

CENTRO PAULA SOUZA

ETEC ITAQUERA II

Técnico em Edificações

Júlia Basile Paulo

Leiriedson Gomes da Silva

Millena Beatriz Borba de Lira

Rafael Alves

Raphael Henrique Amaral de Oliveira

Wesley Teodosio Sodré

PATOLOGIA DE INFILTRAÇÃO RESIDENCIAL

São Paulo

2023

Júlia Basile Paulo

Leiriedson Gomes da Silva

Millena Beatriz Borba de Lira

Rafael Alves

Raphael Henrique Amaral de Oliveira

Wesley Teodosio Sodré

PATOLOGIA DE INFILTRAÇÃO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Edificações da Etec Itaquera II, orientado pela Prof. Vicente H.C.R. Sabaneeff, como requisição parcial para obtenção do título de técnico em Edificações.

São Paulo

2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pelo desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso que contou com ajuda especial da professora orientadora Eliana Cardozo que nos acompanhou de forma pontual durante seu curto tempo conosco nesta matéria, dando todo auxílio necessário para elaboração do projeto.

Ao professor Vicente H.C.R. Sabaneeff, que nos auxiliou no desenvolvimento do trabalho, dando auxílio necessário para uma base mais sólida.

Aos professores do curso de Edificações que dedicaram seu tempo para nos transmitir conhecimento. A todos que participaram da pesquisa, aos familiares e amigos.

Às amizades construídas durante certo período de tempo.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original. ”

ALBERT EINSTEIN

RESUMO

Diversas patologias relacionadas a construção civil vêm sendo discutidas ao longo dos anos. Essas patologias acabam por desencadear em diversos outros problemas que em casos mais sérios, podem tornar a residência inabitável. Dentre tantas, a infiltração tem se destacado por ser um problema que pode afetar tanto a estrutura como estética da edificação, comprometendo até mesmo na valorização do imóvel. Ademais, esta situação pode prejudicar moradores devido a manifestação de microrganismos, que tem esporos produzidos pelo mofo que podem ficar livres pelo ar causando ou agravando problemas como alergias respiratórias, asma, rinite, sinusite, irritação na garganta, pneumonia, bronquite etc. Portanto, o presente trabalho visa analisar causas de patologias recorrentes da infiltração e umidade, com a pretensão de identifica-la e solucionar-la da melhor forma, utilizando como base um estudo de caso.

Palavras chave- Patologia; infiltração; umidade.

ABSTRACT

Several pathologies related to civil construction have been discussed over the years. These pathologies end up triggering various other problems that in more serious cases can make the residence uninhabitable. Among so many, infiltration has stood out as a problem that can affect both the structure and aesthetics of the building, even compromising the appreciation of the property. Furthermore, this situation can harm residents due to the manifestation of microorganisms, which have spores produced by mold that can become airborne, causing or aggravating problems such as respiratory allergies, asthma, rhinitis, sinusitis, throat irritation, pneumonia, bronchitis, etc. Therefore, this study aims to analyze the causes of recurring pathologies of infiltration and moisture, with the intention of identifying and solving them in the best way, using a case study as a basis.

Keywords - Pathology; infiltration; moisture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Origens das Infiltrações.....	14
Figura 2 - Infiltração em laje	16
Figura 3 – Umidade por condensação.....	19
Figura 4 - Umidade por condensação em banheiro.....	20
Figura 5 - Umidade ascendente por capilaridade	21
Figura 6 - Umidade Ascendente por capilaridade.....	22
Figura 7 - Percolação em esquadria.....	23
Figura 8 – Vazamento de tubulação.....	25
Figura 9 – Goteiras em teto de residência.....	27
Figura 10 – Mofo e Bolor em parede.....	28
Figura 11 – Eflorescência na fundação em um porão.....	29
Figura 12 – Trinca em Revestimento e Degradação de Pintura.....	30
Figura 13 – Corrosão de armadura.....	31
Figura 14 – Pilar de uma construção na praia.....	32
Figura 15 – Corrosão da armadura por carbonatação.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Origens da umidade.	15
Quadro 2 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivo	10
1.2 Objetivos específicos	10
1.3. Justificativa	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Contexto histórico	11
2.2 Conceito patologia	12
2.3 Conceito de durabilidade, desempenho e vida útil nas edificações	13
2.4 Origem da infiltração e manifestação	13
2.5 Tipos de umidade	15
2.5.1 Umidade decorrente das intempéries	16
2.5.1.2 Fatores determinantes	17
2.5.1.3. Possíveis causas da infiltração por intempéries.....	18
2.5.2 Umidade por condensação	18
2.5.3 Umidade ascendente por capilaridade	20
2.5.4 Umidade por percolação.....	23
2.5.5 Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	24
3 PATOLOGIAS ASSOCIADAS A UMIDADE	26
3.1 Manchas e goteiras	27
3.2 Mofos e bolores	28
3.3 Eflorescências.....	29
3.4 Degradação de pinturas e revestimentos	30
3.5 Corrosão de armadura	31
3.5.1 Fatores que podem contribuir para a corrosão das armaduras	32
3.5.2 Técnicas de recuperação de estruturas	35
4 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A infiltração é a patologia mais presente nas edificações e muitas vezes são apresentadas antes mesmo da obra ser entregue ao usuário final, gerando gastos mais onerosos e atrasos ao cronograma da obra. A infiltração pode ser caracterizada como a passagem da água do meio exterior para o interior, ou em sentido contrário, nos seus estados líquido e gasoso, que penetra nas paredes por capilaridades através de fissuras ou poros existentes no material. Há vários tipos de infiltrações que afeta a estrutura física da obra, em especial, os materiais utilizados para a sua construção como, por exemplo, a pintura, o aço, entre outros. Essencialmente, a água poderá ocasionar a infiltração através de três caminhos distintos: por meio de trincas e rachaduras, pelos poros do material e ainda por falhas que este material possua como, por exemplo, brocas, ninhos no concreto e fendas junto às armaduras. Os principais vilões dessas infiltrações são os vícios construtivos, ou seja, defeitos originados no próprio processo construtivo (erro de projeto ou de execução) ou adquiridos ao longo do tempo (desgastes naturais, utilização, manutenção ineficiente, agressões).

1.1 Objetivo

Pesquisar a origem, diagnóstico, solução e reparo de uma edificação atingida pela infiltração.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar os principais tipos de infiltração que ocorrem nas construções;
- Identificar as principais patologias causadas pela infiltração;
- Realizar estudo de caso para identificação da patologia demonstrando os métodos de execução utilizados e soluções adotadas durante a fase de desenvolvimento do projeto;

1.3. Justificativa

A justificativa para a realização desse estudo é a importância do tema para a construção civil, uma vez que a infiltração pode levar a diversos problemas, como umidade, deterioração da estrutura e problemas de saúde. Além disso, a impermeabilização excessiva pode causar problemas de drenagem e sobre carga dos sistemas de esgoto. A investigação da infiltração pode contribuir para a adoção de soluções eficazes e para a conservação dos recursos hídricos, promovendo uma construção mais sustentável.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contexto histórico

As patologias da construção civil existem desde a antiguidade, sendo que problemas com estruturas e construções são relatados desde a época romana. Porém, somente a partir do século XX a construção civil passa a ser considerada um campo do conhecimento técnico-científico, com o desenvolvimento de novos materiais e técnicas construtivas.

