

**REDE DE ENSINO DOCTUM  
UNIDADE JOÃO MONLEVADE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GABRIEL CRUZ VICENTE  
THAINÁ TALITA SOARES FREITAS**

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO APLICADAS EM  
EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO  
MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE.**

**JOÃO MONLEVADE**

**2019**

**REDE DE ENSINO DOCTUM  
UNIDADE JOÃO MONLEVADE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**GABRIEL CRUZ VICENTE  
THAINÁ TALITA SOARES FREITAS**

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO APLICADAS EM  
EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO  
MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE.**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado para obtenção do grau de bacharel  
em Engenheiro Civil no curso de Engenharia  
Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

Orientador: Prof. Me. Ladir Antônio da Silva  
Júnior

**JOÃO MONLEVADE  
2019**

**GABRIEL CRUZ VICENTE  
THAINÁ TALITA SOARES FREITAS**

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO APLICADAS EM  
EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL NO  
MUNICÍPIO DE JOÃO MONLEVADE.**

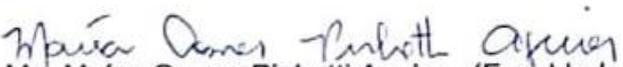
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil no curso de Engenharia Civil, da Faculdade Doctum de João Monlevade.

João Monlevade, 10 de dezembro de 2019.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Me. Ladir Antonio da Silva Junior - (Faculdade Doctum) - Orientador

  
Especialista Gilmar Rodrigues da Silva

  
Prof.ª Me. Maisa Comar Pinhotti Aguiar - (Faculdade Doctum)

**Dedicamos este trabalho àqueles que com muito amor e carinho souberam compreender a nossa ausência, incentivando-nos para tornar suportáveis os momentos difíceis no transcorrer dessa monografia e de formas diferentes deram forças para sua conclusão, a Deus e a toda nossa família, em especial ao nosso filho Lorenzo Felizola Soares Vicente por ser a maior motivação de nossas vidas.**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me guiar sempre, por me transmitir força, foco e fé que me acompanharam ao longo desses anos e que não me permitiram desistir da trajetória acadêmica.

Em especial ao Professor Ladir Antônio da Silva Júnior, pela imprescindível orientação, dedicada a esta monografia, vinculada a profundos laços de amizade e carinho, que fizeram presentes em todos esses anos.

Agradeço também ao meu bem mais precioso: minha família. Aos meus pais pela arte de me amar incondicionalmente, por ser sempre minha base, por estarem sempre ao meu lado e por me darem todas as condições necessárias para chegar aonde cheguei. O meu eterno agradecimento. Amo vocês.

Eu Thainá, agradeço ao meu lindo, carinhoso e amado filho Lorenzo, que ainda não tem idade para entender o que é uma monografia e que nada compreendeu minha ausência, agradeço as demonstrações de afeto ao requisitar minha presença e atenção 24h por dia. Obrigada por ser minha maior motivação, pela espontaneidade, carinho e amor incondicional que sempre me estimularam nos momentos difíceis, sem dúvidas você foi o principal responsável pela realização deste sonho. Obrigada amor da minha vida.

Eu Thainá, agradeço à minha irmã Tatiana, pela fonte de inspiração e companheirismo, que de forma especial e carinhosa me deu força e coragem, me apoiando nos momentos de dificuldades, preocupando-se até com os problemas pessoais pelos quais passei no transcorrer dessa monografia. Obrigada por me dar todo o seu amor. Obrigada irmã por contribuir com tantos ensinamentos e sabedoria, esses anos de graduação não seriam os mesmos sem você ao meu lado. Obrigada pelo constante carinho e afeto.

Eu Gabriel, agradeço à minha tia Sirlaine e ao meu tio Paulo pela oportunidade de crescer na vida, de poder abrir as portas da sua casa, me acolhendo e me proporcionando a descoberta de uma vida cheia de grandes conquistas. Obrigada pelo carinho, pelas oportunidades ímpares de viver em um ambiente familiar íntegro, generoso e amoroso.

À Faculdade Rede de Ensino Doctum, à coordenação e todo o seu corpo docente que foram solícitos e compreensivos em aceitar com muito carinho e afeto que nosso filho participasse das aulas. Nossos mais lindos agradecimentos.

**“Uma pessoa inteligente resolve um problema, um sábio o previne.”**

**Albert Einstein**

## RESUMO

A realização do processo de impermeabilização durante a execução de uma edificação, de modo geral garante a segurança e durabilidade da estrutura, protegendo a edificação de futuras manifestações patológicas que podem ocorrer devido a ações de intempéries à estrutura, a utilização de métodos e materiais construtivos inadequados, e inconformidade com o projeto executivo. Esse trabalho apresenta um estudo dos problemas patológicos decorrentes da umidade e infiltrações presentes nas edificações, com propostas de possíveis correções e sugestões de como precaver tais patologias. De forma a elucidar melhor sobre o assunto, foi realizado um estudo de caso através do acompanhamento de uma reforma em uma edificação residencial no município de João Monlevade/MG, a fim de diagnosticar as patologias existentes sugerindo possíveis soluções para os problemas encontrados na edificação objeto deste estudo. E para a elaboração do mesmo, foi realizado um levantamento do gasto total do serviço apresentado por uma planilha de investimento e comparado com o valor que seria gasto na fase de concepção da edificação se fosse previsto e executado corretamente um sistema de impermeabilização. No estudo de caso apresentado foi utilizado a argamassa polimérica impermeabilizante semiflexível para executar a manutenção corretiva do reboco. Baseados na revisão bibliográfica realizada, observou-se que o material empregado foi o mais adequado para reparar a edificação das patologias originadas pela umidade provinda do solo, sendo esta a patologia predominante na edificação. Como a manifestação patológica é antiga e se perpetua, foi realizado este estudo com o objetivo de buscar informações sobre a causa do problema, o motivo de sua manifestação, os meios existentes para solucioná-la e os recursos disponíveis para evitar a patologia. Como conclusão, constatamos que é imprescindível a disponibilização de informações à mão-de-obra local, sobre a importância da aplicação de impermeabilizantes como forma de evitar a patologia construindo residências mais seguras, confortáveis e saudáveis.

