

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – *CAMPUS* AVANÇADO PIUMHI
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

André Henrique Garcia Silva

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCORRIDAS POR INFILTRAÇÕES:
prevenção e métodos de correção**

Piumhi
2023

ANDRÉ HENRIQUE GARCIA SILVA

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCORRIDAS POR INFILTRAÇÕES:
prevenção e métodos de correção**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Júnior Henrique Canaval.

Piumhi

2023

S586m Silva, André Henrique Garcia.

Manifestações patológicas ocorridas por infiltrações :
prevenção e métodos de correção [manuscrito] / André
Henrique Garcia Silva. – 2023.

75 f. : il. color.

Orientador: Júnior Henrique Canaval.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto
Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2023.

1. Construção civil - patologia. 2. Impermeabilização -
projetos. 3. Impermeabilização - sistemas. I. Canaval, Júnior
Henrique. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus*
Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 690.24

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Avançado Piumhi
Diretoria de Ensino
Docentes Campus Avançado Piumhi
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

André Henrique Garcia Silva

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCORRIDAS POR INFILTRAÇÕES: PREVENÇÃO E MÉTODOS DE CORREÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Avançado Piumhi*, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 11/01/2023, pela banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Piumhi, 11 de janeiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Junior Henrique Canaval, Professor**, em 18/01/2023, às 19:11, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Vinicius Barbosa de Paiva, Professor**, em 19/01/2023, às 19:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Dayana Keitty Carmo Gonçalves, Fiscal de Contrato Substituto(a)**, em 20/01/2023, às 10:22, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoes> informando o código verificador **1425268** e o código CRC **148C3C9B**.

Dedico este trabalho a Deus, a minha família, minha esposa e meu filho.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar esse trabalho de conclusão de curso, a Deus, que em sua infinita bondade, amor e compaixão sempre me deu forças para vencer cada obstáculo, me guiou e me guardou em todos os momentos, sem Ele e sem a sua presença nada seria possível.

Quero agradecer também a toda minha família, meus tios, avós e primos, ao meu irmão Mateus que sempre me incentivou e apoiou, aos meus pais, Antônio e Telma, que não mediram esforços para me proporcionar todo apoio até aqui, sempre andando ao meu lado, obrigado por tudo.

Em especial a minha esposa, melhor amiga e companheira Kételin, que sempre esteve ao meu lado, em todos os momentos e todas as estações. Ela sempre foi a minha maior incentivadora e ajudadora, esteve a todo momento me cobrando e apoiando, sem ela provavelmente essa, e outras, conquistas não seriam possíveis.

E, também, a todos meus amigos e colegas de turma que de alguma forma me ajudaram durante esse período de graduação. Aos meus amigos da vida que sempre de alguma forma me apoiaram e me incentivaram, em especial ao Wagner e ao Fabrício, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Aos meus professores do Instituto Federal de Minas Gerais, em especial ao meu orientador, (pai) Prof. Me. Júnior Henrique Canaval, pelos ensinamentos dentro e fora da classe, pela paciência e incentivo. Obrigado por se tornar mais que um professor, por ser um amigo para a vida.

E por último ao meu melhor amigo e filho, Enrico, que me ensinou o verdadeiro sentido da vida, um amor sem medidas.

“O justo viverá pela fé”

Hebreus 10:38

RESUMO

A impermeabilização é uma fase importante durante o processo de construção de uma edificação, pois é ela quem garante a minimização dos riscos de danos ligados à umidade e a penetração da água na edificação. Entretanto, essa etapa tem sido, em muitos casos, ignorada durante o processo resultando no aparecimento de manifestações patológicas ocasionadas por infiltrações. Esse estudo apresenta uma análise de quatro casos de problemas em edificações em decorrência de infiltrações, com suas respectivas correções. De forma a esclarecer melhor o assunto, realizou-se inicialmente um estudo sobre a origem e as causas das infiltrações bem como as medidas de prevenção aplicáveis.

Palavras-chave: manifestações patológicas; sistemas de impermeabilização; projeto de impermeabilização;

ABSTRACT

Waterproofing is an extremely important stage in the construction process of a building, as it reduces the risk of moisture and water penetration damage in the building. However, this stage has been constantly ignored resulting on the appearance of pathology. This study presents an analysis of four different cases of infiltration pathology, with their respective corrections. In order to better clarify the subject, a study was initially conducted on the origin and causes of infiltration as well as the types of prevention and materials most commonly used in the waterproofing process.

Keywords: pathology of infiltration; waterproofing systems; waterproofing Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais efeitos de problemas de impermeabilização.	23
Figura 2 - Eflorescência em piscina.	24
Figura 3 - Eflorescência em pisos.	24
Figura 4 - Corrosão da armadura em pilar.....	26
Figura 5 - Exemplo de fissuras em alvenaria com maior contato com a água.	27
Figura 6 - Fissuras provocadas por expansão vertical.	28
Figura 7 - Fissura decorrente da umidade do solo.	28
Figura 8 - Ilustração de uma fissura em uma laje devida aos movimentos térmicos.	29
Figura 9 - Movimentação em laje de cobertura sob ação da elevação da temperatura.	30
Figura 10 - Fissura em parede externa causada pela retração da laje de cobertura.	30
Figura 11 - Trincas na alvenaria de vedação devido a deformação excessiva dos elementos estruturais.	31
Figura 12 - Trinca de cisalhamento no painel causada por recalque diferencial.	31
Figura 13 - Fatores que causam recalques diferenciais em fundações.	32
Figura 14 - Propagação de trincas causadas por recalque diferencial.	32
Figura 15 - Fissuras no concreto por retração hidráulica.	33
Figura 16 - Ninhos no concreto.	34
Figura 17 - Fases da instalação da corrosão em uma barra de armadura.....	35
Figura 18 - Execução de membrana de asfalto a frio.	42
Figura 19 - Aplicação de membrana asfáltica a frio.	42
Figura 20 - Execução de membrana de asfalto a quente.	43
Figura 21 - Solda em manta de PVC com equipamento automático.	45
Figura 22 - Solda em manta de PVC com equipamento manual.	45
Figura 23 - Fixação automática com parafusos e arruelas especiais.	46
Figura 24 - Ilustração da forma de aplicação de manta asfáltica.	48
Figura 25 - Aplicação de membrana acrílica.	48
Figura 26 - Aplicação de argamassa polimérica 1.	50
Figura 27 - Aplicação de argamassa polimérica 2.	51
Figura 28 - Preparação da argamassa com aditivo hidrófugo.	52
Figura 29 - Aplicação de cristalizante em forma de pintura.	52
Figura 30 - Aplicação de Resina Epóxi.....	54

Figura 31 - Infiltração em laje.....	56
Figura 32 - Trinca aberta, após remoção da cerâmica.	56
Figura 33 - Infiltração no forro de gesso.....	58
Figura 34 - Infiltração no forro.	58
Figura 35 - Manta asfáltica com água empoçada.....	59
Figura 36 - Infiltração em parede de muro de arrimo.....	60
Figura 37 - Infiltração em parede de muro de arrimo.....	61
Figura 38 - Retirada do porcelanato.	63
Figura 39 - Área preenchida com graute, pronta para aplicar a nova impermeabilização.	64
Figura 40 - Reparo sendo realizado no revestimento do teto.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Possibilidades de origens da umidade.....	19
Tabela 2 - Tipos de impermeabilização rígidas e flexíveis.	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Polipropileno Atático
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização
NBR	Norma Técnica Brasileira
SBS	Estireno-Butadieno-Estireno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1 Umidade	19
3.2 Origem das manifestações patológicas	20
3.3 Causas das infiltrações	22
3.4 Patologias	23
3.4.1 Eflorescência	23
3.4.2 Corrosão Das Armaduras.....	25
3.4.3 Carbonatação do concreto.....	26
3.4.4 Trincas e fissuras	27
3.4.5 Retração Térmica	29
3.4.6 Deformação excessiva do concreto armado	30
3.4.7 Recalques Diferenciais	31
3.4.7 Retração Hidráulica	33
3.4.8 Ninhos e falhas de concretagem.....	33
3.4.9 Cobrimento das armaduras.....	34
3.4 Prevenção	35
3.4.1 Projeto De Impermeabilização	36
3.4.2 Controle De Qualidade Dos Impermeabilizantes.....	39
3.5 Sistemas impermeabilizantes	39
3.5.1.2 Membranas de Poliuretano	44
3.5.1.3 Mantas de PVC.....	44
3.5.1.4 Mantas Asfálticas	46

3.5.1.5 Membrana Acrílica	48
3.5.2 Sistemas rígidos	49
3.5.2.1 Argamassa polimérica.....	49
3.5.2.2 Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo	51
3.5.2.3 Aditivos cristalizantes	52
3.5.2.4 Resina epóxi	53
4 ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS	55
4.1 Diagnóstico dos Casos	55
4.1.1 Caso I - Lajes de Cobertura	55
4.1.2 Caso II - Laje sem impermeabilização	57
4.1.3 Caso III - Laje impermeabilizada com manta asfáltica	59
4.1.4 Caso IV - Infiltração em parede de arrimo.....	60
4.2 Propostas e métodos corretivos aplicados.....	61
4.2.1 Caso I - Lajes de cobertura.....	62
4.2.2 Caso II - Laje sem impermeabilizante	64
4.2.3 Caso III - Laje impermeabilizada com manta asfáltica	65
4.2.4 Caso IV - Infiltração Em Parede De Arrimo.....	66
5. CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

O termo Patologia possui origem grega, páthos (doença) e lógos (estudo), e é amplamente utilizado em diversas áreas como as Ciências Biológicas (SILVA, 2011). Apesar de ser um termo oriundo da medicina, ele é bastante utilizado na Engenharia Civil. De acordo com o dicionário Michaelis, patologia é “a ciência que estuda todos os aspectos da doença, com especial atenção à origem, aos sintomas e ao desenvolvimento das condições orgânicas anormais e suas consequências”. E foi exatamente dessa forma que a Engenharia Civil criou um vínculo com o termo utilizado na medicina, fazendo comparações do corpo humano com as estruturas de uma edificação e concatenando diversas afinidades entre ambos. Enquanto médicos estudam doenças nos seres humanos, os engenheiros estudam as “doenças” das edificações (SILVA, 2011).

Devido à má execução de projetos, a falta de preparo dos profissionais e a não preocupação com os fatores naturais, ocorrem diversos erros em algumas edificações, que podem ocasionar infiltrações, gerando problemas de diversas formas: tanto em relação às pessoas que habitam o local e/ou quanto a estrutura física do próprio ambiente (RODRIGUES *et al.*, 2016). Além disso, um imóvel é planejado e construído com o intuito de atender seus usuários por um longo período de tempo. Para isso, é essencial que se pratique constantemente a manutenção preventiva. Infelizmente, essa prática ainda não é bastante difundida no Brasil, ou seja, tratando-se de imóveis, poucos são os usuários que realizam a manutenção preventiva adequadamente, como fazem por exemplo com os automóveis (CASTRO, 2007). A manutenção preventiva é a combinação de todas as ações técnico-administrativas realizadas com o objetivo de preservar ou restaurar uma edificação para que esta desempenhe satisfatoriamente a função para a qual foi planejada (PEDROSO, 2002 *apud* SALERMO, 2005).

É sabido que a presença de água em construções pode acarretar algumas complicações. As infiltrações deixam o ambiente insalubre aumentando o nível de umidade, sendo que em alguns casos, pode-se observar a presença de agentes nocivos à saúde que desencadeiam doenças respiratórias, corrosão das armaduras além de diminuir consideravelmente a vida útil da edificação.