Durante a primeira metade do século XX, a construção urbana passou por um período de intensa industrialização, com a produção em massa de materiais como concreto armado, aço e vidro. Esses novos materiais e métodos construtivos oferecem muitos benefícios para a engenharia civil, como velocidade de execução e redução de custos. No entanto, eles também trouxeram novas doenças, como a corrosão do ferro, deterioração prematura do concreto e a natureza das rachaduras.

Na década de 1960 surgiram os primeiros estudos e pesquisas sobre patologias na construção civil, visando entender as causas e os mecanismos que levavam ao surgimento de problemas nas estruturas. A partir de então, foram desenvolvidas técnicas de estudo e diagnóstico de patologias, assim como novos materiais e técnicas construtivas, mais resistentes e duráveis.

Na década de 1980, a Engenharia Civil viveu um período de inovação com o surgimento de novos materiais como o vidro e a fibra de carbono. Além do uso de novas tecnologias construtivas como protensão e pré-fabricação. Essas inovações

trouxeram novos desafios para a prevenção e controle de patologias, mas também ofereceu soluções mais eficientes e sustentáveis para a construção civil.

Atualmente, a prevenção e o controle de patologias na construção civil são questões fundamentais para a qualidade e segurança das obras e construções. Existem várias normas e regulamentos técnicos que estabelecem os critérios e pré-requisitos para o projeto operação e manutenção de estruturas tentando reduzir o risco de doenças e garantir a segurança e durabilidade da estrutura.

2.2 Conceito patologia

"Há algum tempo, o campo da engenharia civil começou a usar um termo médico chamada 'patologia', que é derivado do grego (pathos - doença e logia - estudo) e significa 'estudo da doença', o termo significa análise de dano estrutural", diz Silva (Editora 174 - 2011).

O termo se encaixa perfeitamente na analogia de Alfonso quando disse que "não é exagero dizer que os edifícios são, até certo ponto, construídos à imagem e semelhança do homem" (Alfonso Vittorio, 2003, p. 24). Em suas analogias, o autor compara o esqueleto humano à estrutura de um edifício, o tecido muscular à alvenaria, a pele humana ao telhado do edifício e, finalmente, o sistema circulatório humano aos equipamentos hidráulicos e elétricos. Portanto, os autores apontam que, assim como os humanos podem adoecer, os edifícios também podem "adoecer" por vários motivos, levando a conclusões relevantes.

Além do mais, Veçosa conseguiu estabelecer um paralelo entre a medicina e a engenharia, defendendo a proposição de que "os edifícios sofrem de defeitos semelhantes a doenças: rachaduras, manchas, deslocamentos, deformações, rupturas, umidade, etc." (Ênio José Verçoza , 1991, p. 7).

"Ressalta ainda que por esta semelhança, convencionou-se referir à patologia das edificações como o estudo sistemático dos defeitos construtivos porque, tal como a patologia médica, a patologia das edificações engloba o estudo dos problemas instalados nos edifícios e respetiva identificação das causas (diagnóstico), e sua devida correção (tratamento)". (Ênio José Verçoza, 1991, p. 7).

2.3 Conceito de durabilidade, desempenho e vida útil nas edificações

A durabilidade de uma edificação é a capacidade de resistir ao desgaste e às condições ambientais ao longo do tempo, mantendo suas características estruturais e funcionais. "A durabilidade de uma construção refere-se à sua capacidade de resistir à ação dos agentes deteriorantes e de manter suas características funcionais durante o tempo de uso esperado" (Manual de Desempenho de Edificações - Pini, 2012). Já o desempenho de uma edificação envolve sua capacidade de atender aos requisitos funcionais, técnicos e de conforto estabelecidos. "Desempenho é o conjunto de características e qualidades que um sistema construtivo, produto ou componente deve possuir para cumprir suas funções, em conformidade com as expectativas dos usuários" (ABNT NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho).

Todos estão ligados assim também como a vida útil de uma edificação que é o período estimado em que ela é capaz de manter seu desempenho adequado, sem a necessidade de intervenções ou problemas significativos. "Vida útil é o período de tempo estimado em que se espera que uma edificação cumpra satisfatoriamente suas funções específicas, considerando o desempenho dos sistemas, componentes e materiais que a compõem" (ABNT NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho).

2.4 Origem da infiltração e manifestação

A origem da infiltração em uma edificação residencial pode ter diversas causas e pode se manifestar de formas diferentes e é definida como o processo pelo qual a água penetra em um material poroso, como solo, paredes, tetos, pisos ou outros elementos de construção. É um fenômeno natural que ocorre quando a água entra em contato com uma superfície porosa e se move através dos poros ou espaços vazios presentes no material.

A infiltração pode ocorrer de várias formas, como através da chuva que penetra em uma cobertura mal vedada, da água do solo que penetra nas paredes de uma edificação ou da umidade proveniente de vazamentos em tubulações hidráulicas. A

gravidade e a extensão da infiltração podem variar dependendo da porosidade do material, da intensidade da fonte de água e das condições de drenagem.

Ciente disto, a infiltração pode causar consequências desagradáveis aos usuários pois é uma das principais causas de fenômenos patológicos. Segundo o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), a infiltração é uma das principais causas de patologias em edificações, podendo comprometer a durabilidade, segurança e conforto dos usuários.

A infiltração também é uma das principais causas da umidade em edificações na qual se manifesta de diversas formas como apresenta a figura abaixo:

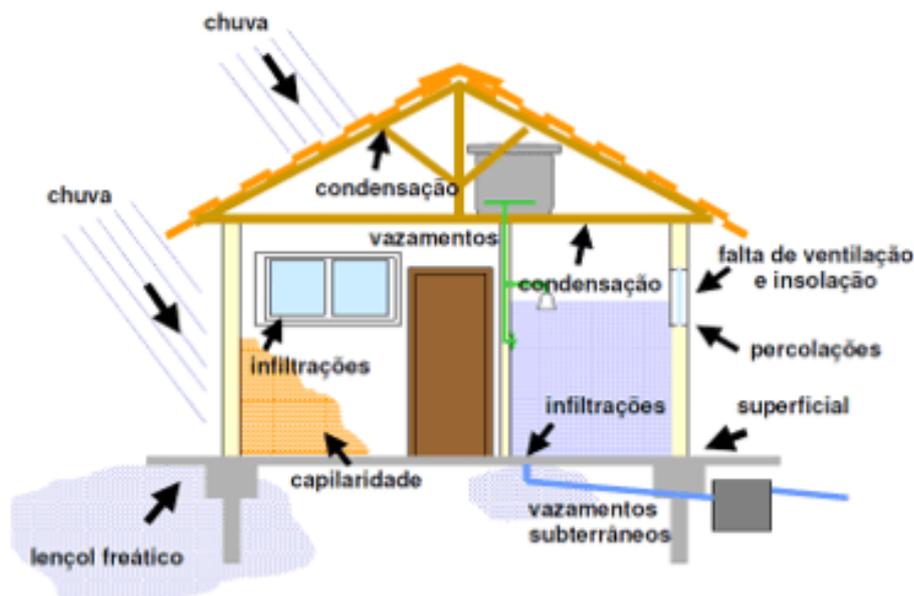


Figura 1 - Origens das Infiltrações.

Fonte – Ferraz (2016)

Os problemas patológicos são todos provocados, o que leva a entender que a infiltração poderia ser evitada com ações de prevenção desde a fase de concepção, execução e posteriormente, utilização.

Segundo a ABNT NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção de projetos "A prevenção e o tratamento de infiltrações são essenciais para garantir a qualidade e a longevidade das edificações."