**Palavras-chave:** Manifestações patológicas. Sistemas de impermeabilização. Orçamento.

## **ABSTRACT**

The waterproofing process during the execution of the construction ensures the safety and durability of the structure, protecting the edification from future pathological manifestations that may occur due to weathering of the structure, use of inappropriate construction methods and materials, and nonconformity with the executive project. This paper presents a study of pathological problems arising from humidity and infiltration present in edifications, with proposals for possible corrections and suggestions on how to prevent such pathologies. In order to better elucidate the subject, a case study was carried out through the monitoring of a renovation project in a residential building in João Monlevade City / MG, in order to diagnose the existing pathologies suggesting possible solutions to the problems found in the building object of this study. And for its elaboration, a survey of the total expenditure of the service executed by an investment spreadsheet was carried out and evaluated with the amount that would be spent in the conception phase of the edition, if planned and executed correctly in the waterproofing project. In the case study presented the semiflexible waterproofing polymeric mortar was used to perform the corrective maintenance of the plaster. Based on the bibliographic review performed, it was observed that the material used was the most appropriate to repair the building of pathologies originated by soil moisture, which is the predominant pathology in the building. As the pathological manifestation is old and perpetuated, this study was conducted to seek information about the cause of the problem, the reason for its manifestation, the existing means to solve it and the resources available to prevent the pathology. In conclusion, we found that it is essential to provide information to the local workforce about the importance of applying waterproofing as a way to avoid the pathology building safer, more comfortable and healthier homes.

**Keywords:** Pathological manifestations. Waterproofing systems. Budget.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Infiltração por capilaridade .....	21
Figura 2 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	22
Figura 3 – Infiltração por percolação .....	22
Figura 4 – Pintura da cobertura comprometida .....	23
Figura 5 – Umidade de Construção.....	24
Figura 6 – Umidade de Precipitação .....	26
Figura 7 – Goteiras e manchas no teto .....	28
Figura 8 – Mofo e apodrecimento na parede.....	29
Figura 9 – Oxidação das armaduras .....	30
Figura 10 – Carbonatação do concreto .....	31
Figura 11 – Eflorescências nas alvenarias de blocos cerâmicos.....	32
Figura 12 – Criptoflorescências em alvenaria de concreto.....	33
Figura 13 – Desagregamento da pintura .....	33
Figura 14 – Saponificação na superfície da parede.....	34
Figura 15 – Pintura da cobertura comprometida .....	37
Figura 16 – Preparação de argamassa com aditivo hidrófugo .....	40
Figura 17 – Manta asfáltica já aplicada .....	41
Figura 18 – Aplicação de cristalizante na forma de pintura .....	44
Figura 19 – Injeção de cristalizantes em parede com umidade ascendente .....	45
Figura 20 – Planta baixa da edificação que será reformada .....	48
Figura 21 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	51
Figura 22 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	52
Figura 23 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	52
Figura 24 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura .....	53
Figura 25 – Pintura do teto comprometida .....	53
Figura 26 – Parede sendo impermeabilizada.....	55
Figura 27 – Parede sendo impermeabilizada.....	55
Figura 28 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	56
Figura 29 – Parede recuperada.....	56
Figura 30 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	57
Figura 31 – Parede recuperada.....	57

Figura 32 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura .....	58
Figura 33 – Parede recuperada.....	58
Figura 34 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura.....	59
Figura 35 – Parede recuperada.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Material gasto .....	60
Tabela 2 – Mão de obra .....	60
Tabela 3 – Material que deveria ser gasto .....	61
Tabela 4 – Mão de obra .....	61
Tabela 5 – Material desperdiçado .....	62
Tabela 6 – Mão de obra .....	62
Tabela 7 – Discussão dos resultados.....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBI	Instituto Brasileiro de Impermeabilização

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 HISTÓRIA.....	18
2.2 INFILTRAÇÃO.....	20
2.2.1 Tipos de Infiltração.....	21
2.3 UMIDADE.....	23
2.3.1 Umidade de Construção .....	23
2.3.2 Umidade do Terreno.....	24
2.3.3 Umidade de Precipitação .....	25
2.3.4 Umidade de Condensação.....	26
2.3.5 Umidade Devido a Outras Causas .....	27
2.4 PATOLOGIAS .....	27
2.4.1 Patologias Originadas Pela Ausência de Impermeabilização.....	27
2.4.1.1 Goteiras e Manchas .....	28
2.4.1.2 Mofo e apodrecimento .....	28
2.4.1.3 Ferrugem.....	29
2.4.1.4 Carbonatação do Concreto.....	30
2.4.1.5 Eflorescências .....	31
2.4.1.6 Criptoflorescências .....	32
2.4.1.7 Desagregamento .....	33
2.4.1.8 Saponificação .....	34
2.4.2 Patologias Originárias do Processo Construtivo .....	34
2.4.2.1 Fissuras.....	35
2.4.2.2 Corrosão das Armaduras.....	35
2.5 PROJETOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	36
2.6 IMPERMEABILIZAÇÃO.....	37
2.6.1 Tipos de Impermeabilização.....	38
2.6.2 Seleções dos Sistemas Impermeabilizantes.....	39
2.6.3 Materiais Impermeabilizantes.....	40
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
3.1 ESTUDO DE CASO .....	47

3.1.1	Metodologia de Levantamento dos Problemas Patológicos Existentes	49
3.1.2	Sistema de Impermeabilização.....	50
3.1.3	Orçamento .....	50
4.	RESULTADOS.....	51
4.1	Estudo de caso 01 .....	51
4.1.1	Diagnóstico e Prognóstico .....	54
4.1.2	Recuperação/ Reparo.....	54
5.	CONCLUSÃO .....	64
	REFERÊNCIAS.....	66

## 1. INTRODUÇÃO

As condições de higiene e saúde nas residências podem ser comprometidas por um conjunto de fatores, sendo a umidade fonte potencial de doenças respiratórias, geração de fungos e outros. Além disso, a vida útil da construção é proporcional à estanqueidade à água de seus elementos.

A norma NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece critérios para estanqueidade de fachadas, pisos de áreas molhadas, coberturas e demais elementos da construção civil, incluindo as instalações hidrossanitárias. Portanto na construção civil a impermeabilização tem como função interromper a passagem de água, vapores e fluídos devendo contê-los ou afastá-los do local que se deseja proteger.

A impermeabilização visa blindar os ambientes de patologias que podem surgir com infiltrações de água associado ao oxigênio e outros agentes agressivos presentes na atmosfera, como gases poluentes, chuvas ácidas, ozônio, entre outros. Tal procedimento é necessário, pois os principais materiais utilizados nas edificações sofrem processo de deterioração e degradação quando sob ação de um agente agressivo.

Pelo fato de quase sempre estarem fora do campo de visão após a edificação estar concluída, geralmente as etapas de impermeabilização são negligenciadas, não sendo tratada com a relevância necessária ou, até mesmo, não sendo utilizada.

Como em qualquer atividade humana que envolve canalização de recursos financeiros, é preciso analisar a chamada “relação custo/benefício”. No que se refere à impermeabilização não é diferente, a impermeabilização realizada segundo a norma técnica pode representar 2% do valor total da obra, conforme aponta o Instituto Brasileiro de Impermeabilização (IBI), entretanto, se executada de forma corretiva, somente após serem constatadas patologias procedentes de infiltrações na edificação já finalizada, este percentual pode ultrapassar a 10% do valor total da obra.

