema até a determinação da solução por meio de documentos técnicos.

Palavras-chave: absorção e infiltração de água; patologias em edifícios; intervenções corretivas.

Abstract

This work aims to identify the main causes of anomalies related to water absorption and infiltration in buildings, with the goal of understanding the most common pathological manifestations. To illustrate these problems, cases of building pathologies in the city of Uberlândia, MG, including the intensity, location, and possible causes in relation to the local climate and environmental conditions, will be presented. Furthermore, solutions will be presented, considering technical criteria and executive feasibility, in order to contribute to future corrective interventions in buildings. The objective is to systematize the process, from understanding the problem to determining the solution through technical documents.

Keywords: water absorption and infiltration; pathologies in buildings; corrective interventions.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as patologias na construção civil são ocasionadas constantemente devido a diversos fatores atuantes em conjunto. A escassez de

profissionais habilitados para executar uma função, paralelamente à carência de difusão de informações são alguns dos aspectos determinantes às recorrentes adversidades nas edificações. Diante disso, é indispensável relatar os diferentes problemas advindos da

¹ Graduando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

² Prof. Dr. da Universidade Federal de Uberlândia. Orientador.

infiltração e da absorção de água nas edificações.

O território brasileiro situa-se em uma região intertropical com climas que se caracterizam, predominantemente, pela elevada quantidade de chuvas, fator contribuinte para a constante presença de umidade no solo e nos substratos das edificações. As diferentes formas das atuações patológicas da água estão relacionadas aos diversos modos de manifestações, o que implica distintas consequências. Existem seis meios da presença de umidade nas edificações, os quais apresentam consequências, tais como a degradação dos materiais de construção, menor desempenho visual da edificação e redução da resistência mecânica, durabilidade e estanqueidade (OLIVEIRA, 2013).

As manifestações ocorrem por meio de mofos, manchas e fissurações, que, em grande constância de casos, apresentam-se com dificuldades corretivas devido aos erros construtivos, materiais utilizados, manutenção e idade da edificação (ROCHA *et al.*, 2018) e, a fim de se obter êxito nas medidas corretivas dos problemas ocasionados, é importante compreender o meio de impermeabilização adequado (RIGHI, 2009).

Segundo Antonelli, Carasek e Cascudo (2002), 45% e 42% dos

problemas com umidade nas edificações são decorrentes, respectivamente, execução e projeto. O alto percentual dessas causas evidencia a importância de adoção de medidas preventivas durante a construção. A NBR 9575/2003 enfatiza que os mecanismos para impermeabilização de um ambiente devem ser dimensionados corretamente, haja vista a solicitação da água pela percolação do solo, pela condensação, umidade do solo, pelo fluido em pressão bilateral ou unilateral. O projeto executivo de impermeabilização deve contemplar os sistemas a serem utilizados, o desempenho dos materiais, custos e quantitativos.

Diante dos temas explicitados, torna-se evidente a necessidade de compreender quando e como aplicar os materiais de construção de modo correto com objetivo de impossibilitar as diversas patologias causadas pela umidade da água nas edificações. Dessa forma, a proposição de estudos de casos, para os quais serão apresentadas propostas eficientes, aliadas a análises baseadas em fundamentações teóricas, são referências relevantes, a fim de introduzir a adoção de boas práticas como diretriz aos profissionais.

2 FORMAS DE TRANSPORTAR UMIDADE NOS MATERIAIS

A água é um elemento químico essencial na composição de diversos materiais de construção civil. Apesar de desempenhar funções importantes no processo construtivo, a presença em excesso e em todos os seus estados impacta negativamente nas construções (RIGHI, 2009).

As diferentes consequências ocasionadas pela presença de água nos substratos são comumente questionadas e solicitadas para realização de reparos. Compreende-se que, nos diversos meios físicos, o teor de umidade distribui-se igualmente no material. O deslocamento de água no interior do elemento, quando no estado gasoso, ocorre pela convecção e difusão, contudo, quando no estado líquido, ocorre mediante a capilaridade e as forças externas.

2.1 Difusão

Segundo Lersch (2018), o deslocamento do vapor d'água é decorrente da diferença de concentração entre o próprio vapor d'água e do ar seco. O ar mais seco é compensado pela maior concentração do ar mais saturado, para obter um balanceamento do sistema. Os materiais permitem a entrada do vapor

d'água quando submetidos à aplicação da pressão de vapor, seja em maior ou menor quantidade, diretamente relacionado à resistência do elemento para essa ocorrência.

2.2 Convecção

Esse fenômeno ocorre quando as moléculas do vapor d'água transitam entre diferentes locais do fluido, sendo ocasionado pela diferença de temperatura e, conseqüentemente, pela densidade da massa (POLISSENE, 1985). Em alvenarias de fechamento, como *shafts*, os quais têm um vão interno entre os blocos, esse fenômeno é recorrente, haja vista a diferença de temperatura entre a superfície da parede com o ambiente, fator que ocasiona a corrente de convecção.

2.3 Capilaridade

A água por meio do fenômeno de formação de menisco, ou seja, a criação de uma curvatura esférica, tende a ascender em poros ou vazios. Esse processo ocorre quando a água entra em contato com o meio sólido e partir disso dispersa-se em superfícies horizontais.

Entretanto, quando escassos os vazios nessa direção, percola através dos vazios verticais. Isso ocorre devido a

redução da tensão superficial das moléculas de água, e, conseqüentemente, formação do menisco de água que resultará no soerguimento dessa água (POLISSENE, 1985).

Os diâmetros dos poros e capilaridades são inversamente proporcionais às forças capilares exercidas; logo, quanto menor os vazios, maior a tendência de soerguimento da água. Esse processo, é, comumente, visualizado em fundações superficiais, como vigas baldrame (LERSCH, 2018).

2.4 Forças Externas.

O transporte da água por efeitos externos está relacionado à presença de três fatores concomitantes para a sua ocorrência, são eles: fissuras ou aberturas nos substratos, a presença de água na superfície e a atuação de forças exteriores no processo.

As condições para a presença de água nas superfícies são diversas, mas se caracteriza, principalmente, pelas águas das chuvas que são escoadas. As fissuras e trincas surgem como o caminho o qual será percorrido pela água e ocasionarão as prováveis patologias. Dentre as forças externas, podem ser enumeradas em quatro situações: resultante da energia cinética das gotas de água, forças gravitacionais, aspiração capilar e pela

pressão ocasionado pelas correntes de vento (POLISSENE, 1985).

2.5 Ocorrência de umidades nas edificações

A manifestação da umidade nas edificações acontece de diferentes modos, na maioria dos casos, porém, é oriunda de um conjunto de causas. Dentre essas manifestações, uma causa destaca-se com maior intensidade no processo. O objetivo é identificar a origem do fenômeno e o meio pelo qual se manifesta e se origina a patologia.

Conforme o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1983 *apud* POLLISENE, 1985), esses processos ocorrem por seis diferentes modos: umidade ascensional do solo; absorção e penetração da água da chuva; umidade de condensação; umidade devido à higroscopicidade dos materiais; umidade incorporada durante o processo construtivo e umidade acidental.

2.5.1 Umidade ascensional

O processo de retenção de água ocorre por meio das fundações, as quais absorvem a água presente no solo e distribuem nas estruturas subsequentes, sendo os pisos e as paredes.

Segundo Lersch (2003), a água transita até o momento em que é atingido o equilíbrio entre as forças gravitacionais, de capilaridade e evaporação. São três fatores determinantes para a ocorrência da ascensão de umidade, são eles: o volume de água presente no solo, a velocidade da evaporação da água e o número de vazios do substrato em contato com o terreno (POLLISENE, 1985).

O soerguimento da água pelas alvenarias ocorre mediante a pressão capilar vinculada diretamente com os tamanhos dos poros existentes e o grau de molhabilidade do material em contato (GUTERRES, 2016).

A NBR 9575 relata as diferentes formas de impermeabilização aplicáveis às situações; contudo, é necessária a avaliação durante o processo executivo, a fim de obter o melhor desempenho.

As marcas características da umidade ascensional nas paredes são evidenciadas por manchas úmidas na base da alvenaria, que ocasionam o aparecimento de eflorescências e bolor. Essas manchas têm em média 80 centímetros de altura, mas em casos mais acentuados, podem atingir até 1,5 metros (LERSCH, 2003).

2.5.2 Absorção e penetração da água da chuva

Segundo Polissene (1985), o vento configura-se como um elemento importante para ocasionar o processo de absorção e de penetração da água. Com a velocidade imposta durante as correntes de ar, aplicam-se forças nas gotas de chuva, as quais alteram a direção vertical padronizada para a orientada pelo fluxo do vento. Além disso, essas correntes geram uma diferença de pressão para o meio externo em relação ao meio interno das edificações.