2.5 Tipos de umidade

As umidades nas construções podem ser manifestadas de diversas formas nas estruturas, das quais podemos destacar:

- Umidade proveniente da execução da construção;
- Umidade decorrente de intempéries;
- Umidade por condensação;
- Umidade ascendente por capilaridade;
- Umidade por percolação;
- Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos.

A imagem abaixo mostra os tipos de umidade existentes em uma edificação:

Quadro 1 – Origens da umidade.

Origens	Presente na
Umidade proveniente da execução da construção	Confecção do concreto Confecção de argamassas Execução de pinturas
Umidade oriunda das chuvas	Cobertura (telhados) Paredes Lajes e telhados
Umidade trazida por capilaridade (umidade ascensional)	Terra, através do lençol freático
Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos	Paredes Telhados Pisos Terraços
Umidade de Condensação	Paredes, Forros e pisos Peças com pouca ventilação Banheiros, cozinhas e garagens

Fonte – Santana (2022)

2.5.1 Umidade decorrente das intempéries

A umidade decorrente das intempéries é um tipo de umidade que ocorre devido às condições climáticas, como chuva, vento e umidade relativa do ar elevada. Esse tipo de umidade pode causar danos às estruturas da edificação, como a deterioração dos materiais de construção, infiltrações e manchas.



Figura 2 - Infiltração em laje

Fonte - [https:// www.forumdaconstrucao.com.br](https://www.forumdaconstrucao.com.br)

Durante chuvas prolongadas, essas manchas se desenvolvem e podem aparecer mofo, desbotamento, danos causados por fungos (primeiro caso) e formação de sais minerais (segundo e terceiro casos). Segundo Napp, "A chuva em si não é um problema para a construção. Porém, quando acompanhada de vento, produz maior componente horizontal e maior intensidade" (Napp, 1995, p. 3 apud Cechinel et al.,

2005). Ainda segundo este autor, gotas de chuva podem causar penetração direta em trincas ou emendas mal vedadas.

2.5.1.2 Fatores determinantes

A umidade por intempéries, ou seja, a umidade causada por condições climáticas adversas, é influenciada por vários fatores, tais como:

Precipitação: A quantidade e a frequência da precipitação são fatores-chave que afetam a umidade por intempéries. Chuvas intensas, nevoeiros e nevascas podem aumentar significativamente os níveis de umidade do ambiente.

Temperatura: A temperatura ambiente desempenha um papel importante na umidade por intempéries. Quanto mais quente o ar, maior será sua capacidade de reter umidade. Em climas quentes e úmidos, é mais provável que ocorram altos níveis de umidade.

Umidade relativa: A umidade relativa é a quantidade de umidade presente no ar em relação à quantidade máxima que o ar poderia conter a uma determinada temperatura. Quanto maior a umidade relativa, mais úmido será o ambiente. Em áreas com alta umidade relativa, é mais provável que ocorram condições úmidas e pegajosas.

Ventilação: A ventilação ou circulação de ar também desempenha um papel na umidade por intempéries. Locais com pouca ventilação tendem a reter mais umidade, enquanto áreas com boa circulação de ar podem ter umidade reduzida.

Topografia: A topografia de uma região pode afetar a umidade por intempéries. Áreas próximas a massas de água, como oceanos, lagos ou rios, geralmente possuem níveis mais altos de umidade devido à evaporação da água. Além disso, terrenos montanhosos podem influenciar a formação de nuvens e chuvas.

Vegetação: A presença de vegetação pode afetar a umidade por intempéries. Áreas com vegetação densa, como florestas, tendem a reter mais umidade, enquanto áreas com pouca vegetação podem ser mais secas.

Pressão atmosférica: A pressão atmosférica também pode ter um impacto indireto na umidade por intempéries. Mudanças na pressão atmosférica podem

influenciar o movimento das massas de ar e a formação de nuvens, o que pode afetar os níveis de umidade.

Esses são apenas alguns dos fatores determinantes da umidade por intempéries. É importante observar que esses fatores estão inter-relacionados e podem variar dependendo da localização geográfica e das condições climáticas específicas.

2.5.1.3. Possíveis causas da infiltração por intempéries

Segundo Gouvêa, “as intempéries podem causar danos significativos às edificações, principalmente se a impermeabilização, a drenagem pluvial e a ventilação ambiental forem inadequadas” (Gouvêa, 2019, p. 125, Edgar Blucher). Os autores observam que as áreas mais expostas, como paredes externas e telhados, são as mais vulneráveis a intempéries.

Para proteger contra a umidade induzida pelo tempo, é importante tomar medidas como impermeabilização adequada das estruturas, instalação de sistemas de drenagem e manutenção regular de luminárias e elementos construtivos expostos. Segundo Rocha, “a prevenção é o melhor remédio contra a humidade causada pelas intempéries, pelo que é importante fazer inspeções regulares aos edifícios e tomar as devidas precauções” (2016, p. 71, Rocha).

Além da precaução, deve-se tomar medidas de manutenção preventiva nas edificações.

No entanto, como afirmam Torres e Mota, “apesar das medidas de precaução, o mau tempo ainda pode causar umidade em casos extremos, exigindo reparos e correções específicas” (2017, p. 47, Torres e Mota, Pini). Por isso, é importante contar com a orientação de um profissional qualificado para resolver a questão de forma adequada e segura.

2.5.2 Umidade por condensação

A patologia da penetração por condensação é causada pelo processo de condensação da umidade do ar em superfícies frias como paredes, tetos e pisos. Quando a humidade não está presente no ar, esta condensa-se nas superfícies frias,

formando pequenas gotas de água que acabam por penetrar nos poros da superfície, criando infiltrações.

Essa infiltração é mais comum em ambientes com alta umidade relativa, como cozinhas, banheiros e áreas de serviço. Também pode ocorrer em locais com grandes variações de temperatura, como as paredes externas de edifícios em climas frios.

Segundo Viana, "A umidade proveniente da condensação é uma das principais causas de enjôo nas edificações, levando à degradação do material, deterioração estética e problemas de saúde em ambientes mal ventilados" (et al., 2014, p. 3, Rio de Janeiro) de Janeiro: Elsevier). Os autores apontam que a condensação é mais comum em áreas com altas temperaturas e alta umidade, bem como em ambientes fechados e pouco ventilados.

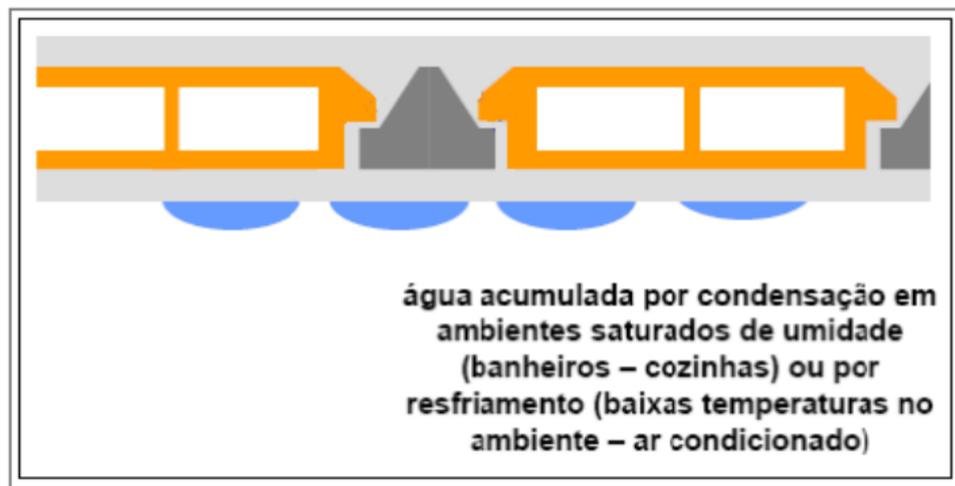


Figura 3 – Umidade por condensação

Fonte – Desenho Adriana D.B. Lage, (2012)

Segundo Barros e Amorim, para evitar a condensação, “é importante tomar medidas como ventilação adequada do ambiente, isolamento de paredes e instalação de barreiras de vapor” (2018, p. 187, ed. 2-Rio: LTC Além disso, é necessário passar o uso de exaustores e controlar a umidade relativa do ar para evitar o acúmulo de umidade em ambientes fechados como banheiros e cozinhas.