O processo de impermeabilização das estruturas de uma edificação é fundamental para garantir baixos índices de umidade na edificação. A garantia da

estanqueidade é exigida por norma, de acordo com o IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização):

Se impermeabilizar já era uma etapa importante, a entrada em vigor da NBR 15.575 - Norma de Desempenho para Edificações Habitacionais de até Cinco Pavimentos, em 2013, tornou essa proteção indispensável. A nova norma exige durabilidade dos sistemas construtivos, a garantia de conforto dos usuários e a manutenibilidade da edificação. Negligenciar a impermeabilização tem como resultado a infiltração num primeiro instante, seguida de uma série de consequências patológicas sérias [...], além da corrosão de armaduras. Tudo isso implica em altos custos de manutenção e recuperação.

Sabe-se dos danos causados pelas infiltrações, tanto nas estruturas da obra quanto para as pessoas que habitam na edificação, e é de suma importância aprofundar e discutir sobre esta manifestação patológica, descobrindo suas causas, sugerindo e aplicando soluções eficazes (SOUZA, 2008).

Após descobrir a origem do problema é necessário analisar e escolher a solução mais viável para cada caso. Vale salientar que os problemas que levam às infiltrações não são somente ligados à impermeabilização. Cada experiência é um aprendizado para que no futuro os mesmos problemas possam ser evitados (SOUZA, 2008).

Estudar as patologias nas construções é extremamente importante quando se busca qualidade nos processos construtivos e melhorias da habitabilidade e durabilidade das edificações. A fim de evitar o surgimento de manifestações patológicas, é necessário realizar um estudo detalhado das suas origens para um melhor entendimento do fenômeno e auxílio nas decisões de definição de conduta e planos de ação contra os problemas (NAZARIO; ZACAN, 2011).

A metodologia deste trabalho será embasada em estudos de casos com observação *in loco*, dossiê fotográfico com caracterização das patologias e seu grau de incidência. Além de apresentar os métodos corretivos apropriados para solucionar cada caso estudado.

Ademais, será realizada uma revisão bibliográfica sobre as manifestações patológicas relativas à umidades e infiltrações.

A pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências publicadas em artigos, livros, dissertações e teses. Pode ser realizada independentemente ou como parte da pesquisa descritiva ou experimental. Em ambos os casos, busca-se conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas do passado sobre determinado assunto, tema ou problema (CERVO; BERVIAN, 2005, p. 60).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fazer um estudo dos problemas de umidade e infiltrações em edificações residenciais na cidade de Capitólio - MG, relacionados principalmente à ausência ou impermeabilização incorreta, apresentando uma proposta de correção do problema para cada caso analisado.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar um estudo sobre os tipos de sistemas de impermeabilização que são empregados na construção civil;
- Identificar as formas de infiltração, as manifestações patológicas geradas por elas e os métodos corretivos para solucioná-las de forma geral;
- Aplicar um estudo sobre casos de infiltrações e umidades em construções na cidade de Capitólio - MG;
- Apresentar soluções práticas como forma de correção dos casos estudados, aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Umidade

A água é um dos agentes que causam maiores transtornos nas obras de construção civil, seja de forma direta ou indireta, ela pode provocar complicações desde a fundação até ao acabamento. Além disso, ela também pode ser um agente propulsor que oportuniza condições favoráveis para o aparecimento e instalação de microrganismos indesejados.

Segundo Verçoza (1991) a umidade não é apenas uma causa de manifestações patológicas, ela também age como um fator intermediário para ocorrência de diversos outros problemas na construção civil. A partir dela desencadeiam-se eflorescências, ferrugens, bolores, mofo, dano em pinturas e rebocos e até acidentes estruturais, sendo esses problemas passíveis de ocorrer em diversos locais da construção, tais como paredes, pisos, fachadas, elementos de concreto armado, entre outros. Frequentemente eles não estão relacionados à uma causa restrita. Os defeitos mais constantes na construção civil, são aqueles vindos da penetração de água ou devido à formação de manchas de umidade.

Além de envolver soluções complexas, essas falhas produzem graves problemas, como: prejuízos funcionais da edificação, prejuízos financeiros, danos a equipamentos e bens presentes nos interiores das edificações, comprometimento da saúde dos moradores.

A umidade pode ter múltiplas origens, e seu aparecimento nas construções são, segundo Verçoza (1991) as apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Possibilidades de origens da umidade.

ORIGEM	DESCRIÇÃO	PRESENTE NA
Umidade proveniente da execução da construção	É a umidade decorrente da execução da construção, que durante a obra ela é necessária, mas que após cerca de seis meses tende a desaparecer.	Confecção do concreto; Confecção de argamassas; Execução de pinturas;
Trazidas por capilaridade	É quando a água, sem encontrar obstáculos, avança do solo úmido para a	Terra, através do lençol freático.

	construção por meio da diferença de pressão.	
Resultantes de vazamentos em redes hidráulicas	É quando a umidade é devido a vazamentos nas redes de água e/ou esgoto.	Paredes; Telhados; Pisos; Terraços.
Condensação	É a umidade que já se encontra no ambiente e se deposita na superfície da estrutura e não está mais infiltrada.	Paredes; Forros e pisos; Peças com pouca ventilação; Banheiros, cozinha e garagens.
Umidade oriunda das chuvas	A chuva é o agente mais comum para gerar umidade, tendo fatores importantes como a direção e a velocidade do vento, a intensidade da precipitação, a umidade do ar e fatores da própria construção (impermeabilização, porosidade de elementos de revestimentos, sistemas precários de escoamento de água, dentre outros). Este tipo de umidade pode ocorrer ou não com as chuvas.	Cobertura (telhados); Paredes; Lajes de terraços;

Fonte: Verçoza, 1991.

Lichtenstein (1986) diz que a umidade nas construções é uma das manifestações patológicas da construção civil mais trabalhosas de serem resolvidas e isto se deve à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas, pois somente nos últimos trinta anos o homem começou a estudar sistematicamente o assunto.

3.2 Origem das manifestações patológicas

De acordo com Souza (1998) as manifestações patológicas são provocadas por erros de origem em uma ou mais fases que constituem uma construção. De forma simplificada, pode-se dividi-la em três etapas básicas: projeto, execução e utilização. A ocorrência dessas manifestações são as mais variadas, partindo desde o envelhecimento natural até a irresponsabilidade de profissionais e usuários que optam por utilizar materiais fora das especificações ou pela não realização da manutenção preventiva da estrutura.

Verçosa (1991) diz que as manifestações patológicas que uma edificação pode apresentar dividem-se em cinco grupos, sendo:

- Patologia das Fundações;
- Patologia das Alvenarias;
- Patologia do Concreto Armado;
- Patologia das Pinturas;
- Patologia da Umidade.

Ainda de acordo Verçosa (1991) é necessário o conhecimento das origens das manifestações para que se execute um correto diagnóstico, sendo assim ele classifica a origem das manifestações de acordo com as seguintes etapas da edificação:

- Projeto – 40%;
- Execução – 28%;
- Materiais – 18%;
- Mal uso – 10%;
- Mal planejamento – 4%.

De acordo com Castro (2007), as anomalias construtivas têm, basicamente, quatro fontes originárias, sendo elas classificadas em:

- Endógenas ou internas;
- Exógenas ou externas;
- Naturais;
- Funcionais.

As manifestações patológicas endógenas são aquelas que se originam por razões relativas à própria edificação e que podem ser subdivididas em: irregularidades de projeto, de execução, dos materiais empregados, e/ou da combinação desses fatores, podendo citar infiltrações, trincas, portas empenadas, etc.

Já as manifestações exógenas são provenientes da intervenção de terceiros, tendo origem através de agentes externos à construção.

As manifestações patológicas de origem natural são as falhas imprevisíveis da natureza, evitáveis ou não, como descargas atmosféricas, enchentes, etc.

Por último, tem-se as manifestações funcionais que são oriundas do uso inadequado, da não manutenção, e do envelhecimento natural da construção, como sujidades, desgastes em revestimentos e esquadrias, etc.

Segundo Souza e Ripper (1998), o aparecimento de problemas patológicos indica, de modo geral, a existência de falhas no decorrer da execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

Helene (1992) afirma que todos os problemas patológicos ocorrem a partir de manifestações externas características, de um mecanismo de alguma natureza, e que para a forma de escolher a correção adequada deve-se conhecer o mecanismo do fenômeno envolvido.

Sobre os problemas patológicos relacionados à impermeabilização, Pinto (1996) faz a seguinte classificação:

- Erros de concepção - 32 %;
- Erros de cálculo, defeito ou ausência de estudos - 18 %;
- Deformação excessiva - 7 %;
- Efeitos das variações dimensionais - 23 %;
- Erros de execução - 16%;
- Fenômenos químicos e ação do gelo - 4 %.

3.3 Causas das infiltrações

Depois do aparecimento das manifestações patológicas em uma edificação, o problema tende a se acentuar rapidamente, acarretando outros problemas secundários (HIRT, 2014).

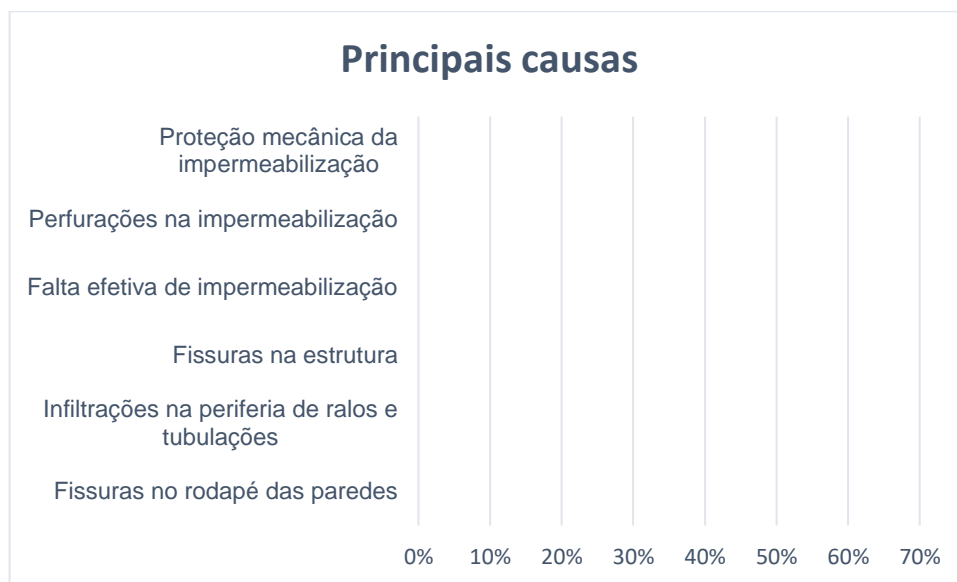
Segundo Souza e Ripper (1998), o aparecimento de problemas patológicos indica, de modo geral, a existência de falhas no decorrer da execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

Helene (1992) afirma que todos os problemas patológicos ocorrem a partir de manifestações externas características, de um mecanismo de alguma natureza, e que para a forma de escolher a correção adequada deve-se conhecer o mecanismo do fenômeno envolvido.

Essas manifestações patológicas, são classificadas e descritas como forma de nortear um primeiro diagnóstico, a partir de minuciosas e experientes observações

visuais. Em grande parte dos casos, a impermeabilização é considerada ineficaz ou até responsável pelo aparecimento de várias patologias construtivas, como mostrado na Figura 1, porém ao se realizar uma análise minuciosa, conclui-se que a impermeabilização perdeu a sua eficácia ou que a patologia em análise foi ocasionada por falhas de projetos, má execução ou por insuficiência de manutenção que causam a deterioração da impermeabilização, e por seguimento, da edificação.

Figura 1 - Principais efeitos de problemas de impermeabilização.



Fonte: Antonelli (2002).

3.4 Manifestações patológicas

3.4.1 Eflorescência

O termo eflorescência, segundo Uemoto (1985), significa a formação de depósito salino na superfície de concretos ou de alvenarias, consequentes da exposição de intempéries. Este fenômeno pode ocorrer em qualquer elemento da edificação, podendo trazer modificações estéticas no primeiro comportamento alterando a aparência onde está depositada ou ser agressivas degradando a estrutura devido a dissolução dos sais de cálcio expostos à umidade. Observa-se que a resultante da formação de depósitos salinos altera a aparência de onde eles se fixam, conforme ilustrado na Figura 2 e Figura 3.