Segundo Souza (2008), a chuva configura-se como um dos principais meios para aumentar a umidade do ambiente, haja vista a composição com outros fatores, a exemplo da velocidade do vento e da intensidade das precipitações, que auxiliam a potencialização da umidificação. A escolha correta do material a ser utilizado, sobretudo em fachadas, é determinante à manutenção e à longevidade da edificação. As características dos materiais são essenciais para indicar a intensidade da capilaridade, absorção e difusão de umidade, assim como a força gravitacional na penetração de água nas fissuras e trincas (PEREZ, 1986).

Segundo Pollisene (1985), com a intenção de evitar patologias nos sistemas construtivos, é importante avaliar alguns aspectos da edificação, como: a intensidade e direção dos ventos; os detalhes construtivos da fachada, que protegem juntas, janelas, portas e as paredes; verificação da estanqueidade de água dos elementos da fachada através de ensaios; avaliação do desempenho ao longo do tempo e realização da programação de manutenção, através da análise de durabilidade.

2.5.3 Umidade de condensação

Souza (2008) explica que as patologias ocasionadas pela condensação são comuns em cozinhas, banheiros, garagens e ambientes com baixa circulação de ar. Esse processo de umidade ocorre a partir da condensação do vapor de água nos elementos construtivos, seja na parte interna, seja na superfície (SALOMÃO, 2012).

Segundo Pollisene (1985), a extração de umidade do ambiente é responsável pela criação de condensação superficial nas paredes. A grande parte das estruturas de edifícios é composta por materiais porosos, como tijolos,

revestimentos de gesso, cal e papéis de parede. A recorrência do processo de absorção da água pelos materiais pode acarretar o desenvolvimento de bolor no substrato. O surgimento de manchas de mofo e o escorrimento de água na superfície das paredes são problemas causados pela ocorrência de condensação (OLIVEIRA, 2013).

Duarte (2010) esclarece que as condensações internas se manifestam dentro dos componentes da construção e, na maioria das situações, não resultam em problemas visíveis. Elas surgem sempre que a pressão parcial do vapor de água que passa pelo elemento atinge o equilíbrio com a pressão de saturação relacionada à temperatura nesse local específico.

Conforme o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1984 *apud* POLISSENE, 1985), os meios para controlar e evitar o surgimento de consequências advindas da condensação da umidade são: o aumento da temperatura superficial dos elementos e substratos, fator que pode ser atingido através do dimensionamento correto do isolamento térmico do material; aumentar a ventilação do local; diminuir o teor de umidade do ar local, ou seja, reduzir o ponto de orvalho do ambiente.

2.5.4 Umidade devido à higroscopia dos materiais

O teor mínimo de umidade, que pode estar presente em um material com poros, é denominado teor higroscópico. O conceito aplicado ao fenômeno de umidade higroscópica está relacionado ao processo de difusão do vapor de água presente no ar para os materiais, via poros existentes (LERSCH, 2003). Materiais como as placas de gesso, madeira, papéis de parede e revestimento com cal caracterizam-se pela presença de microporos em sua composição, o que os torna fortemente higroscópicos (POLLISENE, 1985).

Segundo Souza (2008), a umidade higroscópica de equilíbrio de um material ocorre quando esse material poroso é exposto a uma constante umidade e a uma temperatura por um período, sendo, nessa situação, por meio do processo de difusão, e, como resultado, alcança um estado estável em relação ao seu teor de umidade.

Oliveira (2013) esclarece que, no caso de paredes em que são utilizados materiais com sais solúveis, tais elementos estão sujeitos à umidificação, visto que os sais dissolvidos migrarão com a presença de água, até atingirem as superfícies, de modo a cristalizarem-se sob a forma de eflorescências e cripto

florescências. Alguns desses sais têm a capacidade de absorver umidade do ar. Em situações que ocorrem sequências de ciclos de variação da umidade relativa, os sais dissolvem-se e cristalizam-se respectivamente, dando origem a processos de degradação.

A limitação da umidade relativa do ar no interior das edificações, aliada aos cuidados aplicados para a manutenção da umidade em parâmetros normais, são fatores contribuintes à limitação da taxa de umidade higroscópica dos materiais (POLLISENE, 1985).

2.5.5 Umidade incorporada durante o processo construtivo

Dispõe o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1984 *apud* POLISSENE, 1985) que a quantidade de umidade presente em uma situação de obra após sua conclusão denomina-se umidade incorporada durante o processo construtivo.

São três fatores os quais confirmam essa situação: a água absorvida e armazenada pelos materiais durante o processo de estocagem; a água necessária na fabricação de argamassas e concretos; a água proveniente das precipitações, as quais são absorvidas

pelos materiais durante a execução da obra.

Nos produtos à base de cimento, tais como argamassa e concreto, uma relação água-cimento de aproximadamente 0,40 é suficiente para que ocorra a hidratação completa do cimento, considerando-se que cerca de 22% a 32% de água seria necessária para que se processasse a reação química completa (estequiometria), e uma quantidade adicional, em torno de 15% a 25%, seria necessária para a formação do gel.

Quantidades de água adicional aos produtos à base de cimento, que excedem aos 40% mencionados, permanecem livres no interior da massa, evaporando posteriormente e provocando a denominada retração de secagem, a qual pode ser ponto de infiltração de água, principalmente nos revestimentos externos (THOMAZ, 1984).

2.5.6 Umidade acidental

A umidade acidental origina-se mediante falhas que ocorrem nos sistemas hidráulicos, como água pluvial, fria, esgoto e combate a incêndio. Esse tipo de umidade conta com maior notoriedade em edificações com maior tempo de uso, visto que a probabilidade

de um material estar com tempo de vida excedido é maior (RIGHI, 2009).

Outro fator determinante para a ocorrência desse tipo de umidade é a falta de manutenção dos sistemas e os defeitos na execução da montagem das conexões e tubulações (POLLISENE, 1985).

2.6 Patologias causadas pela umidade

Maia (2018) explica que a patologia é a denominação dada à área da engenharia cujo propósito é investigar as origens, modos de manifestação, consequências e mecanismos subjacentes às falhas e aos sistemas de deterioração das construções. O avanço contínuo da indústria da construção civil gerou a necessidade de inovações, as quais resultaram em formas estruturais mais complexas e suscetíveis a riscos.

Essas inovações têm se desenvolvido paralelamente a essa área que se dedica a analisar, de forma científica, o desempenho e as questões relacionadas às estruturas. A detecção de um problema patológico em uma determinada estrutura sugere, em última análise e em termos gerais, “a presença de uma ou mais deficiências ocorridas durante a realização de uma das fases da construção, assim como a possibilidade de falhas no sistema de controle de

qualidade relacionado a uma ou mais atividades” (SOUZA, 2008, p. 23).

Segundo Verçosa (1983 *apud* Righi, 2009, p. 58), as principais consequências ocasionadas na construção civil pela manifestação dos diferentes tipos de umidade são: “eflorescências; mofo e bolor; manchas e goteiras; criptoefflorescências; gelividade e ferrugem”.

2.6.1 Eflorescências

A eflorescência caracteriza-se pela “formação da deposição de sais na superfície de substratos, como alvenarias e revestimentos argamassados, quando estão submetidos à exposição de água por meio de intempéries e infiltrações” (GRANATO, 2002, p. 83).

Esse processo ocorre pela acumulação de sais na superfície das paredes de alvenaria ou no piso causada pelo movimento de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes dos materiais, conforme demonstrado abaixo na Imagem 1. Essas eflorescências modificam a aparência das superfícies e levam à desintegração, devido a substâncias que causam expansão. A manifestação da patologia ocorre por meios diversos, como o aparecimento de manchas nas cores castanho, ferrugem ou branco, por meio

de nuvens pulverulentas ou escorridas (BAUER, 2009 *apud* LERSCH, 2003).

Imagem 1: Presença de eflorescências em porcelanatos na área externa



Fonte: O autor.

Vitório (2002) elucidada que para a ocorrência do processo de eflorescência são necessários três fatores em conjunto, são eles: quantidade mínima de sais presentes nos materiais de construção como blocos e argamassas, presença de água para transportar esses sais a superfície e a pressão hidrostática ou de evaporação para atuar no carregamento das soluções.

Conforme Granato (2002, p. 83), “as ocorrências frequentes de eflorescências acontecem em revestimentos e suas respectivas juntas, haja vista a porosidade presente tanto nas peças, assim como nos rejuntas aplicados”. Este fato ocorre devido ao elevado teor de hidróxidos com presença de cálcio, os quais são encontrados na composição do cimento e, posteriormente, utilizados para a

execução dos revestimentos argamassados para piso. Ao permear os revestimentos e fissuras, a água dissolve os hidróxidos presente no cimento, de modo a elevar seu pH e adquirir características alcalinas. Ao encontrar condições de aflorar por percolação ou evaporação, ocorre a formação das eflorescências.

O aspecto estético é o mais prejudicial no aparecimento das eflorescências, visto que estas não apresentam consequências mais agravantes. Os mecanismos para evitar o surgimento são a execução da limpeza da superfície úmida e, em fase de execução, a utilização de cimento CP-IV ou CP-III, pois suas atividades pozolânicas consomem o hidróxido de cálcio na fase de hidratação.