Figura 4 - Umidade por condensação em banheiro.

Fonte – CASA (2021)

No entanto, como afirmam Reis e Furtado, “corrigir a umidade por condensação pode ser complexo porque envolve múltiplos fatores, como temperatura, umidade, ventilação e materiais de construção” (Reis e Furtado, 2018, p. 84). Por isso, é importante contar com a orientação de um profissional qualificado para resolver a questão de forma adequada e segura.

Se ocorrer infiltração de condensação, a causa do problema precisa ser identificada e medidas devem ser tomadas para corrigi-lo. Isso pode incluir a instalação de sistemas de ventilação, melhoria do isolamento e aplicação de impermeabilização em superfícies experimentais.

2.5.3 Umidade ascendente por capilaridade

O aumento da humidade por capilaridade é um fenômeno que ocorre quando a água do solo é absorvida pelos materiais de construção através dos estômatos de materiais de construção como tijolo, concreto e alvenaria e ocorre quando um solo úmido penetra a superfície da alvenaria. Esse tipo de umidade pode causar uma série de problemas em edifícios, como deterioração do material, manchas, crescimento de mofo e envelhecimento e descamação do revestimento.

Segundo Lima, o aumento da umidade pelos capilares é a principal causa das doenças internas ” (Lima, 2018, p. 141). O autor destaca que a humidade ascendente é mais comum em construções mais antigas e em regiões com alto nível de água.

Gonçalves et al., espionavam que os incrementos capilares da umidade são mais comuns em edifícios mais antigos sem impermeabilização adequada ou com materiais de construção porosos” (Gonçalves et al, 2015). Os autores também apontam que a má manutenção do prédio pode agravar o problema.

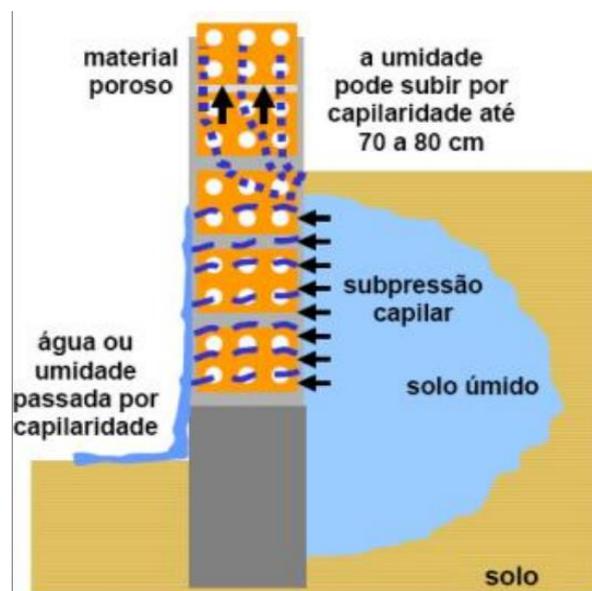


Figura 5 - Umidade ascendente por capilaridade

Fonte - Pozzobon, 2007.

Para evitar o aumento da humidade devido à capilaridade. É importante tomar medidas como a impermeabilização de estruturas de edifícios, instalação de barreiras físicas e químicas e o uso de materiais de construção com baixa absorção de água. Segundo Reis e Furtado, a solução definitiva para a humidade ascendente capilar é a instalação de um sistema de barreira física ou química que impede a humidade ascendente através da capilaridade dos materiais de construção ” (Reis e Furtado, 2020, p. 88). Porém, como destacam Lorenzi e Sarmiento, a correção da umidade capilar pode ser um processo complexo e caro, exigindo conhecimento técnico e uso de materiais específicos ” (Lorenzi e Sarmiento 2015, p. 143).

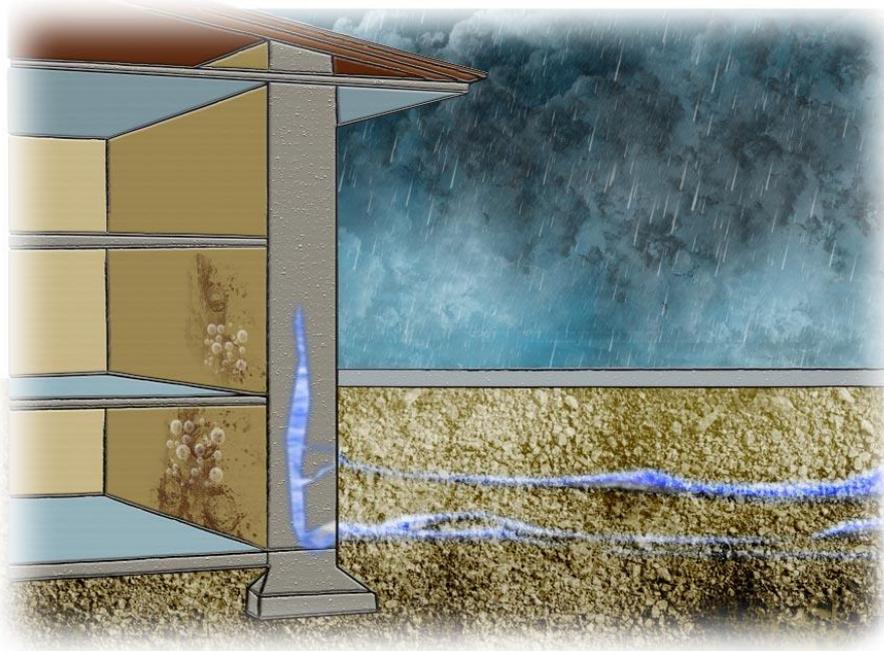


Figura 6 - Umidade Ascendente por capilaridade

Fonte – CLINKER (2020)

Para resolver este problema, Oliveira et al., afirmam o uso de técnicos de impermeabilização, como resina e sistemas de injeção química para bloquear os "estômatos capilares" (Oliveira et al 2016). Além disso, é importante fazer um diagnóstico preciso para determinar a extensão do problema e selecionar o método mais adequado para resolvê-lo.

A humidade ascendente por capilaridade é encontrada em pisos e paredes, mas é causada por vigas baldrame e instituições, e essas patologias são realizadas por impermeabilizações inadequadas ou deficientes. É mais comum em edifícios mais antigos porque não existe camada de impermeabilização no fundo da fundação ou são aplicados na construção de alvenaria materiais muito porosos como tijolos ou blocos de betão de má qualidade ou fraca impermeabilização.