O presente trabalho tem como principal objetivo apresentar as metodologias que devem ser utilizadas no processo de execução de impermeabilizações de edificações, para assegurar conforto para os usuários e longevidade para as estruturas.

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, foram traçados os seguintes objetivos específicos: especificar os tipos de patologias decorrentes da presença de umidade e infiltração; demonstrar os tipos e técnicas de impermeabilizações, bem

como os materiais impermeabilizantes que são mais empregados; demonstrar métodos de execução utilizados e soluções adotadas durante a fase de manutenção; adquirir base técnica para correlacionar o custo/benefício, com o intuito de justificar o custo com a impermeabilização.

Problemas relacionados à umidade e infiltrações estão entre os mais recorrentes entre os usuários das edificações, sendo quase sempre necessário o emprego de recursos financeiros elevados e não previstos, na correção e refazimento de etapas construtivas que foram comprometidas pela má impermeabilização ou até mesmo pela total falta de impermeabilização. A execução tempestiva e assertiva de um sistema de impermeabilização traz aos usuários das edificações uma série de benefícios relacionados à sua saúde e à longevidade das estruturas da sua edificação, o que pode ser alcançado por um custo financeiro muito baixo. Já a falta de conhecimento técnico pode levar o construtor a empregar recursos de forma não eficiente, arcando o proprietário da edificação com todo o custo do desperdício de materiais e com o futuro custo de reparação da sua edificação.

É neste sentido que o presente trabalho se justifica, pois, através de uma revisão da literatura e da aplicação de um estudo de caso serão apresentadas as metodologias que devem ser utilizadas no processo de execuções de impermeabilizações de edificações, para assegurar conforto para os usuários e longevidade para as estruturas.

Assim, foi realizado um estudo geral sobre os sistemas impermeabilizantes, seus processos, a importância dos projetos, os tipos de impermeabilização existentes, e por fim, é demonstrado a aplicação dos diversos tipos de impermeabilização, cuja principal função é trazer conforto para os usuários e longevidade para as estruturas.

Foi realizado um estudo de caso, com o acompanhamento de uma reforma residencial, em um imóvel localizado na Rua José do Carmo de Souza, bairro Teresópolis, na cidade João Monlevade - MG.

Os principais autores que influenciaram esta pesquisa foram Lichtenstein (1986), Souza e Ripper (2009). Lichtenstein (1986) em sua obra ressalta que a partir do levantamento de subsídios, etapa onde as informações relevantes e suficientes para o entendimento completo dos problemas são criteriosamente organizadas com responsabilidade e segurança.

Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento histórico do problema e do edifício e o resultado de análises. Já os

autores Souza e Ripper (2009) abordam as principais causas das anomalias e, argumentam a melhor alternativa de intervenção destes problemas.

O Capítulo 1 apresenta metodologias que devem ser utilizadas no processo de execução de impermeabilizações de edificações e os problemas relacionados a não realização do sistema de impermeabilização que podem comprometer à saúde dos usuários e à longevidade das estruturas.

O Capítulo 2 discorre sobre a problemática das patologias existentes nas construções e ressalta a importância da realização de sistemas impermeabilizantes nas edificações. Além disso, sugerir soluções para as manifestações encontradas buscando reduzir os custos decorrentes dos meios de recuperação inadequados.

O Capítulo 3 apresenta um estudo de caso, onde será realizado o acompanhamento de uma reforma em uma edificação residencial no município de João Monlevade/MG, a fim de diagnosticar as patologias existentes propondo possíveis soluções para os problemas encontrados na edificação objeto deste estudo.

O Capítulo 4 mostra os resultados obtidos de análises dos dados e com base no que foi tratado, será realizado um levantamento do gasto total do serviço apresentado por uma planilha de investimento e comparado com o valor que seria gasto na fase de concepção da edificação se fosse previsto e executado corretamente um sistema de impermeabilização.

Por fim, o Capítulo 5 contém uma síntese de todas as conclusões que se chegou nesse trabalho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho discorre sobre a problemática das patologias existentes nas construções, abordando respectivamente sobre a importância da implantação de um sistema de impermeabilização nas edificações ainda em sua fase de concepção. Além disso, sugerir soluções para as manifestações encontradas buscando reduzir os custos decorrentes dos meios de recuperação inadequados.

### 2.1 HISTÓRIA

A preocupação do homem em construir estruturas que atendem às suas necessidades iniciou-se desde o início da humanidade. Essas construções ao longo do tempo sofreram adaptações de acordo com a necessidade e as técnicas construtivas. Conforme Souza e Ripper (2009) as suas necessidades poderiam ser laborais, de infraestrutura e habitacionais.

O avanço das construções civis ganhou cada vez mais objetivos, seja nos primórdios de proteger o homem de animais ou como nos tempos atuais com o intuito de proporcionar conforto e acessibilidade com o uso avançado de tecnologias.

De acordo com Souza e Ripper (2009) com as centenas de inovações na construção civil e os avanços tecnológicos o homem passou a assumir mais riscos, fazendo com que, tivesse que realizar uma série de investimentos adaptando-se gradualmente e aprendendo técnicas que fossem capazes de identificar falhas voluntárias e involuntárias em seus empreendimentos.

Passou a existir assim, conforme Souza e Ripper (2009), a chamada deterioração estrutural, caracterizada pelas falhas voluntárias ou não nas construções estruturais. Normalmente as falhas voluntárias são ocasionadas por imprudência, uso de materiais de baixa qualidade, falhas na execução de projetos, falta de fiscalização e gerenciamento de obras, etc. As falhas involuntárias podem ser caracterizadas como aquelas advindas de desgastes do tempo, ou seja, causados de forma natural.

O nível de deterioração estrutural demanda uma avaliação, a fim de identificar possíveis falhas no projeto e na execução. O grau de inviabilidade estrutural deve ser analisado e sanada por meios técnicos específicos que são dados através de estudo e análise de um engenheiro.

Segundo Souza e Ripper (2009), existem dois tipos de graus em problemas patológicos em estruturas, sendo eles, simples e complexos. Os problemas simples são aqueles genéricos, fáceis de serem identificados e não demandam um estudo específico, diferentemente dos problemas complexos que demandam análise de um especialista e de uma avaliação específica, não podem ser identificados imediatamente.

Sendo assim, identificando os problemas necessários é imprescindível que o técnico também se preocupe com o conforto dos usuários e o impacto da sua obra e a realidade em que essa se insere de acordo com os aspectos da coletividade e da natureza.

Dessa forma diante da necessidade de compreensão das diversas formas de reações de uma estrutura ou peças idênticas que tinham performances ineficazes, foi inevitável que houvesse uma revolução da engenharia das estruturas. Essa que acontecera em meados da década de 60 e 70 exigiu mais técnicas e meios econômicos para que a eficácia das estruturas fosse garantida (SOUZA, RIPPER; 2009).