2.6.2 Mofo e bolor

O surgimento de manchas escuras nas paredes, ocasionalmente, está associado à presença de microrganismos hospedados naquela região. O alto teor de umidade é o fator essencial ao desenvolvimento dos fungos que se estabelecem por meio da infiltração da água no substrato ou por vazamentos os quais podem acontecer (SOUZA, 2008). O desenvolvimento desses organismos acontece “entre a

variação de temperatura de 10°C e 35°C, aliado ao fato do ambiente apresentar uma umidade relativa do ar acima de 75%” (GRANATO, 2002, p. 224).

O emboloramento caracteriza-se por tornar o ambiente insalubre, haja vista as alterações causadas nas superfícies das alvenarias, lajes e madeiras do ambiente, conforme apresentado na Imagem 2 abaixo. Segundo Granato (2002, p. 224), “a proliferação dos fungos em alvenarias ocorre mediante a absorção e estabelecimento de umidade nas tintas, as quais proporcionam por meio de aditivos e resinas, as condições necessárias ao surgimento das colônias”.

Imagem 2: Mofo estabelecido em teto de sala hospitalar



Fonte: Portal Gazeta serrana. Publicado em 19 de outubro de 2021. Disponível em: <https://jornalgazetaserrana.blogspot.com/2021/10/mofo-toma-conta-de-teto-do-quarto-de.html> Acesso em: 25 set. 2023.

As superfícies com menor teor de irradiação solar contribuem no processo de proliferação e, conforme Maia (2018), desenvolvem odores nos ambientes que

acarretam a iminência do aparecimento de doenças respiratórias e alergias.

Os métodos para evitar o aparecimento de bolores e fungos devem ser contemplados na fase de execução de projetos, de modo a proporem locais que sejam arejados e com a presença de luz solar suficiente para reduzir a umidade do ambiente (ALUCCI, FLAUZINO e MILANO, 1985 *apud* SOUZA, 2008).

Ressalta-se que em situações mais críticas, torna-se necessária a recuperação da alvenaria, de modo reexecutar o serviço e aplicar os materiais corretos e resistentes ao emboloramento.

2.6.3 Manchas e goteiras

As manchas e goteiras estão associadas, sobretudo, às consequências desencadeadas por erros realizados durante o processo construtivo. Verçoza (1991 *apud* SOUZA, 2008) salienta que comumente ocorrem vazamentos que são decorrentes das canalizações de água presentes nas edificações, como os condutores de água pluvial e as calhas. A água desloca-se pelos condutores e, por meio de orifícios e emendas construtivas, percola no substrato subsequente e ocasiona consequências como o surgimento de goteiras e manchas, com tom amarelado.

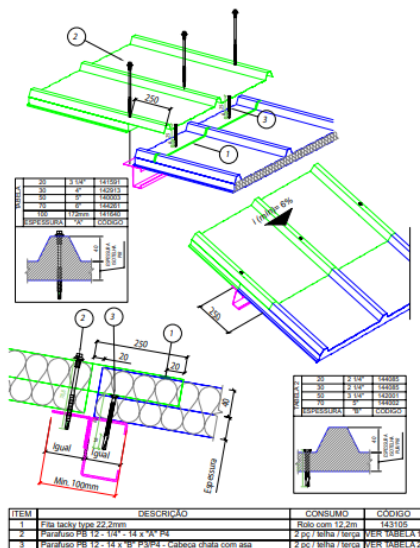
Esse processo de degradação está aliado a dois fatores em questão, são eles: a falha na execução da montagem dos condutores e ao dimensionamento incorreto previsto para as tubulações de descarga (SOUZA, 2008). Em situações de erro na montagem, o procedimento é a desmontagem e utilização de equipamentos e materiais corretos para a realização do processo novamente. Quando as seções são insuficientes, deve-se realizar o redimensionamento das estruturas e efetuar a troca da peça em conjunto, visto que pode ocorrer o transbordamento das calhas ou desacoplamento das conexões devido ao volume de água (SOUZA, 2008).

Conforme Soares Júnior *et al.* (2018), a água percola as superfícies de cobertura através dos telhados ou pela percolação nas lajes. A falta ou insuficiência de impermeabilização em lajes são fatores que contribuem a acumulação de água sobre as coberturas e, por meio disso, a percolação da água pelos vazios existentes na estrutura de concreto. Os telhados, comumente, executados com estrutura de madeira, apresentam, durante o decorrer da vida útil, imperfeições devidas às intempéries, as quais danificam as estruturas e permitem a entrada de água. Segundo Verçoza (1991 *apud* SOUZA, 2008), existem ainda outros fatores que

ocasionam o aparecimento das goteiras nos telhados: fixação e encaixe incorreto; qualidade das telhas; caimento; projeto.

O processo de montagem das telhas requer as instruções e as diretrizes propostas pela fabricante, seja em estruturas de madeira ou em metal. A Figura 1 abaixo aborda uma parte do manual de instalação de telhas metálicas. O encaixe com os transpasses das telhas e os espaçamentos para fixação dos parafusos são informações que, eventualmente, não são seguidas e, em decorrência disso, podem resultar em consequências.

Figura 1: Manual de instalação de telhas isotrapezoidais.

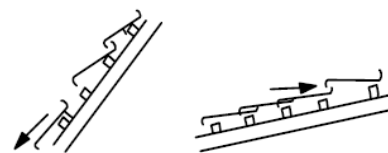


Fonte: Catálogo Kingspan Isoeste. Disponível em: https://kingspan-isoeste.com.br/catalogos/?gad=1&gclid=EAIaI QobChMIovX4xJH7gQMv1JR0CR2yOANvE AAYAiAAEgLaAPD_BwE Acesso em: 23 set. 2023.

A qualidade das telhas está diretamente relacionada ao processo quais as peças são submetidas durante o seu processo de produção. Fabricantes que não impõem padrões de qualidade nos processos implementados na empresa, resultam na fabricação de peças com imperfeições, que durante a montagem e o encaixe resultam em aberturas para passagem de água.

As goteiras, usualmente, estão relacionadas ao caimento do telhado estabelecido na edificação. Conforme a Figura 2 a seguir, as inclinações apresentadas na primeira situação são suscetíveis ao deslocamento da telha e desencaixe das peças quando há ocorrência de ventos fortes. Na segunda situação, a atuação do vento desloca as telhas e permite a entrada de água por meio dos vazios estabelecidos entre elas (SOUZA, 2008).

Figura 2: Danos causados pelas ações no telhado.



Fonte: Souza, 2008.

Além desses fatores, a concepção de projeto pode estar equivocada de maneira a prejudicar o desempenho do

telhado como estrutura de vedação. A adoção de caimentos incorretos ocasiona as consequências apresentadas nos parágrafos anteriores. Paralelo a isso, o dimensionamento de perfis e seções, respectivamente, de aço e madeira, resulta em situações de deformações na estrutura e alteração da conformação das telhas.

2.6.4 Criptoflorescências

O fenômeno da criptoflorescências ocorre com o crescimento de sais ou cristais no interior de materiais, a expansão resulta na desagregação ou deslocamento dos materiais de construção. Nas alvenarias, esse fenômeno é induzido pela etringita, também conhecida como sal de Candlot ou trissulfoaluminato de cálcio. Esse sal forma-se quando a umidade encontra condições favoráveis no interior da massa de cimento endurecido, como a presença de sulfatos e aluminatos ainda não reagidos (LERSCH, 2003).

Segundo Guterres (2016), a manifestação das criptoflorescências comumente ocorre nas partes internas das paredes, sobretudo devido às menores taxas de ventilação, maior acúmulo de umidade, formação de condensação e ausência de lavagem pela água das chuvas dentro das construções.

Imagem 3: Presença de criptoflorescências na parede analisada.



Fonte: O autor.

A ascensão capilar é um fenômeno contribuinte às anomalias que são ocasionadas, visto que água do solo percola os poros presentes nas estruturas, as quais não apresentam impermeabilizações suficientes para conter o avanço da umidade na alvenaria.

Paralelamente, é notável que os materiais utilizados na etapa de construção são fatores influentes no processo. A presença de blocos cerâmicos com poros em excesso, cozimento inadequado, fabricação com materiais de qualidade inferior e com a presença de sais solúveis na areia utilizada, são exemplos de situações favoráveis ao aparecimento de criptoflorescências (GUTERRES, 2016).

A deposição dos sais formados durante o processo ocorre por meio da deposição entre o substrato e o revestimento argamassado, a qual

intensifica-se com a presença contínua de umidade na área anômala, apresentado na Figura 3 acima. O aumento dos cristais no interior dos materiais pode resultar em danos como descamação ou separação de camadas de revestimento e, em situações mais graves, na queda de elementos de construção. A presença de água desempenha um papel fundamental na formação de eflorescências, portanto, frequentemente, a correção desses problemas envolve a eliminação das fontes de umidade (CATED N.T. 93, 1967 *apud* ARAÚJO, 2019).