Além disso, fatores como pouca ventilação, vegetação ao redor dos prédios lençol freático próximo à superfície do solo e uso de sistemas de drenagem inadequados podem agravar ainda mais o acúmulo de humidade.

Visando prevenir este tipo de patologia, é importante a utilização de materiais de qualidade e impermeabilizantes na fundação, comumente chamada de "cortina da

face externa, ou cortina da fundação", isto previne que a umidade do solo penetre os poros da fundação danificando-a e por fim infiltrando na parte interna da construção. Recomenda-se também instalar um sistema de drenagem do solo, onde os mais comuns são: Sistema de drenagem geocomposto (Macdreon) e ou sistema de drenagem com tubo dreno com manta Geotextil Bidim. Contudo é necessário estudo dos solos para pré-análise de possível camada de lençol freático a qual pode ser a causa da patologia.

2.5.4 Umidade por percolação

A umidade por percolação é um tipo de umidade que ocorre quando a água penetra na estrutura da edificação através de infiltrações, vazamentos ou problemas de drenagem. Esse tipo de umidade pode causar danos à estrutura e aos materiais de construção, além de favorecer o aparecimento de fungos e bactérias.

Segundo o dicionário Aurélio, o vocábulo percolação significa o processo de movimento da água dentro do solo. Sendo assim, parte da chuva, que cai na superfície, percola na terra e vira água subterrânea. Ao realizar essa percolação, a água termina provocando modificações em sua qualidade, uma vez que, ao cair no solo, dissolve substâncias orgânicas e inorgânicas.

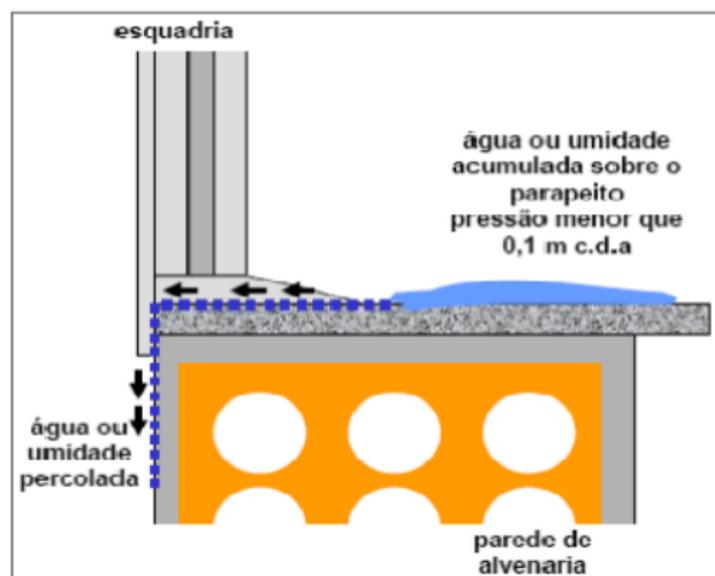


Figura 7 - Percolação em esquadria

Fonte - Pozzobon, 2007.

De acordo com Dal Molin et al. "A umidade por percolação é um dos problemas mais comuns em edificações, sendo causada por falhas na impermeabilização de elementos construtivos, como lajes, coberturas, pisos e paredes externas" (Dal Molin et al, 2015, p. 60). Os autores destacam que, além dos danos estruturais, a umidade por percolação também pode comprometer a saúde dos ocupantes, favorecendo o aparecimento de doenças respiratórias e alergias.

Para prevenir a umidade por percolação, é importante adotar medidas como a correta impermeabilização dos elementos construtivos, a realização de inspeções periódicas e a manutenção regular das instalações hidráulicas. Segundo Alencar e Lima, "A prevenção é fundamental para evitar a umidade por percolação, já que a correção do problema pode ser complexa e onerosa" Alencar e Lima (2019, p. 80).

Como apresentado por Sampaio e Tavares "Quando a umidade por percolação já está presente na edificação, é importante realizar uma investigação cuidadosa para identificar as causas e adotar as medidas corretivas adequadas" Sampaio e Tavares (2018, p. 97). Os autores ressaltam que a correção do problema deve ser feita de forma integrada, envolvendo tanto a impermeabilização quanto a drenagem e a ventilação dos espaços.

É importante ainda ressaltar que a umidade por percolação é facilmente encontrada em lâminas de água sobre determinados ambientes, tais como: terraços, empenas, fachadas e coberturas.

Para controlar a umidade por percolação, existem diversas técnicas que podem ser utilizadas. Uma delas é a instalação de sistemas de drenagem, que podem coletar e desviar a água para fora da área problemática. Outra técnica é a impermeabilização das superfícies, para evitar a penetração da água.

Além disso, a escolha do tipo de solo ou rocha a ser utilizado em construções ou em atividades agrícolas pode influenciar na ocorrência de umidade por percolação. Solos mais argilosos, por exemplo, tendem a reter mais água do que solos arenosos, o que pode aumentar o risco de percolação.

2.5.5 Umidade resultante de vazamento de redes de água e esgotos

A umidade resultante de vazamento de redes de água e esgoto é um problema que ocorre quando a água ou esgoto escapa das tubulações que levam água tratada

ou esgoto para as residências, empresas e outras construções. Essa água ou esgoto pode infiltrar-se no solo ou em outras estruturas, como paredes, pisos e tetos, causando danos e problemas como a umidade, a infiltração e o desperdício de água potável.

Um estudo realizado no Brasil pela empresa de saneamento Sabesp revelou que cerca de 10% das ocorrências de umidade em edificações são causadas por vazamentos em redes de água (Fonte: Sabesp, 2017).



Figura 8 – Vazamento de tubulação.

Fonte - <https://eficazhidraulica.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Os-transtornos-que-vazamentos-de-agua-podem-ocasionar.jpg>

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cerca de 70% dos vazamentos de água e esgoto ocorrem devido a problemas na instalação das tubulações, incluindo conexões mal vedadas, instalação inadequada e desgaste dos materiais. Esses problemas podem levar à formação de fissuras e rachaduras nas

tubulações, permitindo que a água ou o esgoto vazem para o solo ou para as estruturas das edificações.

Segundo Carvalho e Helene, “As principais causas de umidade em edificações são problemas na instalação das tubulações de água e esgoto, incluindo conexões mal vedadas, instalação inadequada e desgaste dos materiais”. (Roberto de Carvalho Júnior e Paulo Helene, p. 112).

Ainda mais, Facchinetti diz que “As causas dos vazamentos em redes de água incluem a corrosão das tubulações, mau dimensionamento das tubulações e pressão excessiva na rede de água”. (Kleber Facchinetti, p.189, Ambiente Construído).

3 PATOLOGIAS ASSOCIADAS A UMIDADE

A umidade em edificações pode causar uma série de patologias, como o aparecimento de mofo e fungos, eflorescência, deslocamento de revestimentos, corrosão de estruturas metálicas, fissuras e deterioração de materiais de construção. Essas patologias podem afetar a estabilidade e a segurança da edificação, além de serem visualmente desagradáveis e causar problemas respiratórios e alérgicos em pessoas sensíveis.

Segundo autores, "As patologias mais comuns causadas pela umidade são a eflorescência, a deterioração de revestimentos, a corrosão de estruturas metálicas, o aparecimento de mofo e fungos e a formação de fissuras nas paredes" (Gonçalves e Cardoso, 2014, p. 129).