Com o envelhecimento das estruturas e a constatação de diferentes comportamentos de peças idênticas, desde que sujeitas a ambientes diversos, veio a conseqüente possibilidade de colecionar dados concretos quanto à performance das mesmas, ao longo de vários anos, e, além disto, com os muitos casos de insucesso acontecidos, ou, na mesma ótica, de sucesso condicionado pela necessidade de reabilitação ou reforço em um prazo surpreendentemente curto, ou a custo elevado, a Engenharia de Estruturas viu-se, em particular na virada da década de 60 para 70, confrontada com a necessidade técnica, econômica e social de pesquisar outros critérios, que não apenas o da capacidade resistente, para garantir o sucesso das construções. A verdade é que, ainda hoje, quase 30 anos passados sobre o despertar para estas questões, pode-se dizer que, lamentavelmente, não será com um ver-se o trinômio proprietário-projetista-construtor ciente de que deverá responder, a priori, à questão básica sobre qualquer construção: "qual o tempo durante o qual se deseja que a estrutura venha a ter desempenho satisfatório, quanto às funções para as quais foi concebida, com custos de manutenção compensadores?" Ou seja, definida a necessidade de se construir uma determinada obra de Engenharia Civil, há que, além de se oferecer as garantias de uma construção sólida, resistente e de qualidade, a custos justos, estabelecer o tempo, e o correspondente custo, de garantia da continuidade e desempenho satisfatório da mesma, o que implica a adoção de um sistema de manutenção adequado. Isto é a definição prévia, em nível de etapa de concepção, da vida útil da construção. (SOUZA, RIPPER; 2009; p.16)

Segundo Vitório (2003) a identificação dos princípios dos problemas patológicos permite, também a identificação para fins judiciais quem cometeu falhas. Se as manifestações tiveram origem na fase projetos, os projetistas negligenciaram. Quando surgem por causa da qualidade do material, a falha é dos fabricantes. Se tiveram

origem na etapa de execução da obra, as falhas envolvem mão-de-obra, fiscalização ou até mesmo, a omissão do construtor. Se durante o uso, as falhas decorrem da operação e manutenção preventiva.

Estudos mostram que um elevado percentual dos problemas patológicos nas edificações são originados nas fases de planejamento e projeto. Essas falhas são geralmente mais graves que as relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos. Isso se explica pela falta de investimento dos proprietários, sejam eles públicos ou privados, em projetos mais elaborados e, detalhados, fazendo com que a busca pura e simples de projetos mais “baratos” implique muitas vezes na necessidade de adaptações durante a fase de execução e futuramente em problemas de ordens funcional e estrutural. (VITÓRIO, 2003, p. 24)

Ainda nos tempos atuais se vê a necessidade de mais estudos para garantir o fim para qual cada obra se destina, obtendo a mais rigorosa qualidade na execução dos projetos, do uso dos materiais e técnicas de manutenções sempre visando o melhor custo benefício em uma obra.

## 2.2 INFILTRAÇÃO

A infiltração pode ser caracterizada como a passagem da água do meio exterior para o interior ou em sentido contrário, no seu estado líquido e gasoso, que penetra nas paredes por capilaridades através de fissuras ou poros existentes no material. Há vários tipos de infiltrações que afetam a estrutura física da obra, em especial, os materiais utilizados para a sua construção como, por exemplo, o reboco, a pintura, o aço, entre outros.

Essencialmente a água poderá ocasionar a infiltração através de três caminhos distintos: por meio de trincas e rachaduras; pelos poros do material e ainda por falhas que este material possua como, por exemplo, brocas, ninhos no concreto e fendas junto às armaduras. Os principais vilões dessas infiltrações são os vícios construtivos, ou seja, defeitos originados no próprio processo construtivo (erro de projeto ou de execução) ou adquiridos ao longo do tempo (desgastes naturais, utilização, manutenção ineficiente, agressões).

A umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. Essa dificuldade está relacionada à

complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas (SOUZA, 2008).

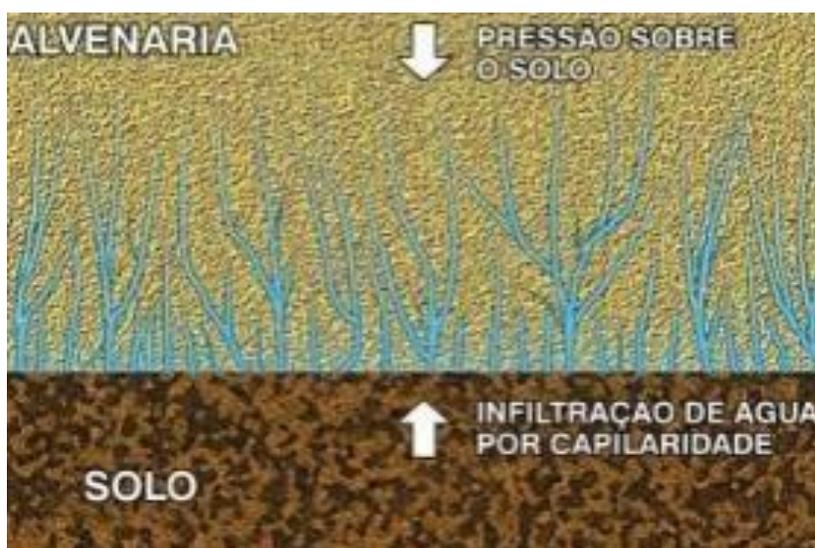
### 2.2.1 Tipos de Infiltração

Existem inúmeros tipos de infiltrações que ocasionam patologias diversas nos materiais utilizados em construções, entre eles podemos destacar:

- a) Infiltração por capilaridade (Figura 1): A água existente no solo pode subir pelas paredes até quase 1 metro (Figura 2), danificando a alvenaria, revestimentos e pintura, pois provoca a desagregação do reboco, o descascamento da pintura e o surgimento de manchas e mofo. Não adianta pintar por cima porque a umidade logo volta. Por isso, há alguns anos, quando não havia impermeabilizantes, as edificações eram providas de porões, cuja finalidade principal era a de confinar a umidade proveniente do solo, impedindo-a de atingir o interior das habitações.

Ela ocorre nos baldrames das edificações, devido às próprias condições do solo úmido, assim como a falta de obstáculos que impeçam a sua progressão. Também ocorre devido aos materiais que apresentam canais capilares, por onde a água passará para atingir o interior das edificações. Têm-se como exemplos destes materiais os blocos cerâmicos, concreto, argamassas, madeiras, etc. (SOUZA, 2008, p. 9)

Figura 1 – Infiltração por capilaridade



Fonte: VEDACIT (2014, p. 6.)