2.6.5 Gelividade

Lersch (2003) aponta que a gelividade ocorre mediante o processo de gelo e degelo da umidade presente nos materiais, como alvenarias e rebocos. Esse fenômeno é comum em regiões com climas frios, haja vista as baixas temperaturas para transformação da água para o estado sólido. A água contida nos poros e vazios dos materiais expande-se quando congelada e, após a elevação da temperatura, retorna ao estado líquido. Esse ciclo de alteração de estados físicos é imperceptível, entretanto com reincidência do processo ocasiona o desgaste e desagregação da superfície.

2.6.6 Ferrugem

Araújo (2019) dispõe que, durante a fabricação e uso de um componente metálico, é crucial garantir que ele mantenha um desempenho satisfatório ao longo de sua vida útil. Um aspecto fundamental nesse procedimento é a corrosão, que implica a deterioração do material, a partir de sua superfície, e pode ser subdividida em dois tipos: corrosão por oxidação em ambientes secos e corrosão em ambientes úmidos. Nesse aspecto será enfatizada a oxidação originada pela presença de umidade no ambiente, que se caracteriza por ser mais significativa e intensa.

Ainda segundo Araújo (2019), a elevada taxa de corrosão está atribuída ao fato de que os íons metálicos gerados são facilmente dissolvidos no ambiente corrosivo, comumente, composto por água. Além disso, os óxidos hidratados produzidos pelas reações químicas tendem a ser depositados de maneira irregular na superfície do metal, de modo a resultar em uma proteção limitada ou até mesmo inexistente. Aliado a esses fatores, a rápida condução de elétrons através do ferro contribui para acelerar a taxa de corrosão.

A oxidação de estruturas em aço e componentes construtivos acarretam consequências que impactam na

sustentação e no desempenho da edificação. A presença do aço oxidado em esquadrias interfere diretamente no funcionamento de portas e janelas, visto que afeta os gradis, assim como as demais ferragens estabelecidas (LERSCH, 2003).

Conforme Granato (2002, p. 36), outro meio de interferência estrutural do processo de oxidação é a manifestação pela corrosão das armaduras, as quais ocasionam em consequências graves, tais como: a diminuição da seção das barras de aço devido à transformação em óxidos; a fissuração e perda de lascas do concreto com a expansão da ferrugem presente no aço; redução da aderência entre o aço e concreto, a qual deve ser garantida pela rugosidade presente nas barras fabricadas.

Além do exposto, a ferrugem pode estar presente, também, em pregos e parafusos utilizados na execução e montagem de telhados (SOUZA, 2008). O uso de materiais que não têm características antioxidantes reduz a vida útil dos sistemas de condução de água pluvial.

Apesar de os parafusos serem peças fundamentais na fixação de calhas e telhas, em situações de oxidação desse material torna-se provável o escoamento de água pela abertura do parafuso, situação apresentada na Imagem 4

abaixo. A partir desse fator, há o comprometimento do sistema de estanqueidade do telhado, acarretando o agravamento da situação e, possivelmente, o aparecimento de goteiras nas telhas e calhas.

Imagem 4: Fixação incorreta do parafuso



Fonte: O autor.

Segundo a NBR 15239 (2005), os mecanismos para evitar que esses processos sejam desencadeados nos materiais presentes em esquadrias e acabamentos baseiam-se na utilização de pinturas e tratamento das superfícies que ficarão expostas a intempéries, paralelamente, a utilização de materiais com características antioxidantes para garantia da vida útil dos sistemas executados.

Granato (2002, p. 142) dispõe que “há métodos eficientes para inibir o processo de corrosão das armaduras presentes no concreto armado”. Esses inibidores caracterizam-se pelos diferentes modos e meios de aplicação, visto que se pode aplicar nas superfícies das armaduras, ou como aditivos

integrados às argamassas, grautes e concretos.

Dentre os primers, aplicam-se o epóxi com zinco e os cimentos poliméricos aditivados. O primeiro produto é constituído por uma resina epóxi enriquecida com zinco, a qual se caracteriza pela eletronegativa superior do que o aço. Essa resina forma uma proteção catódica, funcionando como um ânodo de sacrifício, referente aos tipos de cimentos poliméricos, usualmente, compostos por cimento, polímeros e aditivos que têm a capacidade de inibir a corrosão. Na composição, são inclusas substâncias como nitrato de cálcio e ésteres de amina, as quais restauram a camada alcalina de proteção e interrompem o processo corrosivo.

3 METODOLOGIA

No território brasileiro, são comumente visualizadas diferentes patologias ocasionadas pela presença de água dos diversos métodos construtivos. Ocorrências como eflorescências, infiltrações, descolamento de revestimentos cerâmicos, danos nas pinturas, presença de fungos etc. são exemplos dos tradicionais efeitos causados.

Mediante esses diferentes problemas aplicados à cidade de Uberlândia – MG, foram realizadas análises de edificações em diferentes bairros, a fim de compreender as anomalias. Para realizar o mapeamento termográfico e teor de umidade dos diferentes problemas apresentados nas construções, tornou-se necessária a utilização do equipamento da marca Tedline FLIR, chamado FLIR MR176.

Os ambientes escolhidos para a realização desses ensaios ocorreram conforme conhecimento de edificações com patologias visíveis, as quais apresentam possibilidade de desenvolvimento evidente de infiltrações ou manifestações já notórias.

A seleção dos bairros para a realização dos ensaios foi: Saraiva, Jardim Karaiba, Gávea, Planalto, Taiaman. Na Figura 3 abaixo, está delimitado na cor verde os bairros que foram realizadas as pesquisas.

Figura 3: Seleção de bairros que foram realizados os ensaios



Fonte: O autor.

Tabela 1: Informações técnicas sobre o equipamento FLIR MR176.

Paletas de imagens termográficas	Iron, Rainbow, Ice, Greyscale
Umidade nos pinos	Faixa de 7% a 30% Precisão Básica + - 1,5% MC/Faixa de 30% a 100% Precisão Básica apenas para referência
Grupos - Umidade nos Pinos	9 Grupos de Materiais
Temperatura do Ar	Faixa de 32 a 122°F (de 0 a 50°C) Precisão Básica + - 1.1°F (+ - 0.6°C)
Umidade Relativa	Faixa de 0 a 100% Precisão Básica 2.5% UR
Ponto de Condensação	Faixa de -22 a 122°F (de -30 a 50°C)/Precisão básica + - 1.8°F (+ - 1.0°C)
Inclui	Sensor de Umidade Relativa e Temperatura Substituível MR01, Sonda com Pino Padrão MR02, Guia de Inicialização Rápida, Carregador USB Internacional, Cabo USB

Fonte: FLIR. Disponível em: <https://www.flir.com.br/> Acesso em: 23 set. 2023.

O processo de coleta dos dados foi realizado durante o período de chuvas, a fim de obter e identificar, de forma mais precisa, as infiltrações e umidades aparentes. As identificações foram realizadas em partes internas das edificações, como garagens, salas e corredores, esquadrias, assim como em áreas externas, coberturas e muros de divisa. O equipamento FLIR MR176 (com especificações apresentadas na Tabela 1) fornece os parâmetros necessários para a compreensão e o rastreamento das patologias.

As conferências foram realizadas com pinos capazes de medir a umidade do substrato analisado, haja vista o sensor incluso no equipamento obter maior variação e possibilidade de falhas em aferições. Em alguns casos apresentados, foi viável fotografar termograficamente. Entretanto, houve situações as quais não houve foco suficiente para distinguir as cores. Os tons para visualização das imagens termográficas variaram conforme a melhor visualização entre as diferenças de cores.

Em substratos com materiais cimentícios, como rejantes e revestimentos argamassados, para medição dos parâmetros, os pinos foram introduzidos a 1 milímetro do interior. Em situações as quais apresentavam tintas ou revestimentos cerâmicos, de forma rígida, os pinos foram posicionados sobre o revestimento, a fim de não danificá-los. Em ambos os casos, foram realizadas três medidas diferentes em pontos próximos com o objetivo de comparar e uniformizar os resultados obtidos. As medições foram realizadas sem a presença de água no local de amostra para não registrar diferenças notáveis nos parâmetros. Paralelamente, foram registradas fotos digitais para identificar as patologias visíveis como trincas e eflorescências.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Patologias identificadas

O processo de identificação das patologias ocorreu na cidade de Uberlândia – MG e foi aplicado em 7 edificações distintas e, posteriormente, anotado os resultados para identificação das causas e possíveis soluções, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Locais de aplicação dos ensaios

Edificações:	Endereço:	Bairro:	Cidade:
1	Rua Armando Lombardi, 303	Saraiva	Uberlândia
2	Rua Armando Lombardi, 195	Saraiva	Uberlândia
3	Alameda Sabiá Laranjeiras, 95	Gávea	Uberlândia
4	Rua Rafael Marino Neto, 600 - 8º Andar	Jardim Karaíba	Uberlândia
5	Rua do Economista, 550	Planalto	Uberlândia
6	Rua Otávio Rodrigues da Cunha, 272	Jardim Karaíba	Uberlândia
7	Rua Iracema Oliveira Godoi, 13	Taiaman	Uberlândia

Fonte: O autor.