Já de acordo com Ferraz (2016, p. 37), "as principais manifestações patológicas causadas por infiltrações, que podem ser encontradas em residências, são:

- Manchas e goteiras;
- Mofos e bolores;
- Eflorescências;
- Degradação de pinturas e revestimentos;
- Corrosão da armadura”;

“Um levantamento realizado pelo IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas) constatou que 58% dos problemas patológicos de edifícios com um a quatro anos de idade são relativos à umidade. ” (Estanqueidade de fachadas à água de chuva, 2006).

3.1 Manchas e goteiras

A patologia de goteiras e manchas é um problema comum em edificações que ocorre quando há infiltrações de água no interior da construção, causando danos estruturais e estéticos. As goteiras são caracterizadas por pequenas gotas de água que caem de pontos específicos do teto ou da cobertura, enquanto as manchas de umidade são áreas escuras e úmidas que aparecem nas paredes, tetos e pisos. Essas manifestações patológicas podem indicar problemas na impermeabilização, nas instalações hidráulicas, na estrutura ou na vedação das aberturas. É importante ressaltar que, se não tratadas corretamente, as goteiras e manchas podem levar a problemas mais graves, como corrosão de armaduras, descolamento de revestimentos e até mesmo comprometimento da segurança da edificação.

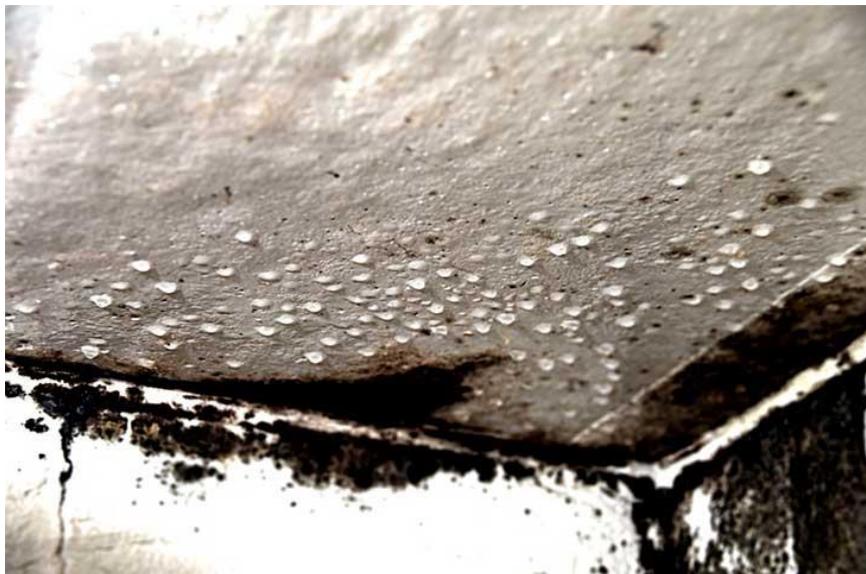


Figura 9 – Goteiras em teto de residência.

Fonte – RVINFO (2020)

Autores destacam que "a presença de manchas de umidade e goteiras é um sinal de alerta para a necessidade de intervenção imediata na edificação, visando garantir a integridade da estrutura e a saúde dos ocupantes". SANTOS et al. (2016, p. 45).

3.2 Mofos e bolores

Mofos e bolores são fungos que crescem em ambientes úmidos e mal ventilados, geralmente associados a problemas de umidade em edificações. Segundo NBR 15575-3 (2013), os mofos e bolores são considerados manifestações patológicas que podem afetar a saúde dos ocupantes da edificação e causar danos estéticos e materiais.

De acordo com Beltrão (2018, p. 74), "os mofos são fungos que crescem em superfícies úmidas, mal ventiladas e escuras. Eles se alimentam de materiais orgânicos e liberam esporos no ar, podendo causar alergias e problemas respiratórios". Já os bolores, segundo o mesmo autor (2018, p. 75), "são um tipo de fungo que cresce em superfícies úmidas e pode se alimentar de uma variedade de materiais, incluindo tecidos, couro, papel, madeira e até mesmo plástico".



Figura 10 – Mofo e Bolor em parede.

Fonte – PRIMOS (2018)

É importante destacar que os mofos e bolores podem ser prejudiciais à saúde humana, especialmente para pessoas com alergias ou problemas respiratórios. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a exposição prolongada a esses fungos pode causar sintomas como irritação nos olhos, nariz e garganta, tosse,

espirros, falta de ar e até mesmo infecções respiratórias graves (OMS, 2009). Além disso, os mofo e bolores também podem causar danos materiais, como manchas em paredes, tetos e móveis, além de degradar materiais orgânicos como madeira e papel (BELTRÃO, 2018).

3.3 Eflorescências

Segundo Bauer, "a eflorescência é um depósito de sais solúveis que se formam na superfície dos materiais de construção, principalmente em alvenarias, revestimentos, argamassas e concretos". (Falcão Bauer, 2017, p.1-2). Esses sais solúveis, geralmente compostos de sulfatos, nitratos e carbonatos, são trazidos para a superfície por meio da água presente na estrutura, seja por infiltrações, vazamentos ou condensação. A eflorescência aparece na forma de manchas brancas e, além de comprometer a estética da construção, pode indicar um problema estrutural mais grave.

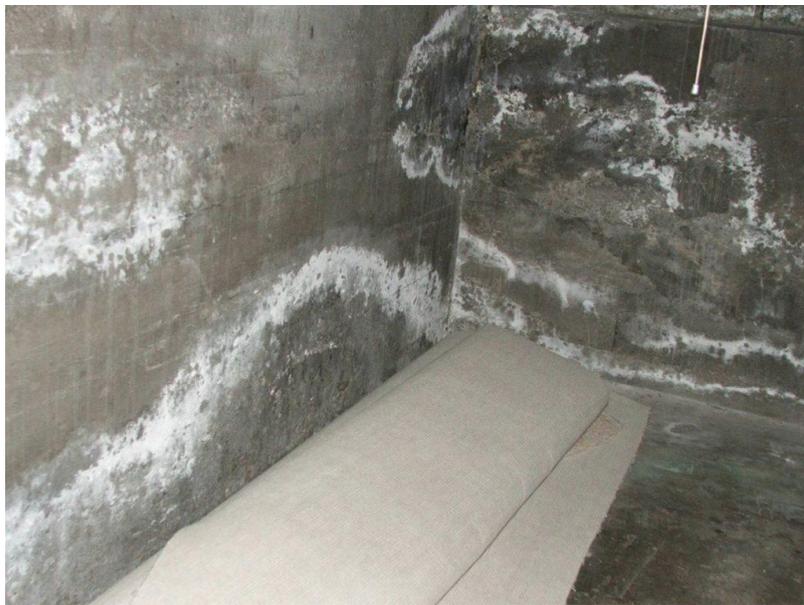


Figura 11 – Eflorescência na fundação em um porão.

Fonte – Charles Buell (2010) Consultoria LLC

Ademais Bauer destaca que “o tratamento da eflorescência na construção civil pode ser realizado por remoção mecânica, limpeza química, selamento da superfície ou tratamento da causa. É importante tomar precauções para não danificar a

superfície e seguir as instruções do fabricante. O tratamento da causa é fundamental para prevenir a recorrência da eflorescência”. (Falcão Bauer, 2017, p. 6).

3.4 Degradação de pinturas e revestimentos

Segundo Cunha (2007, p. 80), a degradação de pinturas e revestimentos é um processo que "ocorre quando os materiais sofrem danos, deterioração ou perda de suas propriedades ao longo do tempo, comprometendo não apenas a estética dos materiais, mas também a sua função de proteção e durabilidade". O autor ainda destaca que essa degradação pode ser causada por diversos fatores, como ação de agentes químicos, umidade, variações de temperatura, falta de manutenção adequada, entre outros.