Figura 2 - Eflorescência em piscina.



Fonte: Joffily e Oliveira (2013).

Figura 3 - Eflorescência em pisos.



Fonte: Joffily e Oliveira (2013).

De acordo com Joffily e Oliveira (2013), a eflorescência ocorre em alvenarias, cerâmicas, concreto, argamassas e outros materiais porosos, pois possuem sais solúveis que, quando entram em contato com a água, dissolvem-se. Então, quando a água evapora ocorre a cristalização dos sais na superfície.

Uemoto (1985) ainda diz que a eflorescência se origina de três fatores com o mesmo grau de importância, sendo eles: O teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática. Todos esses três fatores devem existir e na ausência de algum deles não ocorre a formação de eflorescência.

3.4.2 Corrosão Das Armaduras

De acordo com Schönardie (2009) a corrosão das armaduras (Figura 4), também conhecida como ferrugem, é a oxidação da armadura através da oxidação, ou seja, a transformação lenta de um metal em seus óxidos. Já Lapa (2008) diz que a corrosão pode ser definida como a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos.

Fusco (2008) diz que para ocorrer a corrosão nas armaduras do concreto, é necessário que a umidade e o oxigênio estejam em contato com a armadura, visto que o meio em que elas estão mergulhadas é alcalino. Souza e Ripper (2009) explica que a corrosão provoca a troca de uma seção de aço resistente por óxido de ferro hidratado, tendo assim a diminuição da área de aço e a redução da capacidade resistente da armadura.

Quando o revestimento é muito fino em relação à agressividade de um ambiente, defeitos na estrutura ocorrem em poucos anos, levando ao deslocamento do concreto, à fissuração intensa e, finalmente, ao desaparecimento das armaduras, à ruptura, deformação e até queda da estrutura, alerta o engenheiro diretor técnico da Ventuscore e especialista em estruturas de concreto, Egydio Hervé Neto (NAKAMURA, 2011).

Figura 4 - Corrosão da armadura em pilar.

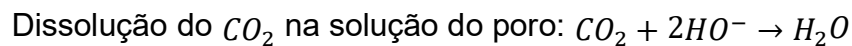


Fonte: Castro e Martins (2014).

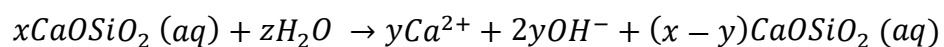
3.4.3 Carbonatação do concreto

A carbonatação do concreto é um processo físico-químico que leva a despassivação da armadura do concreto devido a diminuição do pH, desencadeado pela exposição do concreto ao gás carbônico (CO_2) em altas concentrações. Em conjunto com a umidade, o dióxido de carbono permeia nos poros do concreto e após a diluição forma o ácido carbônico (H_2CO_3) (LUIS, 2018).

A definição de carbonatação, de acordo com Cascudo e Carasek (2011), é a transformação de íons alcalinos como: cátions de cálcio, sódio e potássio, em sais de carbonatos, pela ação ácida de CO_2 , que se encontra presente no ar. A carbonatação ocorre como explicado abaixo:



Pelo caminho da descalcificação do C – S – H, tem-se:



Segundo Córias (2006), a corrosão das armaduras é conseguinte da redução do pH do concreto por carbonatação e, portanto, do seu efeito protetor e da presença dos cloretos no concreto que atacam as armaduras. Todo esse processo

pode ser agravado quando há presença de fissuras que permitem a penetração de agentes agressivos e também pelo cobrimento insuficiente da armadura.

3.4.4 Trincas e fissuras

Segundo Oliveira (2012), trincas, fissuras e rachaduras são manifestações patológicas geradas por tensões de tração em materiais frágeis como o concreto e os materiais cerâmicos. Elas ocorrem quando o esforço solicitante é maior que a resistência à tração do material, levando a falhas e conseqüentemente ao surgimento de aberturas. Já Moraes (1982), define trinca como um fator patológico das construções, em que ocorre a ruptura entre partes de um mesmo elemento ou entre dois elementos acoplados, causando danos estéticos e/ou estrutural a uma edificação.

Barbosa (2018) salienta que a umidade é o agente causador mais recorrente para o aparecimento das fissuras. A alteração de umidade, de acordo Thomaz (1989), geram variações dimensionais nos materiais porosos pertencentes à edificação. Essa umidade acessa aos materiais através do fenômeno da capilaridade, na construção tem origem em diversas fontes. O aumento no teor de umidade leva a uma expansão dos materiais, enquanto a redução desse teor leva a contração, e essa movimentação pode provocar trincas, como a mostrada na Figura 5. Bauer (2010) aponta ainda outros fatores que podem desencadear as fissuras, como a falta de vergas e contravergas, cobrimento deficiente do concreto e movimentações higroscópicas.

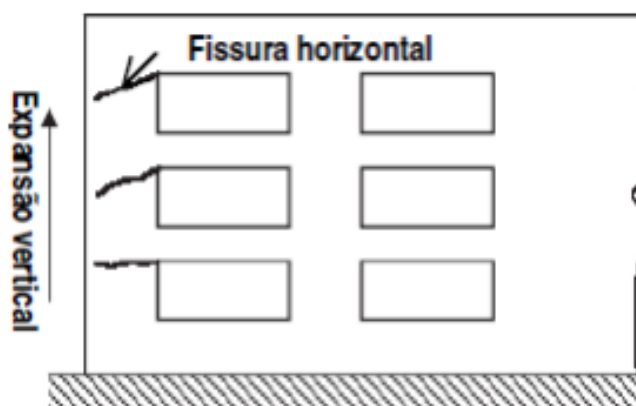
Figura 5 - Exemplo de fissuras em alvenaria com maior contato com a água.



Fonte: Thomaz (1989).

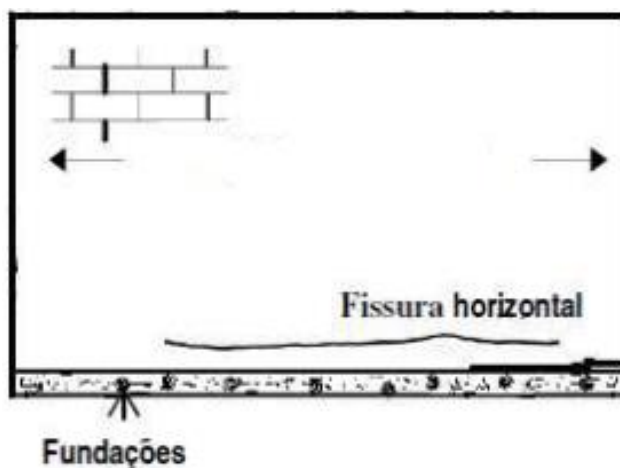
De acordo com Hendry (2001) *apud* Alexandre (2008), a expansão da alvenaria pode gerar fissuras horizontais, quando essa expansão ocorre na direção vertical, como mostrado na Figura 6. As trincas horizontais na base da parede, conforme demonstrado na Figura 7, também podem ter origem quando o processo de impermeabilização não existe ou foi mal executado, fazendo com que os componentes que estão em contato direto com a umidade sofram movimentações diferenciais, gerando trincas e fissuras.

Figura 6 - Fissuras provocadas por expansão vertical.



Fonte: Alexandre (2008).

Figura 7 - Fissura decorrente da umidade do solo.



Fonte: Adaptado de Alexandre (2008).

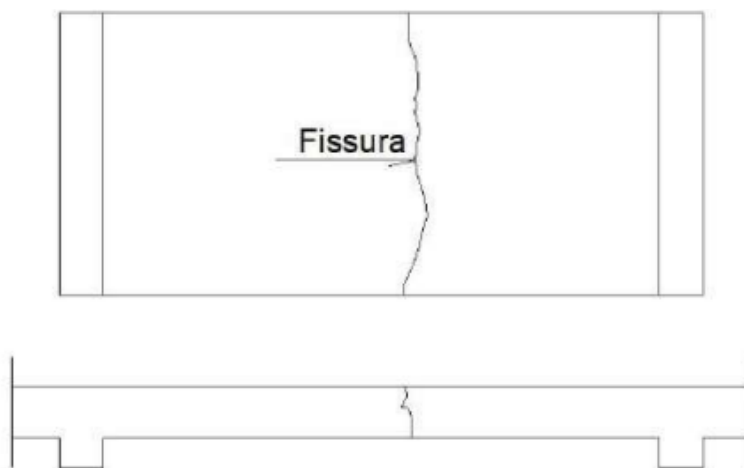
3.4.5 Retração Térmica

Todos os componentes de uma estrutura estão sujeitos a variações térmicas diárias e sazonais, o que provoca a variação em suas dimensões. Esses movimentos - de contração e dilatação - sofrem algumas restrições pelos vínculos que envolvem os materiais.

As tensões relativas à temperatura desenvolvem-se quando simultaneamente ocorre uma variação dimensional pela temperatura e a restrição no movimento do elemento. Uma vez que a movimentação se encontra livre não há o desenvolvimento de tensões (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

De acordo com Thomaz (1989), as trincas e fissuras com origem na variação térmica aparecem devido a movimentação desigual entre os componentes de um elemento, entre elementos de um mesmo sistema e entre regiões distintas do mesmo material e o aspecto dessas fissuras são perpendiculares ao eixo principal dos elementos, com largura constante, seccionando o elemento, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Ilustração de uma fissura em uma laje devida aos movimentos térmicos.

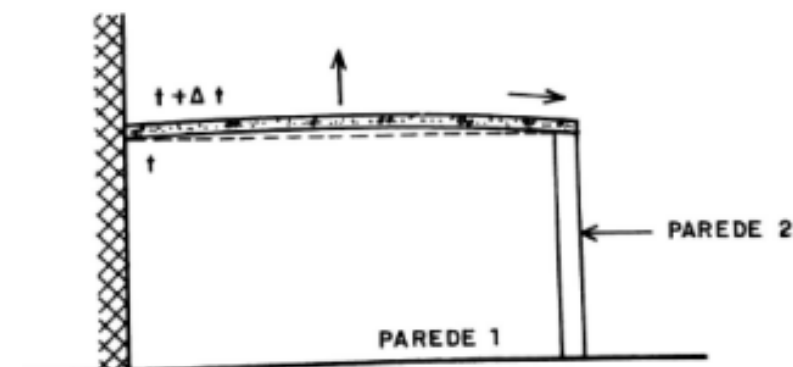


Fonte: Carasek e Cascudo (2013).

Os diferentes tipos de movimentações causam manifestações de diversas intensidades verificadas em obras, como: destacamento de argamassas de seu substrato, fissuras ou trincas inclinadas em paredes com vínculo em pilares e vigas, expostos ou não à insolação, fissuras ou trincas regularmente espaçadas em

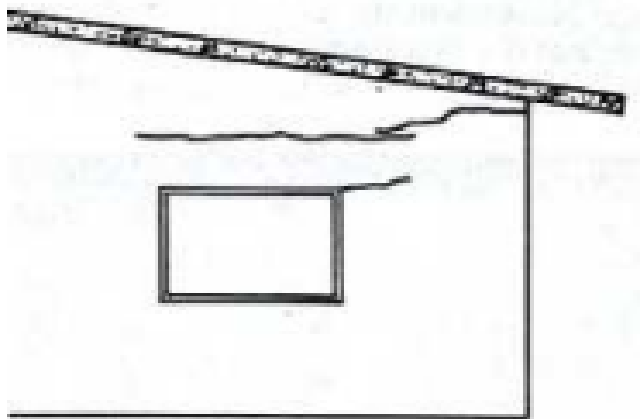
alvenarias ou concreto com grandes vãos sem juntas, fissuras ou trincas horizontais em alvenaria apoiadas em lajes submetidas a forte insolação (Figura 9 e Figura 10).