Dentre os ambientes em que foram realizados os ensaios, identificaram-se quais patologias estavam presentes nas áreas danificadas e, paralelamente, realizou-se o relatório fotográfico do local. Com informações fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), captaram-se informações meteorológicas referentes ao dia e ao horário nos quais foram realizadas as aferições visuais e com o equipamento.

Além disso, para melhor compreensão e identificação das áreas afetadas pelas patologias nas

edificações, identificaram-se, de modo singular, os elementos construtivos, haja vista as diferentes manifestações presentes no mesmo local de análise. As quais foram identificadas no Gráfico 1. As patologias apresentaram-se, frequentemente, relacionadas ao aparecimento de mais de uma anomalia na mesma região.

Gráfico 1: Quantidade de patologias encontradas



Fonte: O autor.

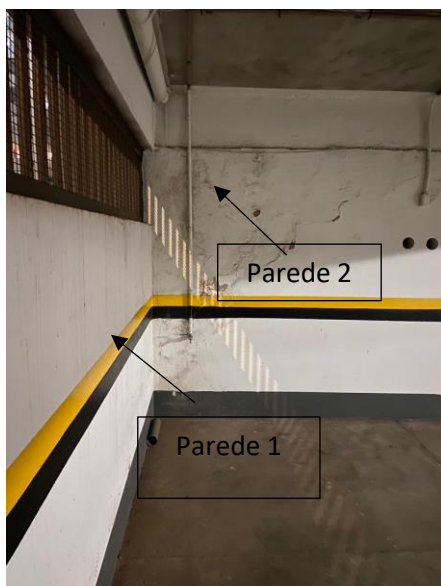
4.2 Identificação de eflorescências nas superfícies associadas aos empolamentos ocasionados

Dentre as patologias visualizadas durante as análises e identificações, as eflorescências manifestaram-se em diferentes elementos construtivos analisados. A princípio, avaliou-se uma edificação com intensa presença de sais na superfície da alvenaria e, posteriormente, constatou-se a presença do processo contínuo de eflorescência sobre pisos de porcelanato.

4.2.1 Elementos verticais

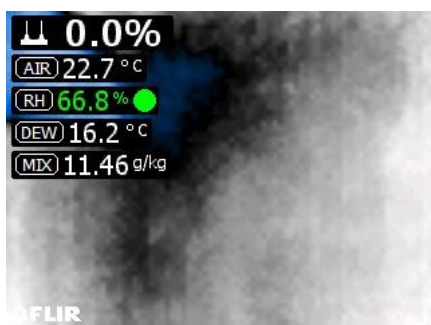
A constatação da presença da patologia na superfície evidenciou-se pela elevada quantidade de sais presentes na superfície das paredes e por meio das imagens termográficas retiradas da área afetada.

Figura 4: Presença de eflorescências e empolamentos nas paredes



Fonte: O autor.

Figura 5: Imagem térmica da figura acima.



Fonte: O autor.

O ambiente analisado está situado em uma garagem subterrânea, o

qual se encontra em um nível, aproximadamente, 1,8 metros abaixo do meio-fio externo. A grade metálica demonstrada na Figura 4 está nivelada com o passeio externo, o que evidencia a parede 1 como, provavelmente, um muro de contenção. A partir dessa informação, constata-se o fato de a parede 2 apresentar maior quantidade e intensidade de sintomas em comparação à parede 1, haja vista a composição de materiais e o método de execução serem distintos. Os muros de contenção, usualmente realizados em estruturas de concreto armado, têm menor quantidade de vazios em sua composição, aliado ao fato de serem impermeabilizados na face externa em contato com o solo.

A alvenaria de vedação, como exemplificado pela parede 2, regularmente são executadas com blocos cerâmicos e revestidas com chapisco e reboco paulista, sem a presença de aditivos impermeabilizantes. Entretanto, apesar das diferenças construtivas, ambas estão comprometidas com a presença de sais na superfície devido aos seguintes fatores: infiltração e absorção da água de chuvas; ausência de irradiação solar; higroscopia dos materiais.

A presença da grade metálica, em seus pontos de fixação, na parte superior da parede apresenta-se como principal

fator de infiltração e absorção de água nas paredes. O caimento da rua externa está orientado conforme a imagem, de modo a ocorrer o acúmulo e passagem de água próxima à região dessas paredes em situações de chuvas. A presença de espaços consideráveis entre as barras da grade permite a passagem da água, que, em velocidade de escoamento e com velocidade do vento, ultrapassa os vazios e atinge a superfície das paredes. Aliado a esse fator, a umidade fica retida na parede, visto que a ausência de irradiação solar não contribui para secagem na água presente. Na imagem térmica é perceptível a presença de umidade nas paredes, visto que na configuração implementada, é perceptível o tom azulado na janela e os tons escuros das regiões com maior presença de água.

A presença de sais nos materiais utilizados para execução da parede e, posteriormente, aplicação dos revestimentos são intrínsecas aos processos construtivos. Para a ocorrência das eflorescências, a contínua presença de umidade nas paredes é determinante na dissolução dos sais, que, após serem dissolvidos, são transportados e depositados na superfície dos revestimentos. As alvenarias caracterizam-se por serem executadas com blocos cerâmicos, os quais

apresentam uma elevada quantidade de vazios que são interligados por canais capilares por onde a água circula. Quando em contato com a água, ocorre a percolação pelos poros do reboco na superfície e do bloco cerâmico, posteriormente, de modo a depositar-se no interior do tijolo.

Após o final das chuvas, iniciam a secagem da água presente no interior do bloco em dissolução com os sais presentes e, conseqüentemente, invertem o fluxo de água. A partir disso, a solução salina retorna à superfície, onde a água evapora e permanece os sais. A ausência de materiais hidrofugantes aplicados na argamassa de reboco e diretamente nas faces dos blocos seria determinante na redução do processo e para inibir o avanço da água.

Além disso, a criação de anteparos para não permitir a entrada de água pela chuva seria uma alternativa viável, visto que a ausência de luz solar na região auxilia na condensação do ambiente e absorção de água pelas paredes.

A imagem térmica mostrada na Figura 5, acima, evidencia, nas zonas escurecidas, a concentração de umidade interna na alvenaria, confirmando a degradação visual identificada na Figura 4.

4.2.2 Elementos horizontais

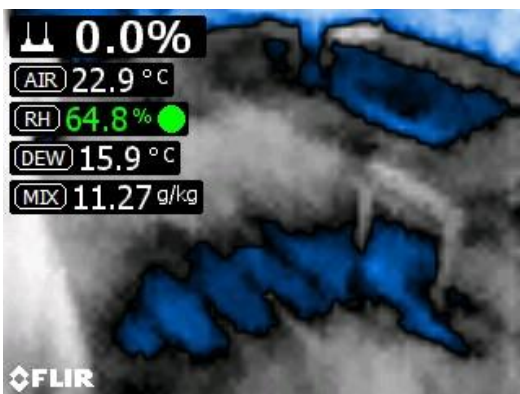
Além da manifestação das eflorescências nas paredes, constatou-se em outra edificação a presença dessa patologia em elementos horizontais, ou seja, no piso. Situada no 8º andar de um edifício, a área externa de uma clínica médica apresentou problemas decorrentes da presença de manchas brancas presentes no piso.

Figura 6: Presença de manchas brancas de eflorescência no piso.



Fonte: O autor.

Figura 7: Imagem térmica da figura acima.



Fonte: O autor.

Conforme a Figura 6 demonstra, é possível identificar que o processo ocorre de forma generalizada, o que evidencia problemas executivos na base do piso. A ocorrência dessas eflorescências está diretamente relacionada aos materiais que foram utilizados no substrato. Sobre a laje dessa área externa, executou-se o trabalho de impermeabilização, a fim de conter os avanços da água e, conseqüentemente, as infiltrações no pavimento inferior. Na Figura 7 é possível visualizar que as regiões com maiores incidências das manchas esbranquiçadas apresentaram uma umidade maior, representada pelos tons azuis e tons escuros, evidenciando, também, que quando há a secagem superficial, determina as formações eflorescentes nas zonas onde a água sofre eliminação, conforme mostrado na Figura 6 acima.

Foi descrito pela construtora que foi realizada a colagem de manta asfáltica e, posteriormente, execução da proteção mecânica da área e contrapiso, para finalizar com o assentamento do porcelanato. A presença contínua de água no piso ocorria devido a vazamentos acidentais provenientes da irrigação automatizada dos diversos vasos de plantas presentes. Assim, constatou-se que o rejuntamento acrílico

das peças estava com frestas e incompletos, fator que permitia a percolação da água nas estruturas subsequentes.