Em relação às manifestações da degradação de pinturas e revestimentos, o autor aponta que ela pode se manifestar de diferentes formas, tais como descascamento, trincas, descoloração, perda de aderência, surgimento de manchas, desgaste superficial, entre outros (CUNHA, 2007, p. 80).



Figura 12 – Trinca em Revestimento e Degradação de Pintura.

Fonte – INSTITUTO DE ENGENHARIA (2020); FLICKL (2007)

Para o tratamento da degradação de pinturas e revestimentos, é necessário realizar a remoção das camadas danificadas, preparação adequada da superfície e aplicação de novos revestimentos ou pinturas, de acordo com as recomendações dos fabricantes e técnicas apropriadas para cada tipo de material (CUNHA, 2007, p. 81).

3.5 Corrosão de armadura

A corrosão de armadura é uma patologia comum em estruturas de concreto armado, causada pela exposição do aço às condições ambientais desfavoráveis, tais como umidade, presença de substâncias químicas agressivas e variações de temperatura. Segundo Meira e Helene (2003, p. 132), a corrosão da armadura é "o processo de deterioração do aço que compõe a armadura de uma estrutura de concreto, que ocorre em virtude da interação do aço com o meio ambiente".

A corrosão das armaduras ocorre principalmente devido à presença de umidade e oxigênio, que reagem com o aço, formando óxidos de ferro conhecidos como ferrugem. A presença de água é essencial para iniciar o processo de corrosão, enquanto o oxigênio acelera o processo.



Figura 13 – Corrosão de armadura.

Fonte – MY ARCH (2018)

A corrosão de armadura pode causar diferentes danos à estrutura, como perda de seção transversal do aço, fissuras no concreto, deslocamento do cobrimento, redução da capacidade portante e, em casos extremos, colapso estrutural. É importante destacar que a presença de corrosão na armadura não é facilmente

detectável, sendo necessário realizar inspeções e ensaios específicos para avaliar a extensão do dano (MEIRA; HELENE, 2003, p. 132-133).

O tratamento da corrosão de armadura envolve a remoção das camadas de concreto deterioradas, limpeza e tratamento do aço corroído, aplicação de inibidores de corrosão e, em alguns casos, substituição total ou parcial da armadura danificada (MEIRA; HELENE, 2003, p. 134-136).

3.5.1 Fatores que podem contribuir para a corrosão das armaduras

Diversos fatores ajudam para a corrosão de armaduras dentre os quais são possíveis destacar a:

- **Exposição a ambientes agressivos:** Ambientes com alta umidade, presença de substâncias corrosivas como cloretos, sulfatos ou ácidos, exposição a gases industriais ou marítimos podem acelerar o processo de corrosão das armaduras.

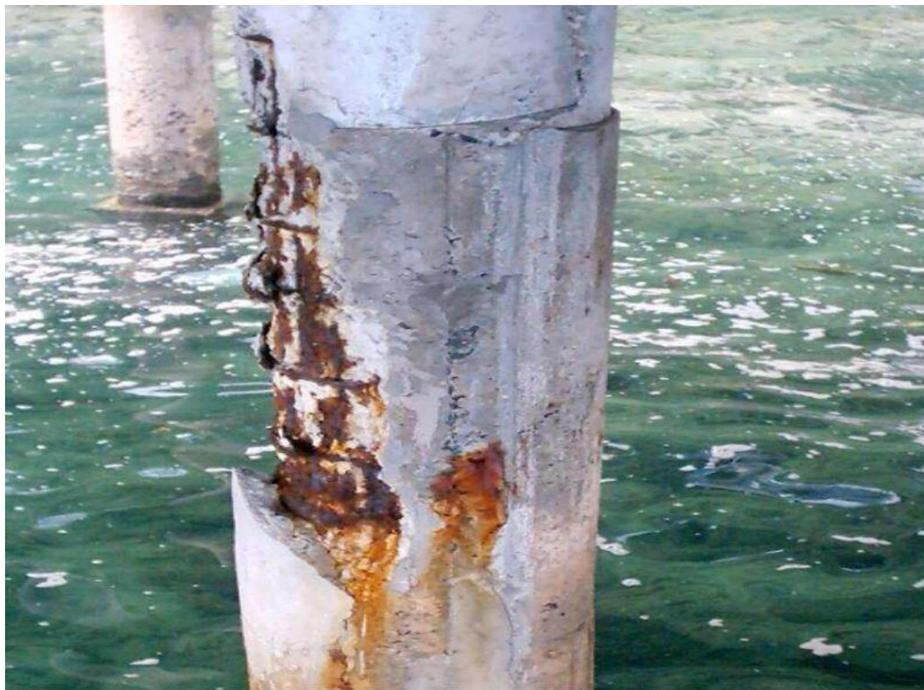


Figura 14 – Pilar de uma construção na praia.

Fonte - Axfiber Desenvolvimento em compósitos (2017)

- **Carbonatação:** A carbonatação é um processo em que o dióxido de carbono presente no ar reage com a hidroxila (OH-) do concreto, formando carbonato de cálcio. Esse processo reduz o pH do concreto e diminui a sua alcalinidade, o que pode levar à corrosão das armaduras.

Para que a carbonatação aconteça, três fatores precisam estar dentro do concreto. São eles: umidade, gás carbônico e oxigênio. O processo de carbonatação do concreto ocorre da seguinte forma:

- 1 - H₂O entra nos poros do concreto pelas fissuras;
- 2 - Forma-se uma fina camada de água;
- 3 - A água dissolve o Ca formando Ca(OH)₂;
- 4 - CO₂ entra no poro pelas fissuras;
- 5 - CO₂ reage com H₂O, formando H₂CO₃ (ácido carbônico);
- 6 - H₂CO₃ reage com o Ca(OH)₂ formando CaCO₃ (cristais);
- 7 - O consumo de Ca diminui o pH do concreto, deixando o aço exposto à corrosão.



Figura 15 – Corrosão da armadura por carbonatação.

Fonte - Grupo Tecnosil 2022

- **Cobrimento inadequado:** O cobrimento é a camada de concreto que protege as armaduras contra a exposição direta ao ambiente. Se o cobrimento for insuficiente ou não estiver de acordo com as especificações de projeto, as armaduras ficam mais suscetíveis à corrosão.

Para compreensão da relação de agressividade ambiental e o cobrimento nominal, a ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento de 2014 dispõe da seguinte tabela:

Quadro 2 – Tabela de correspondência entre a classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal.

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta C = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte – ABNT NBR 6118

- **Defeitos de construção:** Falhas durante o processo de construção, como segregação do concreto, falhas na compactação, má colocação das armaduras ou presença de vazios no concreto, podem criar locais propícios para a penetração de água e agentes corrosivos, acelerando o processo de corrosão.
- **Eletrólise:** Em casos de contato direto entre diferentes metais, como aço das armaduras e elementos metálicos dissimilares (por exemplo, alumínio, cobre) em presença de um eletrólito (como a umidade do concreto), podem ocorrer reações eletroquímicas que aceleram a corrosão.
- **Falta de manutenção:** A ausência de uma rotina de inspeção e manutenção adequada das estruturas pode permitir a deterioração gradual do concreto e a

exposição das armaduras a fatores corrosivos, acelerando o processo de corrosão.