Figura 9 - Movimentação em laje de cobertura sob ação da elevação da temperatura.



Fonte: Thomaz (1989).

Figura 10 - Fissura em parede externa causada pela retração da laje de cobertura.

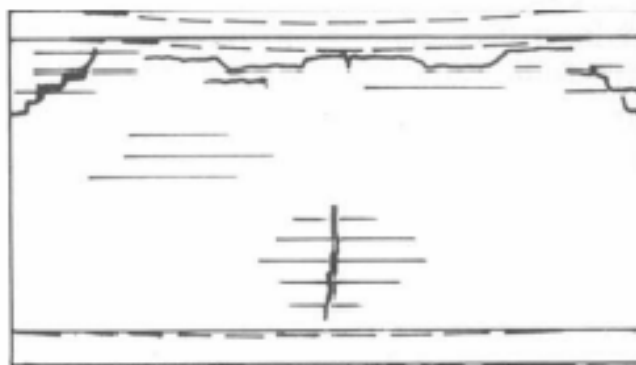


Fonte: Thomaz (1989).

3.4.6 Deformação excessiva do concreto armado

Esse tipo de estrutura deforma-se sob a ação de cargas permanentes ou acidentais. O cálculo estrutural, em concordância com a norma, deve admitir flechas que não comprometam a estabilidade ou o efeito estético. Entretanto, em situações de falhas, pode-se ocorrer deformações que comprometam a alvenaria e alguns outros componentes que estejam apoiados ou vinculados à essa estrutura, ocasionando formação de fissuras e/ou trincas, conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 - Trincas na alvenaria de vedação devido a deformação excessiva dos elementos estruturais.

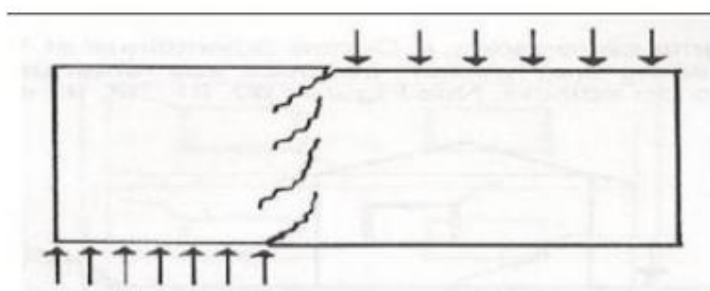


Fonte: Thomaz (1989).

3.4.7 Recalques Diferenciais

De acordo com a definição da NBR 6122:2019, recalque é o movimento vertical descendente de um elemento estrutural. Já Helene (1992) os recalques são ocasionados quando esforços diferenciais atuam sobre a fundação gerando fissuras com inclinação próxima a 45° , como mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Trinca de cisalhamento no painel causada por recalque diferencial.



Fonte: Thomaz (1949).

O solo sob efeito de cargas externas, mesmo que diferentes, ao longo das fundações de uma estrutura de concreto, pode provocar recalques diferenciais que dão origem a deslocamentos variáveis que induzem a ocorrência de trincas e/ou fissuras.

Thomaz (1989) diz que os recalques diferenciais poder ser causados por alguns fatores, citando dentre todos os mais comuns, sendo esses:

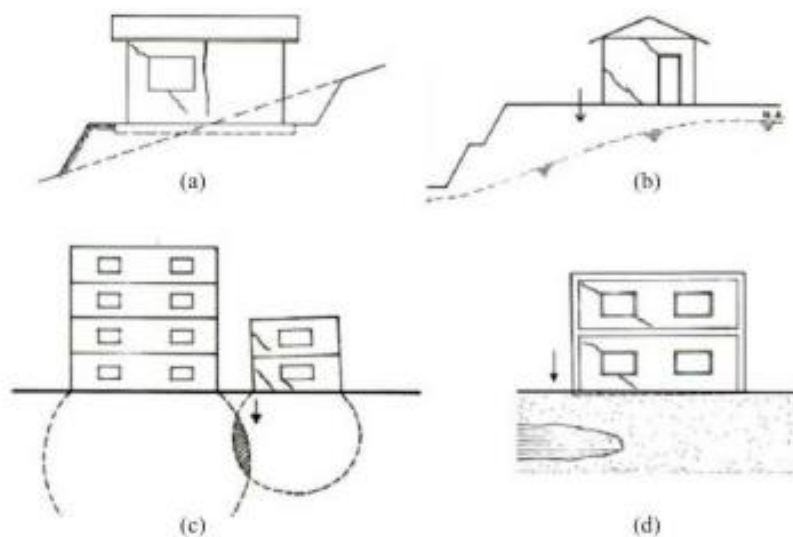
Fundação assentada sobre seções de corte e aterro. (Figura 13-a);

Recalque devido ao rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno. (Figura 13-b);

Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior (Figura 13-c)

Recalque diferenciado ocasionado pela falta de homogeneidade do solo (Figura 13-d).

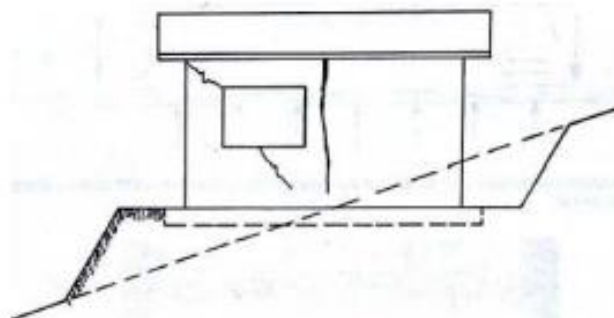
Figura 13 - Fatores que causam recalques diferenciais em fundações.



Fonte: Thomaz (1989).

Ainda de acordo com Thomaz (1989), as fissuras ocasionadas pelos recalques são geralmente inclinadas e se propagam acompanhando a direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque, como mostrado na Figura 14, e serão diretamente proporcionais à intensidade do recalque ocorrido.

Figura 14 - Propagação de trincas causadas por recalque diferencial.

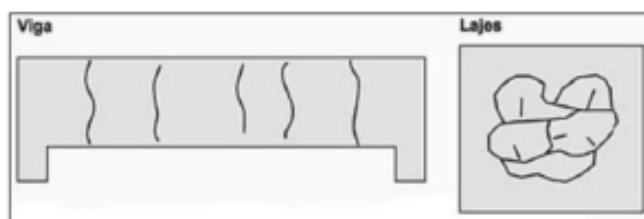


Fonte: Thomaz (1989).

3.4.7 Retração Hidráulica

De acordo com a ANAPRE (2009), retração hidráulica ou retração por secagem é a diminuição do volume aparente do concreto, visto que o concreto tende a perder água para o ambiente. Helene (1992) diz que esse tipo de patologia ocorre devido a cura malfeita do concreto, que resulta na perda excessiva da água na peça, além do excesso de calor de hidratação e uma ineficiente proteção térmica gerando tensões internas que resultam em esforços de tração causando fissuras, como apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Fissuras no concreto por retração hidráulica.



Fonte: Marcelli (2007).

O traço do concreto influencia diretamente sobre a intensidade da retração. A deformação causada pela retração é mais acentuada em concretos novos, pois à medida que o concreto envelhece a sua resistência aumenta e a retração tende a diminuir.

3.4.8 Ninhos e falhas de concretagem

Ninhos de concretagem, demonstrados na Figura 16, são vazios deixados na massa de concreto durante a execução devido à dificuldade de penetração do mesmo nas formas durante o processo de lançamento e adensamento.

Figura 16 - Ninhos no concreto.



Fonte: Silva (2002).

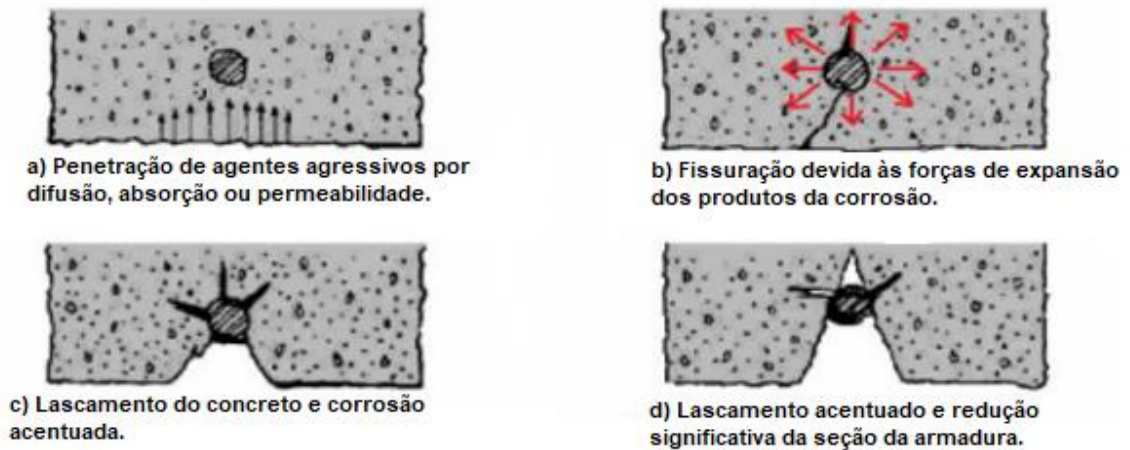
Esse tipo de manifestação patológica gera uma superfície desagregada ou de baixa resistência e são pontos de ocorrência de corrosão das armaduras e esses causam consequências como fissuras no concreto e expansão das armaduras, comprometendo a impermeabilização.

Os ninhos e as falhas de concretagem devem ser criteriosamente reparados a fim de conferir à essas regiões afetadas, propriedades com características semelhantes ou superiores às do concreto original.

3.4.9 Cobrimento das armaduras

A ABNT NBR 6118:2014 estabelece valores mínimos adequados de cobertura para as armaduras. A falta dessa espessura mínima pode comprometer a vida útil do projeto, desencadeando processos precoces de corrosão das mesmas, conforme Figura 17.

Figura 17 - Fases da instalação da corrosão em uma barra de armadura.



Fonte: Helene (1986), *apud* Polito (2006)

3.4 Prevenção

Prevenção é o meio mais eficaz e sem gastos dispendiosos, garante a durabilidade e segurança da estrutura e beneficia tanto a edificação em si, como também as pessoas que a utilizam (SOUZA, 2008).

Consideradas ainda um desafio, as infiltrações são um problema muito comum em uma obra, ocorrendo tanto durante seu processo construtivo, quanto depois dela finalizada. Um dos principais problemas em uma obra é a falta de impermeabilização, e identificar uma área sujeita a uma infiltração pode se tornar uma tarefa desafiadora pois nem sempre ela pode estar ao alcance visual.

Muitos problemas podem ser evitados e/ou eliminados quando reconhecida e tratada a infiltração na residência ao planejar corretamente o sistema de impermeabilização adequado desde os primeiros estágios da obra. Além de atentar-se a todos os males que ela pode causar, como mofo, problemas estéticos e estruturais, a escolha mais sensata é agir de forma preventiva impedindo que ocorra infiltração a ter que a corrigir posteriormente.

3.4.1 Projeto De Impermeabilização

Antonelli *et al.* (2002) concluiu que 42% dos problemas são devido à falta de projeto específico de impermeabilização. Pieper (1992) afirma que o sistema impermeabilizante deve ser analisado junto à concepção do projeto arquitetônico, evitando transtornos posteriores ao tratar disso no decorrer da obra.

Alguns conceitos devem ser analisados no início dos estudos para a criação do projeto de impermeabilização. Ischakewitsch (1996) enumera alguns deles:

1. Prever acabamentos e terminações que possibilitem futuras manutenções;
2. Elaborar o correto dimensionamento e posicionamento da impermeabilização de projetos de condicionamento de ar, isolamento térmico e paisagismo;
3. Distribuição racional e compatibilizada com os demais pontos de escoamento e/ou calhas das instalações hidrossanitários.