Logo, após a entrada pelos vazios do rejunte, a água infiltrava-se no contrapiso e na proteção mecânica, ambos realizados com elevada quantidade de cimento. Quando em contato com o cimento, este constituído com alto teor de hidróxido de cálcio, ocorria o processo de dissolução dos sais, de modo a tornar a água com características alcalinas.

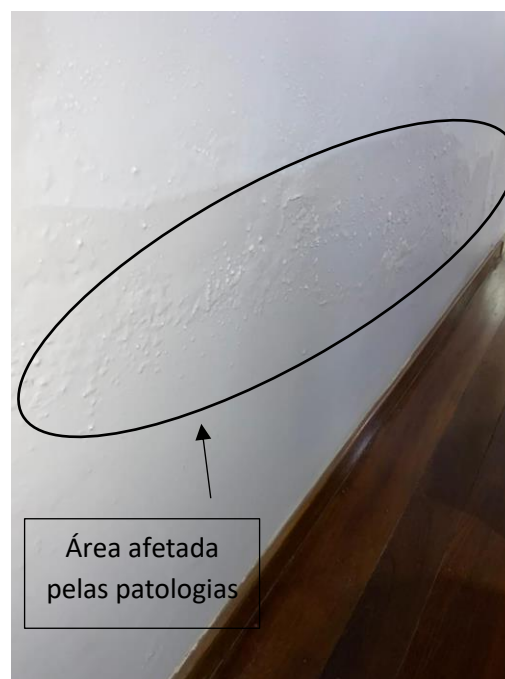
Na sequência desse processo, essa solução retornava à superfície do porcelanato e após a secagem da água, os sais depositavam-se na superfície (GUTERRES, 2016).

A fim de conter o avanço dessa patologia, é aconselhável a manutenção e limpeza contínua da região com ácido muriático, ou, em situações mais graves, uma nova execução do assentamento do piso. Conforme Granato (2002, p. 103), durante o processo de execução da proteção mecânica e do contrapiso, “é adequada a utilização dos cimentos CP III e CP IV, haja vista o baixo teor de hidróxido de cálcio em sua composição”.

4.3 Presença de trincas e criptoflorescências nas superfícies relacionadas ao aparecimento de diferentes patologias

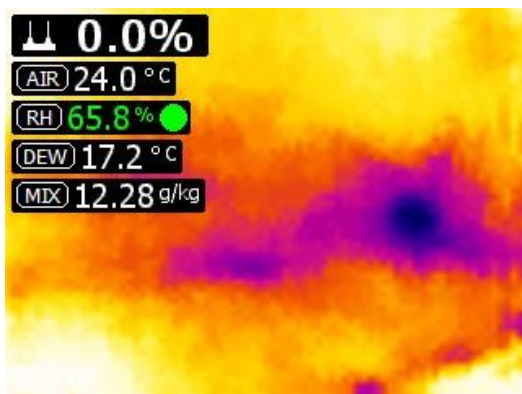
A presença de criptoflorescências nos elementos foi verificada em superfícies verticais comumente presentes em uma região entre 60 e 100 centímetros acima do nível do piso. A identificação ocorreu mediante a utilização do equipamento para aferir os teores de umidade presentes na região afetada. Paralelamente, os cristais de sal presentes na superfície promoveram o deslocamento dos materiais aplicados nas paredes, de modo a auxiliar na visualização da existência da patologia.

Figura 8: Presença de cristais de sal na área interna da edificação.



Fonte: O autor.

Figura 9: Imagem térmica da figura acima.



Fonte: O autor.

As patologias identificadas na Figura 8 estão situadas no lado interno de uma edificação térrea. Associado aos cristais de sal formados na superfície, está disposta a presença de empolamentos em regiões diversas.

Conforme informado pelos proprietários da edificação, o processo executivo da alvenaria caracterizou-se pelo uso de materiais como blocos cerâmicos, revestimentos argamassados e aplicação de tinta acrílica, ou seja, materiais como os blocos e os revestimentos com maior número de vazios e a tinta acrílica com características mais impermeabilizantes com menor quantidade de poros. Aliado a esse fator, é importante ressaltar que o aparecimento das criptoflorescências surgiram em uma região de baixa ou insuficiente irradiação solar, haja vista a presença de mobília em frente a parede danificada.

Além disso, a parede está situada na linha de divisa entre o ambiente interno e externo da edificação, de modo que o lado externo está sujeito às variações das intempéries na superfície. Embora a alvenaria na parte externa estivesse sujeita a tais alterações, a visualização do ambiente não constatou a presença de umidade no substrato e, conseqüentemente, a percolação de água nos materiais. Na Figura 9 visualiza-se, em comparação com a Figura 8, a presença de maior umidade na região abaixo das criptoflorescências, onde a recristalização dos sais ocorre no interior do substrato pela secagem e/ou descida da água por gravidade, evidenciando que a manifestação de tons azulados e avermelhados ocorrem na zona onde ainda não ocorreu o processo de recristalização dos sais. As cores mais escuras representam a maior concentração da água na região.

Dessa forma, evidencia-se que a presença das patologias identificadas na parede associa-se a dois fatores, sendo eles: umidade ascensional e higroscopia dos materiais aplicados.

A ascensão da água em contato com o solo, por meio dos poros presentes nas fundações superficiais, é determinante ao aumento da umidade na estrutura. O fenômeno da capilaridade atua diretamente nesse processo, visto

que, na presença de vazios com pequenos diâmetros, a água tende a ascender pelos poros dos materiais e umidificá-los.

Esse processo é intensificado pela ausência ou insuficiência de impermeabilização na etapa construtiva da fundação. O soerguimento da água induz a solução dos sais solúveis presentes na composição do cimento endurecido e da massa corrida. A solução alcalina, formada comumente de sais compostos por sulfato de cálcio, percorre os poros para atingir a superfície externa do revestimento; entretanto, pela presença de materiais com baixo número de vazios como as tintas utilizadas, situa-se na camada anterior ao revestimento e posterior ao substrato. Em períodos de menor umidade e maiores temperaturas, a água presente na solução dissolve-se e ocorre a formação dos cristais de sal.

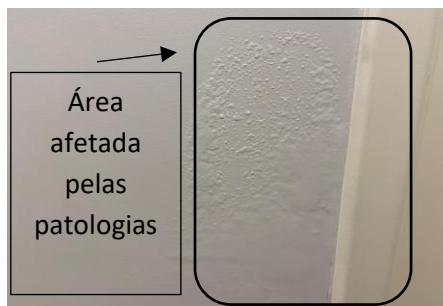
No início, esse fenômeno permanece não visível por um período variável. No entanto, à medida que as várias etapas se repetem e as dilatações internas resultantes promovem pressões aplicadas, ocorrem expansões do meio externo para o meio interno, de modo que se revelam com um elevado volume causado na superfície. Essas áreas expandidas rompem o revestimento e a camada protetora, expondo o interior

onde a argamassa de reboco deteriorada está misturada com cristais de sais. Em decorrência dos danos causados no revestimento externo, o processo de empolamento resultou como consequência dos cristais formados, visto que induziram o deslocamento do material na superfície (GUTERRES, 2016).

A fim de eliminar os problemas ocasionados na edificação, o procedimento seria a remoção dos materiais danificados, como os blocos cerâmicos e o reboco. Após esse processo, a aplicação de impermeabilizantes nas fundações rasas e, posteriormente, a execução da alvenaria. Ademais, a composição do reboco que será aplicado na superfície do substrato deve conter maior presença de areia grossa, com maior granulometria dos grãos, a fim de aumentar o diâmetro do número de vazios e evitar a ascensão da água por capilaridade.

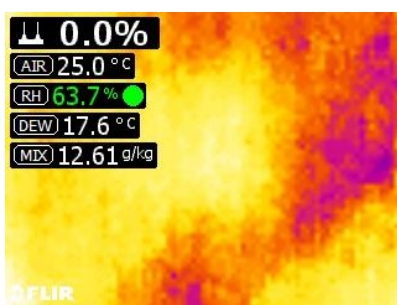
Em outra análise realizada, também em uma edificação térrea, analisaram-se as mesmas patologias manifestadas provenientes de causas iguais, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 10: Presença de sais de criptoflorescências e empolamentos



Fonte: O autor.

Figura 11: Imagem térmica da figura acima.



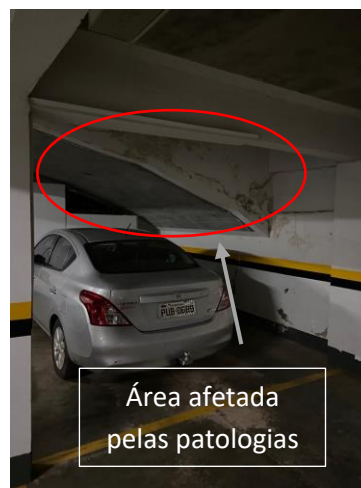
Fonte: O autor.