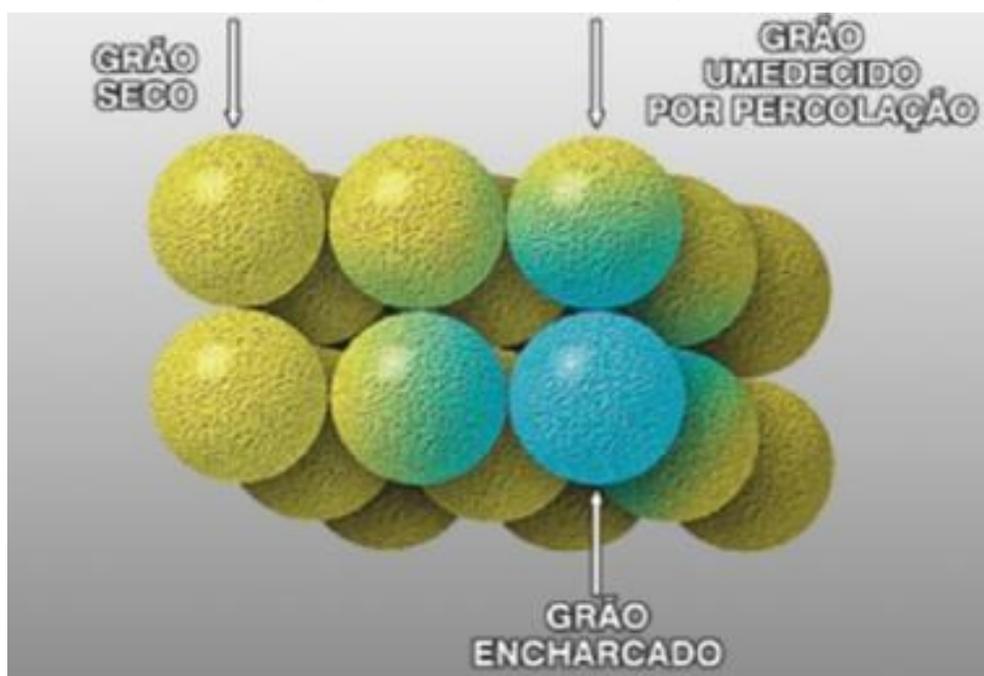
Figura 2 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Aatoria própria (2019)

- b) Infiltração por percolação: chama-se percolação a passagem de água através de um corpo por transmissão de grão a grão (Figura 3). No caso da alvenaria, a água encharca um grão, que por sua vez vai encharcar o grão seguinte, até atravessar toda a parede (Figura 4).

Figura 3 – Infiltração por percolação



Fonte: VEDACIT (2014, p. 6.)

Figura 4 – Pintura da cobertura comprometida



Fonte: Autoria própria (2019)

## 2.3 UMIDADE

De acordo com Henriques (1994) compreender as diversas formas de irregularidades originadas pela umidade, possibilita diagnosticar suas origens e optar por medidas corretas de reparação.

São inúmeras as causas de ocorrência da umidade:

- umidade de construção;
- umidade do terreno;
- umidade de precipitação;
- umidade de condensação; e
- umidade devido a outras causas.

### 2.3.1 Umidade de Construção

Conforme Henriques (1994) a umidade de construção pode originar através de manifestações de anomalias propagadas ou situadas, devidas à evaporação da água existente, simplesmente pelo fato de os materiais possuírem um teor de água eminentemente normal. A água ao evaporar-se pode ocasionar expansões ou evidências de alguns materiais ou, devido a diminuição de temperatura superficial dos materiais, originando-se o aparecimento de condensações. Acrescenta ainda que o

aparecimento de manchas de umidade ou condensações, podem ser causadas pelo fato de a condutibilidade térmica das matérias alterar em função do respectivo teor de água (Figura 5). “Duma forma geral as anomalias devidas a este tipo de umidades cessam ao fim de um período mais ou menos curto, o que é função das características e do tipo de utilização do edifício em causa e da região climática em que se insere.” (HENRIQUES, 1994, p.3)

Figura 5 – Umidade de Construção



Fonte: Pedreira (2016)

### 2.3.2 Umidade do Terreno

O terreno é parte integrante de qualquer construção, afinal é ele que dá sustentação ao peso e também determina características fundamentais do projeto em função de seu perfil e de características físicas como elevação, drenagem, localização e impermeabilizações.

O solo é um sistema complexo, constituído de sólidos, líquidos e gases. As partículas sólidas formam um arranjo poroso tal que os espaços vazios, denominados poros, têm capacidade de armazenar líquidos e gases.

Além das propriedades das partículas sólidas o solo é constituído ainda de outros dois elementos, ou seja, a água e o ar. É de grande interesse separar os

diferentes estados em que a água se apresenta nos solos, entretanto, essa tarefa é extremamente difícil (PINTO, 2006).

Caputo (1988, p. 37) esclarece que:

o solo é um material constituído por um conjunto de partículas sólidas, deixando entre si vazios que poderão estar parcial ou totalmente preenchidos pela água. É, pois, no caso mais geral, um sistema disperso formado por três fases: sólida, líquida e gasosa.

De acordo com Caputo (1988) a água pode estar presente no solo nos seguintes estados:

- Água de constituição: é a que faz parte da estrutura molecular da partícula sólida, ou seja, é aquela que envolve e adere fortemente à partícula sólida;
- Água livre: é a que se encontra preenchendo os vazios do solo, seu estudo é norteado pelas leis da hidráulica;
- Água higroscópica: é a que se encontra presente em um solo seco ao ar livre;
- Água capilar: é a que sobe pelos interstícios capilares deixados pelas partículas sólidas, além da superfície livre da água.