Antunes (2004) afirma que quando existe um projeto de impermeabilização a ocorrência de patologias diminuem, pois, o mesmo expõe detalhes construtivos além de possibilitar o controle sobre a execução. Souza e Melhado (1998) falam que o projeto deve conter algumas informações fundamentais como:

- O sistema a ser adotado por área;
- A espessura total do sistema de impermeabilização;
- As alturas e espessuras dos rebaixos necessários na alvenaria para a execução de rodapés;
- Desníveis para a laje;
- Corte típico de cada sistema a ser empregado, identificado por camada com suas respectivas espessuras e declividades;
- Lista com os pontos críticos da construção, com suas justificativas e propostas de alteração.

A escolha do sistema de impermeabilização deve abranger diversas circunstâncias. Segundo Sabbatini (2006) os principais fatores que devem ser analisados são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição ao sol,

exposição à cargas, movimentação da base e extensão da área aplicada. A ABNT NBR 9575:2010 estabelece exigências e recomendações relativas à elaboração do projeto de impermeabilização. Ela separa o projeto em três etapas.

A primeira etapa é o estudo preliminar que deve conter:

- O relatório com a qualificação das áreas;
- A planilha abrangendo todos os tipos de impermeabilização que se aplicam à construção;

A segunda é o projeto básico de impermeabilização, que deve abranger:

- A definição de todas as áreas a serem impermeabilizadas;
- A definição dos sistemas de impermeabilização;
- O estudo de desempenho;
- As planilhas quantitativas e de custos;

E por último, o projeto executivo de impermeabilização, que deve apresentar:

- Plantas de Localização e Identificação das impermeabilizações,
- Locais de detalhamento construtivo;
- Detalhes genéricos e específicos que ilustram todas as soluções de impermeabilização;
- Memorial descritivo de materiais e camadas de impermeabilização;
- Memorial descritivo de procedimentos de execução;
- Planilha de quantitativos de materiais e serviços;

Ainda de acordo com a ABNT NBR 9575:2010, algumas exigências devem ser atendidas, sendo elas:

- Resistir às cargas estáticas e dinâmicas operantes sob e sobre a impermeabilização, como: puncionamento, fendilhamento, ruptura por tração, desgaste, descolamento e esmagamento;
- Resistir aos efeitos de dilatação e retração causados pela movimentação dos diferentes materiais empregados em

revestimentos e estruturas proporcionados por variações térmicas, como fendilhamento, ruptura por tração e descolamento;

- Resistir à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas, como: desgaste e descolamento;
- Resistir às pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água e umidade do solo, bem como o deslocamento provocado devido à perda de aderência;
- Deve-se evidenciar a aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica compatíveis com as demandas previstas em projeto;
- Resistir ao ataque agressivo das raízes de plantas ornamentais.

O projeto de impermeabilização deve atender todos os requisitos mínimos, garantindo a salubridade, conforto e segurança dos usuários, assim como a estanqueidade dos elementos construtivos. Os métodos de impermeabilização adotados, de acordo com Souza e Melhado (1997), precisam atender algumas diretrizes, como:

- Atender aos requisitos de desempenho;
- A adequação do sistema de impermeabilização em consonância com os demais subsistemas, elementos e componentes de edifício;
- A máxima racionalização construtiva;
- A máxima construtibilidade;
- Custo compatível com a obra;
- Durabilidade do sistema;

Os sistemas impermeabilizantes referem-se às especificações de cada item, e cabe ao projetista determinar cada caso, individualizando as peças e áreas a serem impermeabilizadas, conforme explicado por Schmitt (1990 *apud* Moraes, 2002), e eles devem seguir um roteiro, consistindo em:

- Selecionar o sistema de impermeabilização mais apropriado;
- Selecionar o material impermeabilizante mais indicado para o sistema escolhido em função do desempenho do material, da

atuação da água, da área de aplicação e do método construtivo utilizado.

3.4.2 Controle De Qualidade Dos Impermeabilizantes

Soares (2014) diz que a impermeabilidade é uma característica do material que se aplica ao substrato afim de impedir a passagem da água e da umidade, e que a estanqueidade é uma característica da estrutura no qual não pode haver deformações na mesma, para não causar fissuras e trincas que rompem os sistemas de impermeabilização.

Todos os produtos impermeabilizantes necessitam de um rígido controle de qualidade no seu processo de fabricação. As normas técnicas têm por função estabelecer propriedades e características de qualidade mínimas para os produtos, garantindo que um produto eficiente chegue até o consumidor final.

As principais normas técnicas relativas à impermeabilização são:

- **ABNT NBR 9574/2008:** Execução de impermeabilização.
- **ABNT NBR 9575/2010:** Impermeabilização – Seleção de projeto.
- **ABNT NBR 9686/2006:** Solução e emulsão asfálticas empregadas como material de imprimação na impermeabilização.
- **ABNT NBR 9952/2014:** Manta asfáltica para impermeabilização.
- **ABNT NBR 11905/2015:** Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização.
- **ABNT NBR 13321/2008:** Membrana acrílica para impermeabilização.
- **ABNT NBR 13724/2008:** Membrana asfáltica para impermeabilização com estrutura aplicada a quente.
- **ABNT NBR 15487:2007:** Membrana de poliuretano para impermeabilização.
- **ABNT NBR 9685:2005:** Emulsão asfáltica para impermeabilização.

3.5 Sistemas impermeabilizantes

Os sistemas impermeabilizantes possuem uma função dominante que é proteger as edificações de possíveis infiltrações, eflorescências e vazamentos.

Dinis (1997 apud Moraes, 2002) diz que os sistemas impermeabilizantes possuem diferenças que vão desde a concepção, passando pelo princípio de funcionamento e escolha dos materiais e técnicas de aplicação a serem empregadas. E são essas variações que diferenciam as diversas classificações.

A ABNT NBR 9575:2010 classifica os sistemas impermeabilizantes em rígidos e flexíveis, apresentados na Tabela 2, relacionando-os às partes construtivas sujeitas ou não à movimentação do elemento construtivo.

Tabela 2 - Tipos de impermeabilização rígidas e flexíveis.

Tipos de sistema	Rígido	Flexível
Tipos de impermeabilizantes	<p>Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo;</p> <p>Argamassa modificada com polímero;</p> <p>Argamassa polimérica;</p> <p>Cimento cristalizante para pressão negativa;</p> <p>Membrana epoxídica.</p>	<p>Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;</p> <p>Membrana de asfalto modificado com adição de polímero elastomérico;</p> <p>Membrana de emulsão asfáltica;</p> <p>Membrana de asfalto elastomérico em solução;</p> <p>Membrana elastomérico de policloropreno e polietileno clorossulfonado;</p> <p>Membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (LLR), em solução;</p> <p>Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S);</p> <p>Membrana de poliuretano;</p> <p>Membrana de poliuréia;</p> <p>Membrana de poliuretano modificado com asfalto;</p> <p>Membrana acrílica;</p> <p>Manta asfáltica;</p>

		Manta de acetato de etilvinila (E.V.A); Manta de Policloreto de vinila; Manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D); Manta elastomérica de etilenopropilenodienomonômero (E.P.D.M); Manta elastomérica de poliisobutileno isopreno
--	--	---

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 9975:2010

3.5.1 Sistemas Flexíveis

A impermeabilização flexível é descrita pela NBR 9575 (ABNT, 2010), como “conjunto de materiais ou produtos que apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas sujeitas à movimentação do elemento construtivo”. Salgado (2009) descreve a impermeabilização do tipo flexível como os sistemas que possuem em sua composição matérias que conferem características elásticas ao produto através da adição de polímeros, elastômeros, dentre outros a fim de que o produto absorva consideravelmente a movimentação natural.

Vieira (2018) diz que quando se trata de impermeabilização do tipo flexível existem as membranas e as mantas. De acordo com Ferreira (2012) a impermeabilização do tipo flexível deve ser aplicada em estruturas que sofre com vibrações, insolação, dilatação ou contração, sendo ideais para ambientes como banheiros, cozinhas, terrações, etc.

Arantes (2007) ressalta que é necessário que seja feita uma análise criteriosa de alguns fatores antes de definir qual sistema será aplicado. Deve-se levar em consideração o local que será impermeabilizado bem como todas as suas características. Já Porciúncula (2013) diz que é necessário que o projeto seja muito bem planejado para definir o tipo de impermeabilização a ser aplicado, indo desde o estudo do terreno e suas características até o estudo dos entornos e das drenagens.

3.5.1.1 Membranas asfálticas

As membranas asfálticas, de acordo com Venturini (2009), são membranas que usam produtos derivados de Cimento Asfáltico de Petróleo, as quais podem ser aplicadas, a frio, como mostrado na Figura 18 e Figura 19, em forma de pintura com trinchas, rolo ou escova.

Figura 18 - Execução de membrana de asfalto a frio.



Fonte: DENVER, 2016

Figura 19 - Aplicação de membrana asfáltica a frio.



Fonte: LWART, 2009.

As membranas asfálticas também podem ser aplicadas a quente, como mostrado na Figura 20, com uso de caldeira, requerendo o uso de uma mão de obra especializada. São adequadas para aplicação em fundações como bloqueador de umidade, primer para mantas asfálticas e contrapisos que receberão pisos de madeira ou outros tipos de acabamentos.

Figura 20 - Execução de membrana de asfalto a quente.



Fonte: LWART (2009).

Denver (2008) explica que este tipo de membrana é adequado para uso em baldrame e fundações de concreto, além de serem aplicadas em contrapiso que irão receber pisos de madeira como bloqueadores de umidade.

A norma que rege este tipo de impermeabilizante é a ABNT NBR 9952:2014. Ela detalha os requisitos mínimos e as características necessárias para a aceitação de mantas asfálticas utilizadas para impermeabilização, além de estabelecer os métodos de ensaios necessários para as verificações destes requisitos.

Sabbatini (2006) alude que as membranas são divididas em relação ao tipo de asfalto que é utilizado, sendo as mais usuais a emulsão asfáltica, o asfalto oxidado e o asfalto modificado. Emulsão asfáltica pode ser definido como um produto que resulta da dispersão de dois líquidos imiscíveis (asfalto + água) através de agentes emulsificantes. Normalmente aplica-se a frio e sem adição de estruturantes. Já asfalto oxidado é um produto obtido da modificação do cimento asfáltico de petróleo, fundido gradualmente pelo calor para obtenção de certas características físico-químicas.

Normalmente aplica-se a quente com estruturantes. E por último definindo asfalto modificado com adição de polímero elastomérico, este é obtido através da adição de polímeros elastoméricos no cimento asfáltico de petróleo a uma temperatura controlada. Pode ser aplicado a quente ou a frio, com estruturantes.

3.5.1.2 Membranas de Poliuretano

Segundo Vilar (2002 *apud* QUINI *et al.*, 2015) a membrana de poliuretano é um impermeabilizante que geralmente é composta por produtos bicomponentes formados pela reação de um componente contendo hidroxilas e outro componente formado por isocianatos, ambos líquidos com baixa viscosidade. Após a dissolução dos componentes tem-se o tempo de manuseio para o espalhamento da solução no substrato.

Elas são utilizadas para fechamento elástico e vedação de fissuras secas, úmidas ou com água percolando, não podendo ser utilizadas em elementos estruturais (THOMAZ, 2003).

Denver (2017) explica que para a aplicação do poliuretano inicia-se limpando a superfície onde será aplicada, deixando-a limpa e seca, isenta de óleos e partículas soltas de qualquer natureza. Caso a superfície não esteja uniforme, deve-se executar a regularização, calafetando os ralos, juntas e trincas com argamassa traço 1:3 de cimento e areia. Em seguida faz-se a mistura dos componentes e aplica-se a primeira demão e após a aplicação da primeira demão, é necessária a colocação de uma tela de poliéster nos rodapés da superfície a fim de o mesmo agir como estruturante para impermeabilização. Em seguida, aplica-se às demais demãos nos rodapés, ralos e tubos emergentes até o total recobrimento do véu de poliéster.