. Na Figura 11 contata-se o mesmo fenômeno ocorrido na Figura 9, visto que a região com tons amarelados já apresenta a formação dos cristais de sal, enquanto a região com maior umidade, representada pelas cores mais escuras, ainda não passou pelo processo de secagem e formação dos sais. Esse fenômeno é perceptível na Figura 10 acima.

A área afetada também caracteriza-se por ser em um ambiente interno o qual teve como origem da umidade o contato da água do solo com a estrutura.

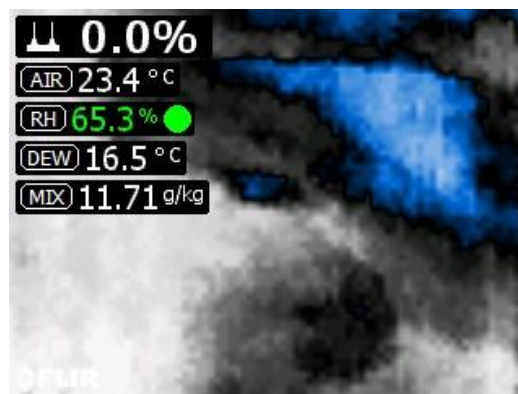
Na garagem subterrânea, citada anteriormente no tópico 4.2.1, também localizou-se outra área afetada pela presença de criptoflorescências e outras diversas patologias.

Figura 12: Patologias ocasionadas pela presença de água na alvenaria



Fonte: O autor.

Figura 13: Imagem térmica da figura acima.



Fonte: O autor.

Como identificado na Figura 12, é possível notar a presença de cristais de sal na superfície, associado às trincas e às manchas escuras presentes. Esse ambiente caracteriza-se por ser uma

rampa de acesso ao estacionamento de carros no pavimento superior. Diante disso, é possível identificar a diferença dos materiais utilizados na execução da rampa, por meio da fissura presente do sentido longitudinal da rampa. Essa fissura evidencia-se pela presença de dois tipos de materiais de construção aplicados, sendo abaixo dela a laje de concreto armado e acima a utilização de blocos cerâmicos. O surgimento dessa fissura ocorre devidos a alguns fatores, sendo eles: flexão ocasionada pelo carregamento dinâmico e diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos materiais.

A constante passagem de veículos sobre a rampa aplica à laje inclinada uma sobrecarga, a qual, em limites últimos de serviço, apresenta pequenas variações em relação ao seu estado inicial. Esses deslocamentos mínimos influenciam o aparecimento da fissura no contorno dos blocos cerâmicos com a estrutura de concreto. Aliado a esse fator, é essencial ressaltar as diferentes propriedades dos materiais, o que influencia nos coeficientes de dilatação e retração deles. Pelo processo contínuo de retração e dilatação dos materiais, a união dos materiais, usualmente executada com argamassa, sofre deformação e ocorre o processo de fissuração.

Dessa forma, como a rampa situa-se em um local descoberto, por meio da fissuração provocada na estrutura, a água infiltra e ocasiona todos os danos aos materiais, sendo principalmente na alvenaria. O processo de surgimento das criptoeflorescências ocorre de modo semelhante ao explicado anteriormente, com a expansão dos cristais de sal e, por conseguinte, deterioração do revestimento externo. A formação do bolor na região está associada ao alto teor de umidade provocado pela presença de água, principalmente decorrente das chuvas. A ausência da irradiação solar no ambiente contribui para a permanência da água na parede e a proliferação dos fungos, pois ocorre a absorção de umidade pelas tintas. Os elementos presentes em sua composição, como resinas e aditivos, contribuem e fornecem as condições necessárias para a formação das colônias na região. Na Figura 13 evidencia-se a presença de tons mais azulados na região onde o teor de umidade é menos concentrado, devido, em grande parte, a declividade da rampa de acesso aos veículos, a qual não mantém a água retida. É notável que na região de encontro entre as estruturas de concreto e de bloco cerâmico (fissura), a cor azul fica ainda mais marcante e escurecida, de modo a confirmar a maior presença de

água pela presença da descontinuidade entre os materiais. No entanto, nos panos verticais e horizontais, paredes e pisos, nota-se uma grande concentração de umidade, mostrada na imagem térmica por um grande escurecimento destas regiões.

Com a finalidade de interromper o processo de agravamento das patologias na região, é importante rever o processo de execução do piso da rampa. Caso necessário, será preciso realizar a demolição do contrapiso para uma nova execução ser realizada com aplicação de aditivos impermeabilizantes no processo. Em relação às patologias internas, deve-se remover todo o revestimento de parede, a fim de eliminar os cristais e os fungos estabelecidos. Executar novamente os revestimentos de parede e aplicação de material polimérico na fissura existente entre o concreto e a alvenaria.

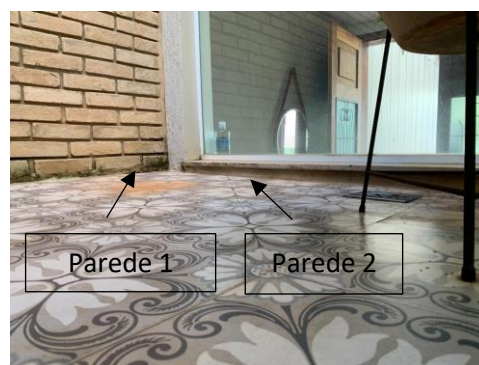
4.4 Empolamentos e mofos causados pela absorção e infiltração de água nos diferentes substratos

As recorrentes manchas, aliadas às camadas de revestimento soltas, são características visíveis do processo de infiltração e absorção de água pelas paredes. Paralelamente, ambientes com

baixa intensidade solar contribuem a manifestação e o crescimento das colônias de fungos.

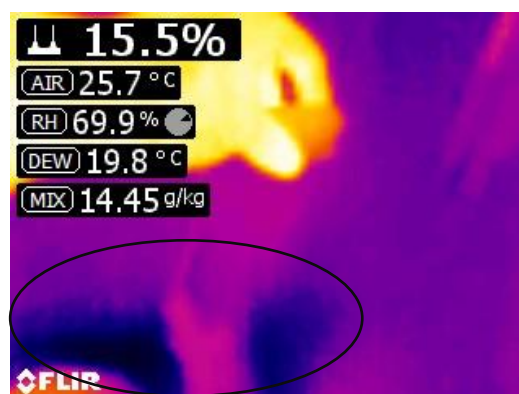
A umidade causada pela condensação da água no ambiente e a ascensão de água pelos poros dos materiais estão entre as principais causas dessas patologias observadas. Como observado nas imagens térmicas, os locais com bolor estavam com umidade elevada, assim como as áreas com bolhas presentes nos revestimentos.

Figura 14: Presença de mofo em base.



Fonte: O autor.

Figura 15: Imagem térmica da figura acima vista de uma perspectiva superior.



Fonte: O autor.

A presença de mofo na região inferior da parede, visualizada na Figura

14, está relacionada ao acúmulo de umidade na região. A área está situada em um ambiente descoberto da edificação, consequentemente está sujeita às variações das intempéries nos materiais. Dessa forma, a ocorrência de chuvas e ausência de incidência solar desencadearam a ocorrência do acúmulo de água na região, visto que a área afetada está situada na parte mais baixa do escoamento da água do piso. Referente aos elementos verticais identificados como parede 1 e 2, foi constatada a aplicação de materiais impermeabilizantes na parede 2, fator que impossibilitou a proliferação de mofo. Em relação à parede 1, não se identificou nenhum composto ou aditivo, fator que, em conjunto com a elevada porosidade do tijolinho, favoreceu o acúmulo de umidade e, consequentemente, desenvolvimento do mofo na região.

Com a utilização da câmera termográfica foi constatada, na Figura 15, a elevada presença de umidade na região com presença de mofo como demonstrado na imagem térmica, conforme evidenciado nos dois pontos indicados na Figura 14 (Parede 1 e parede 2). As cores em tons escuros indicam a existência de acúmulo de água naqueles dois pontos da área fotografada. A parte em amarelo/alaranjado claro não

indica nenhuma patologia, é apenas a captação térmica da mão do pesquisador.

Figura 16: Empolamentos causados pela presença de água nas juntas do piso acima



Fonte: O autor

Além disso, também foi evidenciado a presença de acúmulo de água nas juntas dos pisos. O processo ocorria por meio da percolação da água no contrapiso e, consequentemente, a manifestação da presença de umidade era visualizada na parede inferior, com o empolamento do revestimento, de acordo com a Figura 16 acima.

Diante das patologias identificadas, o processo para correção de ambos os casos está relacionado à aplicação de materiais impermeabilizantes nas superfícies. Em relação aos tijolinhos, é viável a aplicação de aditivos hidrofóbicos, haja vista a alta quantidade de vazios

presentes em sua composição. Paralelamente, a aplicação de um rejunte com menor teor de vazios e características impermeabilizantes não permitiria a percolação da água no contrapiso.