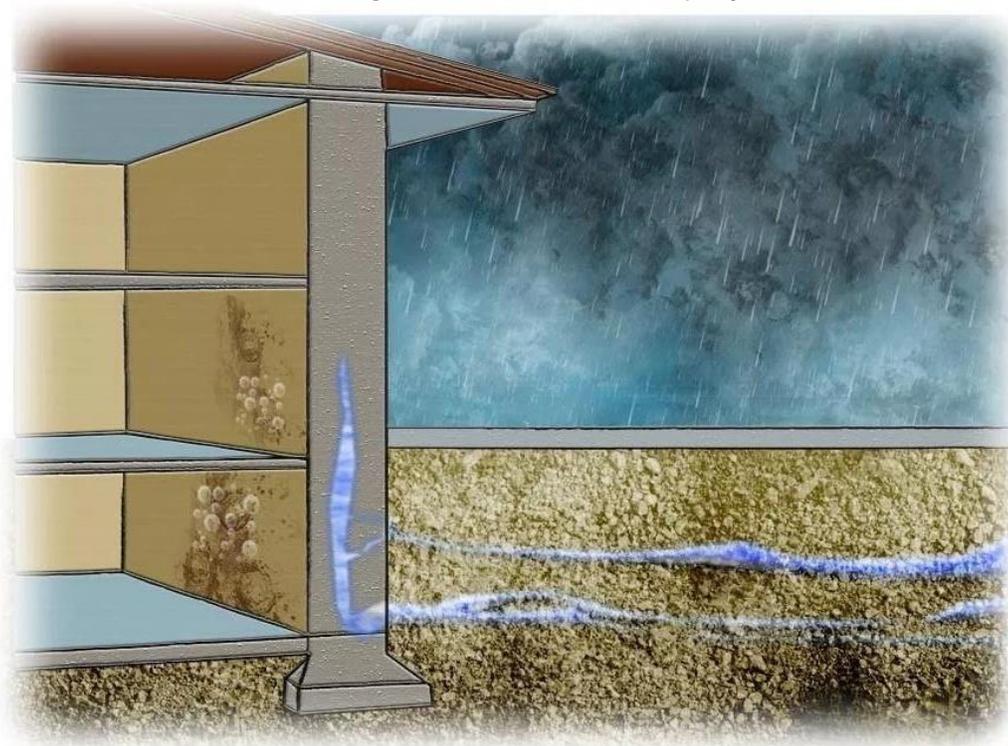
### **2.3.3 Umidade de Precipitação**

Em meteorologia, precipitação descreve qualquer tipo de fenômeno relacionado à queda de água do céu. Isso inclui neve, chuva e chuva de granizo.

Segundo Perez (2001) são as águas pluviais que penetram nas edificações pelo meio dos elementos que estão no envoltório exterior da edificação.

Souza (2008) afirma que a chuva é o agente mais comum para infiltração de umidade “[...] tendo como fatores importantes 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, [...].” (SOUZA, 2008, p. 9).

Figura 6 – Umidade de Precipitação



Fonte: Casa e Construção (2019)

A chuva, assim como a umidade do ar, causa danos aos materiais da construção civil tais como processos de corrosão. Os efeitos de corrosão podem ser intensificados em locais onde ocorre chuva ácida (Figura 6).

Segundo Brusamarello et al. (2002), países industrializados como os Estados Unidos apresentam prejuízos da ordem de 300 bilhões de dólares anuais associados com problemas de corrosão o que supera catástrofes como enchentes e queimadas.

Já Rieder et al. (2009) mencionam que no Brasil, apesar de não existirem estudos completos sobre os prejuízos causados pela corrosão, estima-se prejuízos superiores a 30 bilhões de dólares anuais.

#### **2.3.4 Umidade de Condensação**

Segundo Souza (2008, p. 10), “[...] a umidade de condensação possui uma forma bastante diferente das outras já mencionadas, pois a água já se encontra no ambiente e se deposita na superfície da estrutura e não mais está infiltrada.”

Segundo Perez (1988 *apud* PEREZ, 2001) a umidade de condensação é procedente do vapor da água que se localiza condensada nos interiores dos elementos ou nas superfícies da construção.

### 2.3.5 Umidade Devido a Outras Causas

Há diversas causas que favorecem para a manifestação da umidade em paredes, além das que já foram tratadas acima, é preciso ainda ressaltar outras causas como: pontos com descarga de líquidos, esgoto ou águas pluviais rompimentos de canalizações de água. São denominadas anomalias pontuais por serem fáceis de reparar.

## 2.4 PATOLOGIAS

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças. Com a definição dada pelo portal Wikipédia, a palavra patologia é derivada do grego de *pathos*, que significa sofrimento, doença, e de *logia*, que é ciência, estudo. O Portal cita como sendo “o estudo das doenças em geral sob aspectos determinados”. O dicionário Michaelis informa que é a “Ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças”.

A engenharia veio a utilizar o termo “patologia” para estudar nas construções as manifestações, suas origens, seus mecanismos de ocorrência das falhas e seus defeitos que alteram o equilíbrio pré-existente ou idealizado.

Souza e Ripper (1998), conceitua patologia das estruturas como um novo campo da engenharia das construções que se ocupada do estudo das origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrências das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

### 2.4.1 Patologias Originadas Pela Ausência de Impermeabilização

A ausência de impermeabilizantes e o aumento de afluência em áreas molháveis de uma construção provoca manifestação de inúmeros problemas e aborrecimento para os ocupantes como: goteiras, manchas, mofo, apodrecimento, ferrugem, carbonatação, degradação das pinturas e revestimentos, eflorescências, criptoflorescências, desagregamento, saponificação, bolhas e destacamento. (VERÇOZA, 1987).

### 2.4.1.1 Goteiras e Manchas

A infiltração de água na edificação pode ocasionar o aparecimento de manchas nas estruturas, e dependendo da quantidade de água que vier a infiltrar poderá surgir gotejamento ou até mesmo jorrar água nas estruturas, causando danos à construção e sua conseqüente desvalorização.

Goteiras e manchas são as patologias mais comuns decorrentes da infiltração e podem, na maioria das vezes, são sanadas através da impermeabilização (Figura 7).

Figura 7 – Goteiras e manchas no teto



Fonte: Construtora Brick (2019)

### 2.4.1.2 Mofo e apodrecimento

O mofo e o bolor são fungos que se desenvolvem e proliferam-se em ambientes quentes e úmidos, ausentes de ventilação. Nas alvenarias os danos causados por esses fungos que ali aderem, é o escurecimento das superfícies e, o desagregamento do mesmo com o decorrer do tempo (Figura 8). O mofo e o bolor são difíceis de serem retirados, em especial quando se expande na superfície. Uma vez que você tenha dado fim ao bolor e ao mofo em suas paredes, é necessário evitar que eles voltem, o que se obtém com impermeabilizações corretas e com ventilação do ambiente, que secam as superfícies e removem os esporos (sementes). (VERÇOZA, 1987).

Figura 8 – Mofo e apodrecimento na parede



Fonte: FM Empreendimentos (2016)

#### 2.4.1.3 Ferrugem

É o nome dado a oxidação do ferro e do aço. A ferrugem é um sal de pouca aderência e aspecto ruim que possui o volume maior do que o material que lhe deu origem. A umidade é o gatilho para o início do processo de ferrugem, por este motivo, é importante que se tenha sempre um concreto impermeável para que a água não alcance as armaduras, pois, além de causar a destruição do ferro, a expansão resultante da formação da ferrugem faz com que o concreto se rompa (SCHÖNARDIE, 2009).

Figura 9 – Oxidação das armaduras



Fonte: Constat Engenharia (2006)

#### 2.4.1.4 Carbonatação do Concreto

A carbonatação é um processo físico-químico que ocorre lentamente entre os produtos alcalinos do concreto com gases ácidos. Esses produtos alcalinos são formados pelos íons de sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e principalmente cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) que são provenientes da reação de hidratação do cimento. Já os gases ácidos que podem ser encontrados no ar atmosférico, principalmente em ambientes urbanos, são o gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) e o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), este último com maior preponderância (CADORE, 2008).