3.5.1.3 Mantas de PVC

São mantas compostas por duas lâminas de PVC e uma tela trançada de poliéster, que de acordo com Cimino (2002) tem espessura final variando entre 1,2 a 1,5 mm. Suas características a tornam apta para ambientes mais agressivos, como piscinas, cisternas, reservatórios de água e caixas d'água. Por ser maleável, pode ser aplicada em locais com diversos formatos, tanto planos como curvos.

Ainda segundo Cimino (2002), as emendas entre as membranas são feitas por termofusão, como mostrado na Figura 21, por meio de um equipamento de solda automático. Na Figura 22 é mostrado um equipamento manual para solda em mantas de PVC. Deve-se utilizar equipamentos apropriados que possuem controle de velocidade e temperatura a fim de garantir a uniformidade da solda, conferindo a mesma ou melhor qualidade e durabilidade que o material da membrana.

As soldas aplicadas pelos equipamentos nas emendas devem ser duplas e paralelas possuindo um vazio entre elas a fim de possibilitar a realização de testes de pressão e vácuo para verificar a resistência à estanqueidade.

Figura 21 - Solda em manta de PVC com equipamento automático.



Fonte: Silva e Oliveira (2006).

Figura 22 - Solda em manta de PVC com equipamento manual.



Fonte: Silva e Oliveira (2006).

As mantas devem ser fixadas, conforme Figura 23, com arruelas e parafusos especiais, e deve-se aplicar sobre as mesmas uma nova camada da manta empregando equipamentos de termofusão.

Figura 23 - Fixação automática com parafusos e arruelas especiais.



Fonte: Silva e Oliveira (2006).

3.5.1.4 Mantas Asfálticas

Segundo Venturini (2009) são membranas pré-fabricadas, feitas à base de asfalto, modificadas com polímeros e armadas com estruturantes especiais. Seu desempenho varia conforme a sua composição.

Ainda de acordo com Venturini (2009), as principais vantagens das mantas asfálticas são:

- A sua espessura constante;
- A sua aplicação única;
- O tempo reduzido de aplicação;
- O fácil controle e fiscalização;
- Não há necessidade de aguardar secagem.

Existem variados tipos de mantas asfálticas, onde o asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização, mas que se diferem pela sua composição.

Os asfaltos permitidos para serem utilizados como impermeabilizantes em mantas asfálticas, de acordo com a NBR 9952/2014, podem ser dos tipos:

- **Elastoméricos:** São as mantas que apresentam adição de elastômeros em sua massa. Geralmente utiliza-se SBS (Estireno-Butadieno-Estireno);
- **Plastoméricos:** São as mantas que apresentam adição de plastômeros em sua composição. Geralmente utiliza-se APP (Polipropileno Atático);
- **Oxidados:** São as mantas de asfalto oxidado, policondensado, ou com adição de mistura genérica de polímeros.

De acordo com a NBR 9952:2014 as mantas asfálticas são classificadas de acordo com a tração, alongamento e a flexibilidade a baixa temperatura. A norma também indica a espessura, que varia entre 3 e 4 mm, sendo este um fator relevante para o desempenho, e seu acabamento é classificado em: granular, geotêxtil, metálico, polietileno, areia de baixa granulometria e plástico metalizado.

Segundo Pereira (2018) a base ou superfície a ser aplicada a emulsão asfáltica deve estar limpa, livre de poeiras e/ou sujeiras e reparada de irregularidades com argamassa de regularização. Sua aplicação inicia-se com uma demão de primer e posteriormente aplica-se a manta com o auxílio de rolo de lã de carneiro, broxa ou trincha.

Sobre a aplicação, representada pela Figura 24, deve-se evitar a sua execução em caso de chuvas, em ambientes muito úmidos e/ou presença de muita poeira. Deve-se também certificar a boa aderência entre a manta e o substrato, de modo a evitar qualquer falha que possa comprometer o desempenho do sistema. No caso de emendas, é recomendado fazer uma sobreposição de 10 cm entre as mantas.

Após o término da aplicação, a região tratada com a manta asfáltica deve ser isolada do trânsito de pessoas e cargas, além de ser necessária a realização de um teste de estanqueidade seguindo as recomendações da ABNT NBR 9574:2008.

Figura 24 - Ilustração da forma de aplicação de manta asfáltica.



Fonte: Komercialize (2019).

3.5.1.5 Membrana Acrílica

Segundo Denver (2016), é uma membrana impermeabilizante formulada à base de resinas acrílicas, geralmente utilizadas em áreas expostas como, lajes de cobertura, marquises, telhados entre outros. A principal vantagem desse impermeabilizante é a não necessidade de proteção mecânica sobre a membrana, exceto quando for aplicada sobre lajes com tráfego intenso. Em contrapartida, a falta de proteção se torna uma desvantagem ao ser necessária a reaplicação frequente do impermeabilizante.

Sua aplicação, ilustrada pela Figura 25, deve seguir estritamente as recomendações do fabricante.

Figura 25 - Aplicação de membrana acrílica.



Fonte: Sabattini (2006).

3.5.2 Sistemas rígidos

Segundo Cunha (2017), o sistema de impermeabilização rígido é aplicado em estruturas nas quais o regime normal de uso não prevê fissuração, e esses tipos de impermeabilizantes ocupam os espaços vazios que são deixados pela água após o processo de cura do concreto. Estes impermeabilizantes possuem o mesmo comportamento que as estruturas as quais são aplicadas, sendo passíveis de fraturar em caso de movimentação da estrutura.

A ABNT NBR 9575:2010 denomina como impermeabilização rígida “o conjunto de materiais ou produtos que não acrescentam características de flexibilidade compatíveis e aplicáveis às partes construtivas não sujeitas à movimentação do elemento construtivo.”

De acordo com Pinheiro (2019) a impermeabilização por este sistema acontece através de aditivos químicos hidrófugos, que ao se associarem a agregados com granulometria correta diminuem a porosidade do elemento. A camada impermeável é executada, somente em uma camada, exatamente sobre a base.

3.5.2.1 Argamassa polimérica

Silveira (2001) descreve que a argamassa polimérica é constituída de cimentos especiais, minerais, e látex de polímeros que deve ser misturada com água limpa e nas devidas proporções. É aplicada sob a forma de pintura sobre o substrato, formando um revestimento impermeável com resistência mecânica, preenchendo espaços e porosidades que garante a impermeabilização para pressões d'água positivas e/ou negativas, além de acompanhar as pequenas movimentações das estruturas.

Esse tipo de impermeabilização deve atender duas normas:

1. A ABNT NBR 11.905:1992: Sistema de Impermeabilização Composto por Cimento Impermeabilizante e Polímeros e;
2. A ABNT NBR 15.885:2010. Membrana de Polímero Acrílico com ou sem cimento, para impermeabilização.

Antes da aplicação da argamassa polimérica, é preciso garantir a total limpeza do substrato, livre de partes soltas. Sua aplicação pode ser na forma de pintura com trinchas ou brocha, em camadas regulares. Em pontos críticos, como por

exemplo quinas, deve ser utilizada tela de poliéster entre as demãos. Pode ser aplicado também na forma de revestimento final com desempenadeira (SAYEGH, 2001).

A argamassa polimérica também pode ser aplicada, conforme Figura 26 e Figura 27, sobre superfícies de concreto, alvenaria ou argamassa, sendo que a primeira demão do produto deve ser aplicada sobre o substrato úmido, e a segunda demão, somente pode ser aplicada após completar a secagem da primeira. A aplicação da segunda demão deve ser feita em sentido cruzado em relação à primeira.

As principais características da argamassa polimérica são: resistência à pressões hidrostáticas positivas, a sua fácil aplicação, o fato de não alterar a potabilidade da água e a criação de uma barreira contra sulfatos e cloretos que também uniformiza e sela o substrato, reduzindo o consumo de tinta em pinturas externas.

Figura 26 - Aplicação de argamassa polimérica 1.



Fonte: Sayegh (2001).

Figura 27 - Aplicação de argamassa polimérica 2.



Fonte: Sayegh (2001).

3.5.2.2 Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo

Essa argamassa impermeável é feita de maneira semelhante à argamassa convencional, porém com o acréscimo de aditivos hidrófugos na água de amassamento, que agregam propriedades impermeabilizantes ao produto final.

Aditivos hidrófugos são aditivos impermeabilizantes compostos de sais metálicos e silicatos, de pega normal, que reagem com o cimento durante seu processo de hidratação (DENVER, 2008).

Sika (2008) diz que esses materiais proporcionam a redução da permeabilidade e absorção por capilaridade, através do preenchimento de vazios nos capilares na pasta de cimento hidratado, tornando concretos e argamassas impermeáveis à penetração de água e umidade.

As principais vantagens desse sistema de impermeabilização é a facilidade de aplicação além de oferecer o melhor custo-benefício entre as opções de impermeabilizações rígidas, com o baixo custo dos aditivos e da mão de obra que acaba sendo a mesma do processo convencional. Suas desvantagens são em relação à resistência, que pode ser um pouco menor quando comparada aos outros sistemas; e sua aplicação, que precisa ser em conjunto com outro sistema impermeabilizante que garanta a estanqueidade, visto que esse é um sistema muito suscetível a movimentação dos elementos.

Geralmente, a argamassa impermeável com aditivo hidrófugo, mostrado na Figura 28, tem seu uso indicado para vigas baldrame e pisos em contato com o solo.

Figura 28 - Preparação da argamassa com aditivo hidrófugo.



Fonte: Vieira (2005).

3.5.2.3 Aditivos cristalizantes

Aditivos cristalizantes são análogos aos hidrófugos. São impermeabilizantes rígidos, a base de cimentos especiais adicionados de compostos químicos minerais que objetivam a impermeabilização.

Esse sistema de impermeabilização, demonstrado na Figura 29, forma cristais insolúveis nos capilares da estrutura, que se expandem quando em contato com a umidade do concreto. A impermeabilização é alcançada pela formação de um gel que se cristaliza e incorpora compostos de cálcio insolúveis e estáveis ao concreto.

Figura 29 - Aplicação de cristalizante em forma de pintura.



Fonte: Nakamura (2006).

Segundo Silveira (2001) existem atualmente dois tipos de cristalizantes:

1. Os cimentos cristalizantes, que são materiais aplicados sob a forma de pintura sobre superfícies de concreto, argamassa ou alvenaria, com uma trincha.
2. Os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas, que são injetados e por cristalização preenchem a porosidade das alvenarias de tijolos maciços, bloqueando a umidade.

Esse sistema de impermeabilização é uma ótima alternativa quando se trata da impermeabilização de reservatórios de água, pois de acordo com Denver (2008), esse sistema utiliza a própria água das estruturas para se cristalizar, não alterando a potabilidade da água. Pode ser usado também em fundações, piscinas, túneis e lajes de subsolo.

Por ser um sistema rígido, este não pode ser executado em áreas sujeitas a movimentação térmica, pois dificulta a manutenção e reparos.

3.5.2.4 Resina epóxi

Resina epóxi é a opção mais nobre de impermeabilização dentro dos sistemas rígidos, possui uma resistência mecânica contra ataques químicos, sendo uma opção para ambientes mais agressivos.

Trata-se de um composto químico com resistência e rapidez para execução. É um material versátil que pode ser aplicado de diferentes formas.

Essa resina após aplicada, como na Figura 30, forma uma película fina e resistente, com ótima aderência à superfície de concreto. Deve ser utilizada sobre uma superfície limpa e sem impurezas após o lixamento da camada superior, sendo aplicada com um rolo especial próprio para este fim.

Figura 30 - Aplicação de Resina Epóxi.



Fonte: Nakamura (2006).

Este sistema é bastante indicado para a impermeabilização de pisos de fábricas, cozinhas industriais, oficinas e locais onde geralmente faz-se limpeza frequente.