A identificação do aparecimento de bolhas também foi relatada em mais duas localidades, as quais foram detectadas pelo teor de umidade das imagens termográficas e visualização do descolamento do revestimento.

Figura 17: Descolamento de papel de parede pela presença de umidade



Fonte: O autor.

Na Figura 17, foi possível identificar a umidade no substrato por meio dos pinos do equipamento e do descolamento do papel de parede. Apesar da parede dividir um ambiente entre área externa e interna, constatou-se a presença de manta asfáltica como meio de impermeabilização da parede no lado externo.

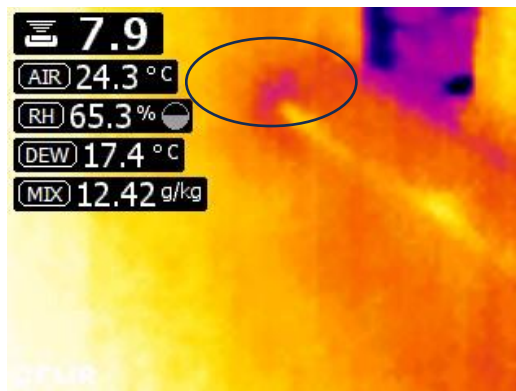
Dessa forma, evidenciou-se que o processo de umidade causado é proveniente da ascensão capilar da água do solo. O soerguimento da água umedece o substrato e promove o descolamento do papel de parede que é suscetível a alterações na presença de água.

Figura 18: Presença de umidade na parede decorrente da vedação insuficiente da esquadria



Fonte: O autor.

Figura 19: Imagem térmica da figura acima.



Fonte: O autor.

Na Figura 18, a origem da umidade é decorrente das águas das chuvas as quais infiltram pelos vazios e danificam a pintura. O processo está relacionado à má vedação da esquadria, a qual tem pontos críticos que permitem a entrada de água para o ambiente interno. Na Figura 19 constata-se a presença de umidade da região delimitada, haja vista a presença de tons alaranjados na área mais afetada pela concentração de umidades.

Os dois casos apresentados são provenientes de erros construtivos, sendo o primeiro originado da ausência ou insuficiência da impermeabilização na fundação superficial. Nesse caso, o processo para recuperação é a remoção em partes do reboco e da alvenaria, imediatamente abaixo da esquadria, para a aplicação de aditivos impermeabilizantes. No segundo caso, para garantir a vedação da parte externa com a interna é necessária aplicação de silicone ou poliuretanos resistentes a intempéries nos pontos de infiltração.

5 CONCLUSÃO

A partir do exposto, conclui-se que as patologias causadas pela infiltração e absorção de águas nas edificações apresentam consequências

nos processos construtivos e seus desempenhos, assim como prejudicam esteticamente as áreas afetadas.

A presença de eflorescências e criptoeflorescências prejudicam o desempenho visual de projetos arquitetônicos, os quais, apesar dos cuidados apresentados na etapa de desenho, ainda estão submetidos à ocorrência de referidos problemas. As manchas formadas danificam os materiais e, devido à ausência de manutenção, causam danos irreversíveis, de modo a necessitar a substituição.

Em relação aos bolores e mofos, estes causam incômodos nos ambientes e podem provocar doenças respiratórias às pessoas que frequentam o local. Além dos malefícios causados às edificações. Os reparos que precisam ser realizados demandam custos financeiros com mão de obra e aquisição de materiais para realizar o reparo.

Outro fator evidenciado é que as patologias estão, comumente, associadas, haja vista a presença de mais de uma manifestação nos locais que foram investigados. Conforme identificado nas áreas visitadas, o aparecimento das anomalias está relacionado a fatores como a falta de manutenção das edificações e as falhas durante o processo construtivo.

Os materiais utilizados na construção civil têm uma vida útil conforme é especificado pelos fornecedores e fabricantes. Essas informações, raramente, são repassadas aos proprietários ou condôminos na entrega final da obra. Dessa forma, não fica evidenciado quando e como deverá ser realizada a manutenção de determinada parte da edificação. Essa situação aplica-se às patologias causadas pela umidade, visto que a maioria dos materiais impermeabilizantes e hidrofóbicos têm uma vida útil curta ou média.

Paralelamente, concluiu-se que o acompanhamento durante a execução também se apresenta como um problema que ocasiona o aparecimento de patologias. A falta de informação transmitida aos profissionais de campo gera dúvidas ao executor e, possivelmente, equívocos no momento da execução. As informações referentes ao modo de aplicação de aditivos, impermeabilizantes ou a dosagem correta para execução da argamassa de revestimento são fatores que influenciam para evitar as patologias.

6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente, sou grato a Deus por ter me proporcionado essa

experiência incrível de concluir o curso de Engenharia Civil em uma instituição de renome e com profissionais competentes.

Agradeço ao amigo e professor Dr. Paulo Guterres, que propôs o tema deste artigo e me auxiliou em todas as etapas com muito conhecimento técnico e didático. O desempenho e ânimo demonstrado durante todo o processo final foram determinantes para a escrita do trabalho de conclusão do curso.

Estendo também o agradecimento à minha família e à minha namorada que durante a graduação me apoiaram e foram alicerces importantes em momentos de incertezas e instabilidade.

Finalmente, agradeço a FECIV, diretamente a todos os profissionais e professores que desempenharam suas funções com sabedoria e empenho para proporcionar aos alunos o melhor ambiente possível.

REFERÊNCIAS

ANTONELLI, G. R.; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Levantamento das manifestações patológicas de lajes em edifícios habitados em Goiânia, - GO. **IX Encontro Nacional do Ambiente Construído**, Foz do Iguaçu, 2002.

ARAÚJO, Julia Martins Vale. Patologias e inconformidades de

fachadas tombadas como patrimônio histórico. 139f. Graduação em Engenharia Civil – TCC. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2019.

ARAÚJO, Vicente. Prefácio. *In*: THOMAZ, Ércio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1984. Disponível em: [Tomaz 1996.pdf](#). Acesso em: 21 set. 2023.

DUARTE, João Pedro Sequeira Rodrigues Ferreira. **CONDENSAÇÕES SUPERFICIAIS INTERIORES: Avaliação do Risco**. 109f. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto, Porto, 2010.

GRANATO, José Eduardo. Patologia das Construções. 2002. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/patologia-das-construcoes-2/4987987/> Acesso em: 23 set. 2023.

GUTERRES, Paulo Roberto Cabana. **ARGAMASSAS DE REABILITAÇÃO: Estudo da sua utilização e do seu comportamento para o tratamento e recuperação de construções afetadas por eflorescências**. 369f. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2016.

LERSCH, Inês Martina. **CONTRIBUIÇÃO PARA A IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES E MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO EM EDIFICAÇÕES DO PATRIMÔNIO CULTURAL DE PORTO ALEGRE**. 185f. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Porto Alegre. Porto Alegre, 2003.

OLIVEIRA, Gustavo Filipe Pereira de. **POTENCIALIDADES DA TERMOGRAFIA PARA O DIAGNÓSTICO DE PATOLOGIAS ASSOCIADAS À HUMIDADE**. 194f.

Mestrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto. Porto, 2013.

OLIVEIRA, Romilde A. **Curso de Alvenaria Estrutural**. CREA-PE, Recife, 2003.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações**. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.

POLISSENE, Antônio Eduardo. **MÉTODO DE CAMPO PARA AVALIAR A CAPACIDADE IMPERMEABILIZANTE DE REVESTIMENTOS DE PAREDE - MÉTODO DO CACHIMBO**. 161f. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Porto Alegre. Porto Alegre, 1986.

RIGHI, G. V. **Estudos dos Sistemas de Impermeabilização: patologias, prevenções e correções: análise de casos**. Santa Maria, 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

ROCHA, J. H. A.; SANTOS, C. F. dos; OLIVEIRA, J. B. de; ALBUQUERQUE, L. K. dos S.; PÓVOAS, Y. V. Detecção de infiltração em áreas internas de edificações com termografia infravermelha: estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 329-340, out./dez. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000400308>.

SALOMÃO, Maria Cláudia de Freitas. **Estudo da umidade ascendente em painéis de alvenaria em blocos cerâmicos**. 193f. Mestrado em

Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **PATOLOGIAS OCACIONADAS PELA UMIDADE NAS EDIFICAÇÕES**. 64f. Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SOARES JÚNIOR, Gilomé, Candido; FELIPE, José Maick Moreira; GOULART, Letícia Beraldo; RODRIGUES, Vitor Franco. Impermeabilização das edificações, patologias e correções. In: III Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e I Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. Pesquisa Unifimes, 21 a 23 de maio de 2018.

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

Souza, Vicente Custódio de, 1948 - Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thoma z Ripper. - São Paulo: Pini, 1998.

VITÓRIO, Afonso. **Pontes Rodoviárias**. Fundamentos, Conservação e Gestão. CREA-PE, Recife, 2002.