Os hidróxidos de sódio ( $\text{NaOH}$ ), potássio ( $\text{KOH}$ ) e cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), tanto dissolvidos na fase aquosa quanto precipitados, propiciam um ambiente de elevada alcalinidade ao concreto, fruto do alto pH da solução do poro contida na pasta de cimento (CASCUDO; CARASEK, 2011). Quando esses compostos são consumidos ocorre uma significativa redução no pH desta solução. O pH do concreto, originalmente apresenta valores superiores a 12,5 e após o processo de carbonatação pode chegar a valores inferiores a 8,5 (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Diante desta baixa alcalinidade ocorre a despassivação da armadura, gerando assim uma maior susceptibilidade de ocorrer sua corrosão, principalmente devido à presença de oxigênio associado com umidade. Diante desse processo de degradação

das estruturas de concreto armado, certamente sua vida útil será bastante comprometida (POSSAN, 2010). E por se tratar de um fenômeno que ocorre de forma generalizada, as estruturas podem sofrer grandes problemas na estabilidade global e também em termos da extensão geral dos danos, consoante o desenvolvimento continuado dos processos corrosivos das armaduras. Dessa forma, torna-se muito importante garantir a qualidade e desempenho do concreto de cobertura, pois é nesta região que ocorre todo processo da carbonatação (Figura 10).

Figura 10 – Carbonatação do concreto



Fonte: Engenharia 360 (2017)

#### 2.4.1.5 Eflorescências

Consistem no aparecimento de manchas esbranquiçadas nas estruturas das edificações: paredes, tetos e pisos (Figura 11).

“A eflorescência é decorrente de depósitos salinos principalmente de sais de metais alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos-terrosos (cálcio e magnésio) na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria” (BAUER, 2008, p. 921).

Figura 11 - Eflorescências nas alvenarias de blocos cerâmicos



Fonte: Souza Filho Impermeabilizantes (2018)

#### 2.4.1.6 Criptoflorescências

São formações de sais semelhantes à eflorescência, formadas pelo mesmo mecanismo de formação das eflorescências, o que as diferem é o fato de que as criptoflorescências se caracterizam por grandes cristais que são formados no interior da parede ou estrutura (Figura 12). Sendo o sulfato o maior responsável pela formação de criptoflorescências devido a sua propriedade expansiva. Tal manifestação é responsável pelo aparecimento de rachaduras, desagregação de materiais e deslocamento de paredes (SCHÖNARDIE, 2009).

Figura 12: Criptoflorescências em alvenaria de concreto



Fonte: Construliga (2016)

#### 2.4.1.7 Desagregamento

Em decorrência da ação da água o reboco, os revestimentos e até mesmo a pintura podem desprender-se da estrutura, ocorrendo o desagregamento de elementos, causando danos à edificação (Figura 13).

Figura 13 – Desagregamento da pintura



Fonte: Soprojetos (2018)

#### 2.4.1.8 Saponificação

Consiste no aparecimento de manchas nas superfícies pintadas, provocando o descolamento ou a total degradação das pinturas (Figura 14). Ocorre principalmente nas pinturas realizadas com tintas do tipo PVA, que apresentam menor resistência.

Figura 14 – Saponificação na superfície da parede



Fonte: Condor (2018)

#### 2.4.2 Patologias Originárias do Processo Construtivo

A falta de uma boa sondagem geotécnica, a utilização de materiais de acabamento de má qualidade ou inadequados e ainda a falta de qualificação técnica dos profissionais da construção civil no preparo, manuseio, emprego e assentamento de materiais, poderá contribuir para o surgimento de diversas patologias relacionadas ao processo construtivo.

Manifestações patológicas diversas podem ocorrer em decorrência dos vários processos construtivos, sendo mais comum encontrarmos:

#### 2.4.2.1 Fissuras

De acordo com GONÇALVES (2015), podemos definir fissuras como sendo aberturas (trincas) que afetam a superfície do elemento estrutural, facilitando a entrada e ação de agentes agressivos.

O conceito de fissura pode conflitar com os conceitos de “trinca” e “rachadura”. As trincas se assemelham às fissuras no que diz respeito ao tratamento, diferenciando-se apenas na dimensão. Trincas possuem aberturas maiores que 0,5mm. As rachaduras têm características que diferenciam das demais, possuem abertura acentuada e profunda. A dimensão da patologia é superior a 1mm, sendo que em alguns casos pode abrir fendas de um lado ao outro da parede. A partir da espessura de 1,5 mm, pode-se chamar de fenda. (GONÇALVES, 2015, p. 44)

As fissuras ou trincas, são as manifestações patológicas mais recorrentes nas edificações e geralmente as mais notadas pelos seus usuários, uma vez que, podem interferir na estética, durabilidade e características estruturais da obra.

São identificadas em regiões cuja os esforços de tração excederam a resistência do material rompendo-o. No momento em que acontece o rompimento do material e os aparecimentos das fissuras, existe a redistribuição dos esforços com a tendência de alívio das tensões. As causas variam de acordo com a origem dos esforços.

As fissuras ou trincas poderão aparecer após anos de uso da edificação, dias ou até mesmo horas, dependendo da sua causa, que poderão ser as mais diversas, dentre elas as abaixo destacadas:

- fissuras devido ao excesso de carga (cisalhamento);
- fissuras devido à variação de temperatura;
- fissuras devido à retração hidráulica;
- fissuras devido à Flexão;
- fissuras devido a esforços de compressão;
- fissuras devido a esforços de torção.

#### 2.4.2.2 Corrosão das Armaduras

Corrosão é a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. A corrosão de armadura no concreto armado é um fenômeno que só acontece quando as condições de proteção proporcionadas pelo cobrimento desse concreto são insuficientes.

Segundo MARCELLI (2007), uma patologia muito comum na Construção Civil são as trincas no concreto devido à corrosão de sua armadura, e deve ser tratada de maneira adequada, com a o intuito de bloquear o processo e não permitir o agravamento da situação.

[...] quanto maior a abertura de uma trinca, ou mais profunda ela for, teremos maior possibilidade de ataque do aço, tendo em vista que será mais fácil quando se tem uma abertura para servir como porta de entrada para todos os elementos nocivos ao aço e ao concreto. (MARCELLI, 2007, p. 114)

São as principais causas de corrosão de armaduras:

- falha na execução dos componentes estruturais da edificação;
- utilização de concreto de resistência inadequada;
- presença de cloretos.

## 2.5 PROJETOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

De acordo com A NBR 9575/2003 o Sistema de Impermeabilização é: “Conjunto de produtos e serviços destinados a conferir estanqueidade as partes de uma construção.” Sendo esta estanqueidade definida, na mesma Norma, como: “Propriedade de um elemento (ou conjunto de componentes) de impedir a penetração ou passagem de fluídos através de si”.