4 ESTUDOS DE CASOS MÚLTIPLOS

Os estudos realizados procederam de problemas relacionados a infiltrações. Todos foram analisados através da visita aos locais e da entrevista ao proprietário e/ou ao engenheiro responsável.

Essa entrevista teve a finalidade de analisar os métodos impermeabilizantes empregados durante a execução da obra e os possíveis métodos aplicados por estes para reparar patologias e manifestações patológicas encontradas. Realizou-se quatro estudos de casos, onde todos os problemas analisados relacionam-se ao processo incorreto de impermeabilização e/ou a falta dele.

Para melhor aproveitamento deste estudo, os casos escolhidos foram distintos, com indicações de causas e sugestão de soluções de processos de impermeabilização adequados a cada caso em questão, mesmo que a variedade de produtos e processos seja extensa, visando um desempenho satisfatório.

4.1 Diagnóstico dos Casos

4.1.1 Caso I - Lajes de Cobertura

Em uma estrutura, existe uma grande preocupação em relação a eficácia da estanqueidade da cobertura, que de todas as estruturas de uma superfície é a que está mais exposta a intempéries. Faz-se necessário a aplicação correta e adequada da impermeabilização a fim de conter futuros vazamentos.

O primeiro caso estudado, é uma casa de 470 m², situada na cidade de Capitólio - MG, construída há mais ou menos 20 anos e que passou por uma revitalização há 7 anos.

De acordo com a entrevista realizada junto ao proprietário e ao engenheiro responsável, após o surgimento de umidade no teto, realizou-se uma investigação e concluiu-se que a infiltração foi consequência de um problema estrutural que gerou uma trinca danificando a impermeabilização. Neste caso, a impermeabilização realizada não foi capaz de acompanhar a movimentação da estrutura, tendo como agravante a má realização do rejunte entre as peças de porcelanato que possibilitou

a infiltração da água no teto do primeiro andar, conforme pode ser vista na Figura 31, que se acumulou entre a laje e o contrapiso infiltrando no gesso.

Figura 31 - Infiltração em laje.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

Pode-se notar, através da Figura 32, a ocorrência de problemas provenientes da ação de intempéries e variações da temperatura que causaram a movimentação da estrutura levando ao aparecimento de trincas e fissuras.

Figura 32 - Trinca aberta, após remoção da cerâmica.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021

Neste caso estudado, a impermeabilização aplicada durante a execução da revitalização foi a argamassa polimérica que por ser um impermeabilizante rígido não conseguiu acompanhar a movimentação da estrutura, ocasionando o surgimento de trincas e fissuras. Um fator agravante neste caso foi o grande espaço de tempo entre a colocação do revestimento sobre a camada de impermeabilização, ficando este sistema exposto às intempéries por mais tempo que o recomendado pelo fabricante. Essa exposição ocasiona a perda de propriedades impermeabilizantes e de resistência.

Estes problemas, ao não serem corrigidos, levam a outros problemas, que comprometem ainda mais a estrutura e a segurança da edificação, pois a infiltração degrada a estrutura de concreto e causa corrosão das armaduras.

4.1.2 Caso II - Laje sem impermeabilização

O segundo estudo de caso é sobre uma edificação com 420 m² construídos, situada à Rua Das Pipas, Bairro Engenheiro José Mendes Júnior, em Capitólio - MG. Através da entrevista realizada com o construtor responsável pelo reparo e da visita ao local, concluiu-se que o problema da infiltração se deu devido ao mau revestimento e da falta de impermeabilização da laje. A água começou a infiltrar na laje, descendo pelo gesso, ocasionando problemas na edificação, que podem ser vistos pela Figura 33 e Figura 34. A estrutura da cobertura foi realizada com madeiramento e telha cerâmica, esta não sofreu com a ação da infiltração.

Figura 33 - Infiltração no forro de gesso.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

Figura 34 - Infiltração no forro.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

Uma das causas apontadas para esse caso foi a ausência do extravasor na caixa d'água "ladrão", que nos momentos de falha da torneira boia da caixa d'água, a água caía e ficava empoçada na laje. Nesse momento, devido à falta de impermeabilização na laje, surgiram as manifestações patológicas.

4.1.3 Caso III - Laje impermeabilizada com manta asfáltica

O terceiro estudo de caso foi realizado em uma casa de 620m², localizada na rua do Luar, no Bairro Ponta do Sol, na cidade de Capitólio – MG. Neste caso tem-se uma laje que após o término da sua execução passou pelo processo de impermeabilização com manta asfáltica.

A vida útil de uma impermeabilização com manta asfáltica tem uma média, segundo diversos fabricantes, de 15 anos, podendo ser estendida desde que haja a aplicação de um revestimento sobre ela, como em piscinas, por exemplo, que tem a vida útil da impermeabilização com manta asfáltica estendida em até 30 anos.

Na obra em estudo, através da entrevista com o engenheiro responsável pelo reparo, foi constatado que a construção já se aproxima de 15 anos e por essa questão está apresentando algumas manifestações patológicas, onde uma delas é a infiltração na laje, que ocasionou danos no forro de gesso nos pontos onde houve o acúmulo da água, que pode ser visto na Figura 35. O acúmulo de água ocorreu devido a falta do escoamento correto na laje.

Figura 35 - Manta asfáltica com água empoçada.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

4.1.4 Caso IV - Infiltração em parede de arrimo

Este caso versa sobre uma casa residencial recém reformada, situada na rua Drakarias, Bairro Engenheiro José Mendes Júnior (Escarpas do Lago), Capitólio, Minas Gerais. A construção de aproximadamente 25 anos de idade, que antes possuía cerca de 160 m², passou por uma reforma e ampliação e atualmente encontra-se com 410 m². Durante a reforma, uma manifestação patológica preexistente na estrutura não foi corrigida da forma adequada, de acordo com a proprietária, reaparecendo pouco tempo após a conclusão da obra.

A residência em estudo foi construída na divisa do lote aproveitando o muro de arrimo como parede de um dos quartos da edificação, entretanto este muro não passou pelo processo correto de impermeabilização, nem de uma drenagem apropriada, ocasionando problemas de umidade no revestimento.

Não se pode afirmar se houve a impermeabilização apropriada do muro quando este foi construído há 25 anos atrás porque não foi possível o contato com o construtor que executou a obra. Mas, pode-se afirmar que durante o processo de reforma, não se executou o reparo adequado a fim de corrigir definitivamente este problema. Na Figura 36 é apresentado os sinais de umidade na parede, visto do interior da edificação. Já na Figura 37 é mostrada a parte externa do muro de arrimo.

Figura 36 - Infiltração em parede de muro de arrimo.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

Figura 37 - Infiltração em parede de muro de arrimo.



Fonte: Acervo Do Autor, 2021.

4.2 Propostas e métodos corretivos aplicados

A escolha pelo tipo de impermeabilização a ser aplicada, é feita de forma individual, analisando as peculiaridades de cada ambiente, pois cada produto possui uma função específica.

De acordo com Cunha e Neumann (1979, p. 14) os principais pontos que precisam de algum tipo de impermeabilização são:

Telhados e coberturas planas, terraços e áreas descobertas, calhas de escoamento das águas pluviais, caixas d'água, piscinas e tubulações hidráulicas, pisos de áreas molhadas, paredes expostas à ação de intempéries, jardineira, esquadrias e peitoris das janelas e soleiras de portas que abrem para fora.

Analisando cada um dos casos mostrados anteriormente e colocando em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Civil e os apresentados nos capítulos anteriores, será dada uma ou mais proposta de soluções práticas e viáveis a cada caso estudando as causas e as particularidades de cada um.

4.2.1 Caso I - Lajes de cobertura

Existe uma vantagem ao se realizar uma impermeabilização em uma cobertura de telhado convencional que por ser o método mais empregado tem-se uma maior destreza da parte dos construtores.

Uma Impermeabilização custa aproximadamente a metade do preço de um telhado, além disso deve ser levado em conta que, ao custo da cobertura com telhado, tem que ser acrescido o custo da construção das calhas. A impermeabilização traz ainda o grande benefício de permitir que se use a espuma cimento para substituir a argamassa de caimento, incorporando assim o isolamento térmico sem acréscimo de custo, o que então faz disparar a vantagem econômica, pois o isolamento térmico em separado aumenta pelo menos 30% o custo do telhado (CUNHA; NEUMANN, 1979, p. 53).

Para problemas relacionados à impermeabilização em lajes de cobertura primeiramente deve-se analisar a causa e se a mesma é localizada ou generalizada. Nos casos em que a falha é generalizada a única alternativa é fazer-se novamente a impermeabilização total da laje utilizando um sistema de impermeabilização flexível, como membranas acrílicas ou asfálticas, ou as mantas asfálticas. Para casos em que a falha é local, que é o caso em estudo, pode-se optar pela realização da correção da falha de forma localizada aplicando-se o mesmo impermeabilizante já utilizado anteriormente no restante da laje tornado a correção mais rápida, ou pode-se ainda escolhendo um novo tipo de impermeabilizante mais adequado ao local de aplicação. Nesta obra, após a análise, optou-se pelo reparo localizado, tendo em vista que a falha é em uma região pequena da laje.

O método para correção desta infiltração consistiu em várias etapas onde a primeira delas foi a retirada total do porcelanato da área danificada pela infiltração, como está mostrado na Figura 38, possibilitando uma melhor identificação e análise da trinca.

Figura 38 - Retirada do porcelanato.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

Em seguida preencheu-se as trincas com graute (Figura 39) e realizou-se uma nova impermeabilização com argamassa polimérica “semiflexível”. Após a completa aplicação da impermeabilização, fez-se a instalação do novo porcelanato.

Figura 39 - Área preenchida com graute, pronta para aplicar a nova impermeabilização.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

4.2.2 Caso II - Laje sem impermeabilizante

A fim de reparar o problema estudado neste caso foram realizados os seguintes passos para correção:

- De imediato trocou-se a torneira boia e fez-se a instalação do extravasor na caixa d'água;
- Após a completa secagem da laje, fez-se a aplicação de um impermeabilizante flexível, no caso uma manta líquida à base de asfalto moldada a frio, que se justifica devido a laje sofrer com movimentação constante em diferentes direções em sentido diferentes dos outros elementos estruturais;
- Em seguida fez-se a troca de todo o revestimento de gesso que estava danificado (Figura 40).

Figura 40 - Reparo sendo realizado no revestimento do teto.



Fonte: Acervo do autor, 2021.

4.2.3 Caso III - Laje impermeabilizada com manta asfáltica

As manifestações patológicas apresentadas neste estudo de caso foram ocasionadas devido a manta asfáltica ter atingido o tempo de vida útil sugerido pelos fabricantes e alguns outros problemas, como os condutores danificados.

Para solucionar este caso, sugere-se:

1. Retirar totalmente a manta asfáltica danificada;
2. Nivelar a superfície para um melhor escoamento;
3. Verificar e reparar todos os condutores;
4. Após a completa secagem da laje, sugere-se a aplicação de um impermeabilizante flexível visto que a laje é uma parte da edificação que fica exposta constantemente a intempéries fazendo com que haja constante movimento de dilatação e contração, tomando como sugestão a manta líquida asfáltica moldada a frio pela disponibilidade de mercado e de mão de obra;
5. Substituição do acabamento interno que se encontra danificado, fazendo a retirada de todo material estragado e instalando um novo revestimento.