A combinação desses fatores pode levar à deterioração das armaduras e comprometer a integridade estrutural das construções de concreto armado. Portanto, é fundamental adotar medidas de proteção, como o uso de concretos de qualidade, aplicação de revestimento adequado, controle de qualidade durante a construção, uso de revestimentos protetores e manutenção regular, a fim de prevenir a corrosão das armaduras e garantir a durabilidade das estruturas.

3.5.2 Técnicas de recuperação de estruturas

- **Remoção e substituição:** Nessa técnica, as áreas corroídas ou danificadas da armadura são completamente removidas e substituídas por novas barras de aço. Esse método é comumente usado quando a corrosão é extensa ou quando as barras de aço estão severamente comprometidas.
- **Proteção catódica:** A proteção catódica envolve a aplicação de uma corrente elétrica controlada para proteger as armaduras contra a corrosão. Isso é feito conectando uma fonte de corrente contínua às armaduras e utilizando ânodos de sacrifício ou ânodos de corrente impressa para fornecer proteção catódica às armaduras.
- **Reforço com fibras de carbono:** Como mencionado anteriormente, a fibra de carbono também pode ser usada para reforçar as armaduras. Nessa técnica, mantas, tecidos ou laminados de fibra de carbono são aplicados nas áreas danificadas, proporcionando uma camada de reforço que aumenta a capacidade de carga e evita a propagação de fissuras.
- **Revestimento protetor:** O uso de revestimentos protetores, como epóxi ou polímeros especiais, é outra técnica comum para recuperar as armaduras. Esses revestimentos ajudam a proteger as armaduras contra a exposição direta a agentes corrosivos e fornecem uma barreira de proteção.
- **Injeção de produtos químicos:** Em alguns casos, a injeção de produtos químicos pode ser usada para reparar as armaduras. Isso envolve a injeção de substâncias como resinas epóxi ou materiais cimentícios nos espaços vazios causados pela corrosão, preenchendo-os e restaurando a integridade das armaduras.

É importante ressaltar que a escolha da técnica de recuperação depende do tipo e extensão do dano nas armaduras, das condições da estrutura e dos requisitos específicos do projeto. É recomendado que a avaliação e o projeto sejam realizados por profissionais especializados em engenharia de estruturas para garantir a eficácia e a segurança da recuperação das armaduras.

4 CONCLUSÃO

Em resumo, este trabalho de conclusão de curso buscou investigar e analisar o tema do estudo, considerando os principais pontos discutidos. Através da revisão da literatura, coleta e análise de dados, foram obtidos resultados que destacaram a importância e as tendências relacionadas ao tema. O estudo identificou limitações e sugeriu oportunidades para pesquisas futuras. O trabalho contribuiu com insights relevantes para a academia e para a aplicação prática, fornecendo recomendações e abrindo espaço para a continuidade das pesquisas na área. Espera-se que esse estudo inspire outros pesquisadores a expandir o conhecimento sobre o tema e aprofundar-se nas questões em aberto.

REFERÊNCIAS

- SILVA, M. F. (2011). **A Patologia das construções**. Fórum da Construção. Edição 174. Disponível em:
<https://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=32&Cod=810>. Acesso em 11 de maio de 2023.
- AFONSO VITÓRIO. (2003). **Uma introdução à história da arquitetura**. Editora da Universidade de Brasília.
- VERÇOZA, E. J. (1991). **Patologia das construções**. Edgard Blücher.
- NAPP, P. F. (1995). **Estanqueidade de edificações**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CECHINEL, C. L., FIGUEIREDO, A. D., MELO, R. F., & SILVEIRA, V. L. (2005). **Patologias causadas por umidade em edificações: identificação e tratamento**. Artigo publicado na Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, 5(1), 65-78.
- GOUVÊA, M. A. R. **Patologia em edificações: causas, consequências e prevenção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2019.
- ROCHA, M. **Patologia das construções: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- TORRES, L. M.; MOTA, L. P. **Patologia das construções: conceitos, procedimentos e técnicas de intervenção**. São Paulo: Pini, 2017.
- VIANA, D. A. et al. **Prevenção de Patologias em Edificações: Fundamentos, Análises e Recomendações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- BARROS, A. B.; AMORIM, M. C. P. **Prevenção de Patologias em Edifícios**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- REIS, A. P. B. DOS, & FURTADO, A. T. (2018). **Avaliação da umidade em edificações residenciais**: Estudo de caso em Belém-PA. Revista ENIAC Pesquisa, 7(2), 79-92. Disponível em:
<https://revistaeniac.com.br/index.php/RevistaENIAC/article/view/135>
- LIMA, J. S. **Patologias construtivas: causas, consequências e prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

REIS, G. G.; FURTADO, J. M. **Patologia das Construções**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

LORENZI, M. C.; SARMENTO, M. V. M. **Patologia das Construções: Materiais, Técnicas Construtivas e Patologias**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2015.

GONÇALVES, D. C., OLIVEIRA, M. A. S., & CUNHA, V. M. C. F. (2015). **Patologias em revestimentos argamassados de fachadas de edifícios residenciais**. Revista de engenharia e tecnologia, 7(2), 1-14.

OLIVEIRA, B. F.; DUTRA, J. C.; SANTOS, L. J.; FERREIRA, S. M. **Diagnóstico e recuperação de estruturas com patologias de umidade**. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG, 5., 2016, Goiânia. Anais eletrônicos [...]. Goiânia: UFG, 2016. p. 1-5.

DAL MOLIN, D. C. C. et al. **Patologia e recuperação de estruturas de concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALENCAR, M. A.; LIMA, M. L. **Patologia das construções: diagnóstico, prevenção e recuperação**. São Paulo: Atlas, 2019.

SAMPAIO, J. A.; TAVARES, R. A. **Manual de patologia e terapia das construções**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CARVALHO JÚNIOR, R. DE, & HELENE, P. (2017). **Patologia das Construções: Identificação, Diagnóstico e Soluções**. Pini.

FACCHINETTI, K. (2013). **Sistemas prediais de água e esgoto**. Ambiente Construído, 13(4), 187-200. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212013000400012>

GONÇALVES, A. F., & CARDOSO, F. G. (2014). **Análise das patologias construtivas em edifícios residenciais**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, 4(7), 127-138.

FERRAZ, V. C. G. **Patologia das Construções**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

SANTOS, L. et al. **Diagnóstico das Patologias da Construção**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2016.

NBR 15575-3. Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 3: **Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas** - SVVIE. ABNT, 2013.

BELTRÃO, R. D. V. **Patologia das construções: manifestações patológicas em edificações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Guidelines for indoor air quality: dampness and mould**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2009.

FALCÃO BAUER. (2017). **Eflorescência**. Disponível em:

[https://falcaobauer.com.br/wp-](https://falcaobauer.com.br/wp-content/uploads/2017/06/INFORME_TECNICO_EFLORESCENCIAS_02_2017.pdf)

[content/uploads/2017/06/INFORME_TECNICO_EFLORESCENCIAS_02_2017.pdf](https://falcaobauer.com.br/wp-content/uploads/2017/06/INFORME_TECNICO_EFLORESCENCIAS_02_2017.pdf).

Acesso em: 10 mai. 2023.

CUNHA, J. A. da. **A patologia das construções e suas manifestações**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MEIRA, G. R.; HELENE, P. R. L. **Corrosão em estruturas de concreto armado**. São Paulo: Pini, 2003.