1.2.4 Caso IV - Infiltração Em Parede De Arrimo

No estudo de caso IV, o reparo não foi realizado. Portanto, sugere-se que para a correta manutenção devem ser seguidos os seguintes procedimentos:

Desaterrar o muro;

1. Retirar a terra do muro, como se abrisse o solo em contato com a estrutura e aguardar secagem completa da estrutura;
2. Revestir o lado externo do muro de arrimo com argamassa misturada com aditivo impermeabilizante por hidrofugação do sistema capilar;
3. Aplicar impermeabilização com tinta asfáltica do lado externo para criar uma película impermeável limitando o contato do muro com o solo protegendo assim a estrutura das águas e dos agentes agressivos.
4. Executar corretamente o sistema de drenagem, sendo sugerido a colocação de um tubo ou manilha furada envolto de brita e de bidim ou gel têxtil na face externa do muro;
5. Remover o revestimento cimentício comprometido na parte interna do muro;
6. Aplicar chapisco com um aditivo de alto desempenho para uma melhor aderência do revestimento e em seguida uma argamassa com aditivo impermeabilizante, sugerido o mesmo já citado no item 3;
7. Aplicar no lado interno o impermeabilizante tipo argamassa polimérica semi flexível que de acordo com os fabricantes é a mais indicada para impermeabilizar paredes visto que as argamassas são projetadas para acompanhar a dilatação da parede;
8. Executar na parte interna um novo acabamento interno com tinta.

5. CONCLUSÃO

É fato que manifestações patológicas podem estar presentes em todas as etapas da construção, desde o projeto até a execução. Neste trabalho deu-se ênfase às infiltrações, que é o precedente de diversos problemas.

É evidente a importância de um bom projeto e do planejamento de cada etapa, e quando se trata de impermeabilização não é diferente. É necessário verificar todas as situações possíveis onde a umidade pode ocasionar problemas, a fim de evitá-las, poupando de possíveis futuros reparos.

Mesmo como mostrado anteriormente, que os projetos de impermeabilização têm custos que giram em torno de 1% a 3% do valor total de uma obra, esse tipo de projeto ainda tem pouca adesão por parte dos proprietários, que em sua maioria optam por não o fazer, pensando na economia que pode se ter, mas que futuramente, podem ocasionar gastos não previsíveis com retrabalhos e correções.

Infiltrações são problemas que devem ser tratadas com urgência, pois além de afetar a estética, elas desencadeiam uma série de manifestações patológicas, podendo ainda ocasionar problemas de saúde nos moradores

Nos estudos de casos I, II e IV evidenciou-se a falta de costume regional na contratação de um engenheiro para a elaboração de um projeto de impermeabilização.

Como medida paliativa, é possível sugerir que os municípios implementem a obrigatoriedade de apresentação do projeto de impermeabilização para aprovação do início das obras. Destaca-se aqui, alguns tipos de obras onde essa obrigatoriedade deveria ser implementada com urgência:

1. Muro de arrimo.
2. Muro de arrimo como parede;
3. Coberturas;
4. Reservatórios de água;
5. Áreas molhadas;
6. Projetos de paisagismos;
7. Projetos em terrenos saturados;

A sugestão da implantação do projeto de impermeabilização parte do princípio da garantia de uma condição de moradia mais salubre ao morador e também da economia, pois segundo Venturini (2009) “quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo ficará, chegando a custar até 15 vezes mais, quando o mesmo é executado depois que o problema surgir e o usuário final estiver habitando o imóvel”.

Durante a elaboração deste trabalho foi possível perceber que ainda existe um abismo entre as práticas recomendadas pelas normas e as práticas observadas nas obras. Sendo que, em muitas das vezes, a impermeabilização é feita sem acompanhamento por profissional habilitado, sem mão de obra qualificada, baseadas apenas em conhecimentos empíricos.

Para pesquisas futuras, sugere-se a realização de estudos de casos em outras cidades, de forma a verificar a prática de cada local. Levantando as situações em que existem projetos e as que não existem, verificando como são executadas as impermeabilizações nas obras, se são acompanhadas ou não por profissionais habilitados, e se existem trabalhadores treinados para a realização desses serviços.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, I. F. **Manifestações Patológicas em Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda Executados em Alvenaria Estrutural: Uma análise da Relação de Causa e Efeito.** 2008. 169f. Dissertação. Mestrado em Engenharia), Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/17357>. Acesso em: 24 jul. 2022.
- ANTONELLI, G.R.; CARASEK, H.; CASCUDO O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizantes em edifícios habitados de Goiânia-GO.** IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu.2002.
- ANTUNES, B. **Construção estanque.** *Construção e Mercado*, São Paulo, n.39, p.183-188, out. 2004.
- ARANTES, Y.K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil.** 2007. 67f. Monografia. Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização.** Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-12170: Determinação da Potabilidade da Água Após Contato.** Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-13724: Membrana asfáltica para impermeabilização com estrutura aplicada a quente.** Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15414: Membrana de poliuretano com asfalto para impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15487: Membrana de poliuretano para impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575: Desempenho de Edificações Habitacionais.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6118: Projeto de Estrutura de Concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9574: Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-9865: Emulsão asfáltica para impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-9952: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2014.

BARBOSA, R. M. E. **Patologia da impermeabilização em edificações: aspectos técnicos e metodológicos**. 2018. 120 f. Projeto (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10023223.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção: novos materiais para construção civil**. 5ª ed. v1. LTC, 2010.

CASCUDO, O; CARASEK, H. **Ação da carbonatação no Concreto**. In: ISAIA, G.C. (ed.) **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo, IBRACON, 2011. 1v.

CASTRO, U. R. **Importância da manutenção predial preventiva e as ferramentas para sua execução**. Monografia. 44 fls. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

CASTRO, M. D.; MARTINS, R. M. **Análise e sugestões terapêuticas das patologias de infiltração de um edifício com mais de 20 anos: Estudo de caso**. 2014. 78. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do 43 Paraná. Pato Branco, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14438>. Acesso em: 05 fev. 2023.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

CÓIAS, V. **Inspeções e Ensaio na Reabilitação de Edifícios**. Lisboa, IST PRESS, 2006.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/1420>. Acesso em: 24 jul. 2022.

CUNHA, A.G.; NEUMANN, W. **Manual de impermeabilização e isolamento térmico**. Rio de Janeiro: Texsa Brasileira, 1979. 227p.

CUNHA, A. M.; ABITANTE, A. L.; LUCIO, C. S.; AL., et. **Construção Civil**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020498/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

DENVER. Informativo Técnico – Denvermanta Elastic – Manta asfáltica estruturada com poliéster e modificada com polímeros. 9. ed. Suzano, São Paulo, 2004. Acesso

DENVER. Informativo Técnico – Denverpren PU – Impermeabilizante a base de poliuretano com asfalto. 11. ed. Suzano, São Paulo, 2017. Acesso em:

DENVER. Manual Técnico. Suzano, São Paulo, 2011.

DO CARMO, P. O. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FUSCO, P. B. 2008. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. 2ª Ed. PINI.

GRANDISKI, P. **Perícias em Edificações**. Curso de Especialização em Engenharia de Avaliações de Bens e Perícias. Apostila CEDEMPT. Londrina, Maringá, 2001.

HELENE, P. R.L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto**. In: Workshop Durabilidade das Construções. Anais. São Leopoldo, 1997.

HIRT, B. F. **Manifestações patológicas em obras de escolas públicas estaduais do Paraná**. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica

Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/19788/2/CT_CEPAC_V_2014_03.pdf. Acesso em: 24 jul. 2022.

Impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios. In: Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções para o Terceiro Milênio, 1998, São Paulo.

ISAIA, C G. **IBRACON Concreto Ensino Pesquisa e Realizações**. 1ª Ed Vol. 1 e 2. 2010 DISTRIBUIDORA CURITIBA DE PAPÉIS E LIVROS.

ISCHAKEWITSCH, G.T. **Projeto, Acompanhamento e controle**. Caminho da Qualidade. Revista Impermeabilizar, São Paulo, n.91, p. 15-26, jan.1996.

JOFFILY, I. A. L.; OLIVEIRA, A. L. A. **A ocorrência de eflorescência em locais impermeabilizados com manta asfáltica**. 2013. Disponível em:
<http://www.casadagua.com/wp-content/uploads/2014/02/PAP-034-SS02.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2022.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções. Procedimento para Diagnóstico e Recuperação**. São Paulo: USP, 1986. (Boletim Técnico 09).

LOTURCO, B. **Poliuretanos, poliuréias e mantas adesivas**. Técnica, São Paulo, n. 102, p. 52-57, set. 2005.

LUIS, S. S. **Carbonatação em estruturas de concreto armado**. João Pessoa, 2018. Monografia. Disponível em: <https://bdtcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/02/PDF-SAMUEL.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2022.

LWART - Manual técnico de impermeabilização. Disponível em:
<https://www.lwart.com.br/>. Acesso em: 24 jun. 2022.

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

MARTINS, J.G. **Impermeabilizações: Condições técnicas de Execução**. Universidade Fernando Pessoa, Porto,2006.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo, IBRACON, 2008. 660p.

MORAES, C.R.K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre**. 2002, 91p. Dissertação. UFRGS, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2708>. Acesso em: 24 jul. 2022.

MORAES, M.B. **Estudo das trincas em paredes de alvenaria autoportante de tijolos e blocos de solo-cimento**. São Paulo, 1982. 82p. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000714185>. Acesso em: 24 jul. 2022.

NAKAMURA, J. **Rígida e estanque**. *Téchne*, São Paulo, n.115. p. 28-33, out. 2006.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia. Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9A3GCW>. Acesso em: 24 jul. 2022.

PEREIRA, C. **Emulsão Asfáltica – Passo a passo da aplicação**. Escola Engenharia, 2013. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/emulsao-asfaltica/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

PIEPER, J.A.N. **Só se nota a impermeabilização quando ela não existe**. *Revista Impermeabilizar*, São Paulo, n.43, p.6, fev. 1992.

POLITO, G. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. 2006. Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PORCIÚNCULA, E. **Combate às patologias começa na impermeabilização**. 2013. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/combate-aspatologias-comeca-na-impermeabilizacao/>. Acesso em: 05 fev. 2023.

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009. 93f. Monografia (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 3. ed. São Paulo: Pini, 1996.
RODRIGUES, R.M. et al. Erros, diagnósticos e soluções de Impermeabilização na construção civil. Interscientia, V.4, Nº2, 2016.

SABBATINI F. et al. **Impermeabilização - Sistemas e execução**. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006. 20p. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. 2. ed. rev. São Paulo: Érica, 2009.

SAYEGH, S. **Cimentos e polímeros contra a umidade**. Técnica, São Paulo, n.56, p. 42-44, nov. 2001.

SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2009. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCCClayton-Eduardo-Sch%C3%B6nardie.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2023.

SIKA. Disponível em: <[Sika Brasil](#)>. Acesso em: 23 de agosto de 2022.

SILVA, D.O.; OLIVEIRA, P.S.F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. Técnica, São Paulo, n. 111, p. 76-80, jun. 2006.

SILVA, F.B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/174/patologia-das-construcoesuma-especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx>. Acesso em: 15 mar. 2022.

SILVA, G. **Impermeabilizantes rígidos ou flexíveis: saiba especificar**. AECweb, 2015. Disponível em:< Impermeabilizantes rígidos ou flexíveis: saiba especificar | AECweb. Acesso em: 18 maio 2022.

SOUZA, M.F. **Patologias Ocasionadas Pela Umidade Nas Edificações**. Trabalho de Conclusão de Curso.2008. Disponível em: https://minascongressos.com.br/sys/anexo_material/63.pdf. Acesso em: 15 mar. 2022.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. C. S. **Fissuração** - 168 Casos Reais. Rio de Janeiro, 2003

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, v. 1, 1989

UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.561- 64.

VENTURINI, Geovane. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções - análise de casos**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

WONG, L.T. **A cost model for plumbing and drainage systems Facilities**, 2002.

VIEIRA, E. **Impermeabilização com argamassa aditivada**. Técnica, São Paulo, n. 99, p. 76-78, jun. 2005.

VIEIRA, L. F. B. **Sistemas Impermeabilizantes Na Construção Civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. v. 1, n. 12, p. 05-17, dez. 2018. Disponível em:
<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenhariacivil/impermeabilizantes>.
Acesso em: 06 fev. 2023.

VILAR, D.W. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos**. 3 eds. Capítulo 1 - Reagentes e Fundamentos. Rio de Janeiro, 2002.