A elaboração do projeto de impermeabilização faz-se necessária para todos os tipos de construções e deve ser elaborado por profissional tecnicamente qualificado e legalmente habilitado no CREA, com qualificação para exercer esta atividade. O responsável técnico pela execução das obras deve obedecer a esse projeto de forma integral. O projeto deve ser constituído de: memorial descritivo e justificativo, desenhos e detalhes específicos, além das especificações dos materiais e dos serviços a serem empregados e realizados. Para a elaboração do projeto deverão ser considerados:

- a estrutura a ser impermeabilizada: Tipo e finalidade da estrutura, deformações previstas e posicionamento das juntas.
- as condições externas às estruturas: Solicitações impostas às estruturas pela água, detalhes construtivos, projetos interferentes com a impermeabilização e análise de custos X durabilidade.

## 2.6 IMPERMEABILIZAÇÃO

A NBR 9575 (ABNT, 2003), preconiza que a impermeabilização é o produto resultante de um conjunto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade.

De acordo com Cruz (2003, p.15):

A impermeabilização é considerada uma barreira física, cuja finalidade é a de evitar a água que penetra por capilaridade, a água da chuva que infiltra sob a pressão dos ventos, a percolação d'água indesejável, ou de dirigi-la para os pontos de escoamento fora da área que se deseja proteger.

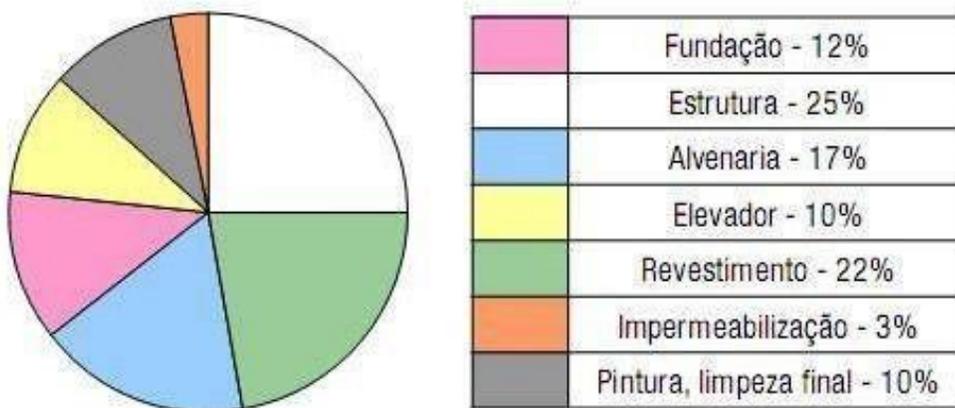
A impermeabilização está ligada diretamente com a qualidade da construção e com sua vida útil, já que os agentes trazidos pela água, juntamente com os poluentes do ar, podem deteriorar as estruturas e trazer doenças aos usuários das edificações, se tornando importantíssima para a segurança e integridade física do usuário.

Existe uma gama de produtos de impermeabilização no mercado, de qualidade e desempenho variável, normalizados ou não, de diversas origens e métodos de aplicação, onde devem ser conhecidas todas as suas características.

As especificações técnicas de cada produto como ações físicas e químicas, devem ser observadas com muita atenção para utilização de um produto de impermeabilização adequado para a ocasião desejada. Além do custo benefício.

O custo da implantação de um sistema de impermeabilização em uma edificação, conforme se observa na Figura 15, gira em torno de 3% do custo total da obra.

Figura 15 – Pintura da cobertura comprometida



Como as patologias causadas por uma impermeabilização mal executada, ou não executada, aparecem com o tempo, os gastos para corrigir essas patologias são elevados, pois os materiais utilizados sobre a superfície mal impermeabilizada, ou não impermeabilizada, como argamassa e pisos cerâmicos, por exemplo, são perdidos. Portanto aumentam e muito os gastos para deixar a edificação em condições de uso.

Executar a impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômico do que depois da obra concluída, quando surgirem os inevitáveis problemas com a umidade, os quais tornam os ambientes insalubres e com aspecto desagradável, apresentando eflorescências, manchas, bolores, oxidação das armaduras e outros.

### **2.6.1 Tipos de Impermeabilização**

Existem dois tipos de impermeabilização, relacionadas quanto á forma e aos materiais usados em sua execução.

- rígidas
- flexível

#### **a) Impermeabilização Rígida**

A NBR 9575 (ABNT, 2003), em seu item 3.54, define impermeabilização rígida como: “Conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeitas à fissuração.” Conforme Ripper (1996), a impermeabilização rígida é feita com argamassa de cimento, areia e aditivos impermeabilizantes. Apresentam a desvantagem de trincarem quando as bases sobre as quais foram aplicadas não tiverem sido bem dimensionadas ou ficarem expostas a grandes variações de temperatura. Nesse caso aparecem trincas, perdendo se a eficiência.

Este tipo de impermeabilização não é indicado em locais que apresentam: variações térmicas, vibração, movimentação e forte exposição solar. A aplicação é indicada para áreas como: piscinas e caixa d’água (enterradas), fundações, poços de elevadores, pisos, parede de encosta.

## **b) Impermeabilização Flexível**

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2003), em seu item 3.51, “Impermeabilização flexível consiste em: Conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas sujeitas à fissuração.” Conforme Ripper (1996), as desvantagens das impermeabilizações rígidas não ocorrem com as impermeabilizações elásticas (flexíveis), que acompanham esses pequenos movimentos da base sem se romperem.

As coberturas são de um modo geral, as áreas das edificações que mais sofrem os efeitos do sol e da chuva. Nesses casos, mesmo uma argamassa ou concreto impermeável exige a proteção de uma membrana flexível, a qual acompanha o trabalho da estrutura, impedindo a infiltração de água por possíveis trincas ou fissuras (VEDACIT, 2006).

Há dois tipos básicos de sistemas flexíveis:

- sistema flexível moldado no local: membranas asfálticas, acrílicas, e revestimentos poliméricos.
- sistema flexível pré-fabricado: mantas asfálticas, mantas elastoméricas, Geomembranas PVC.

### **2.6.2 Seleções dos Sistemas Impermeabilizantes**

A seleção do sistema de impermeabilização mais adequado para cada tipo de edificação deve levar em consideração vários fatores, tais como: forma da estrutura, movimentação admissível no cálculo da mesma, temperatura e umidade relativa local, efeitos arquitetônicos que se deseja obter e custo entre outros.

Não se deve, jamais, apenas considerar o custo da camada impermeável, mas também o custo das demais camadas constituintes do sistema e os custos de utilização e manutenção.

Segundo Souza e Melhado (1998), a facilidade de execução, produtividade e método construtivo são os parâmetros que devem ser considerados na escolha do sistema impermeabilizante, relacionados com as características de execução da impermeabilização.

### 2.6.3 Materiais Impermeabilizantes

Existe no mercado uma gama de materiais impermeabilizantes que são escolhidos para utilização conforme a necessidade.

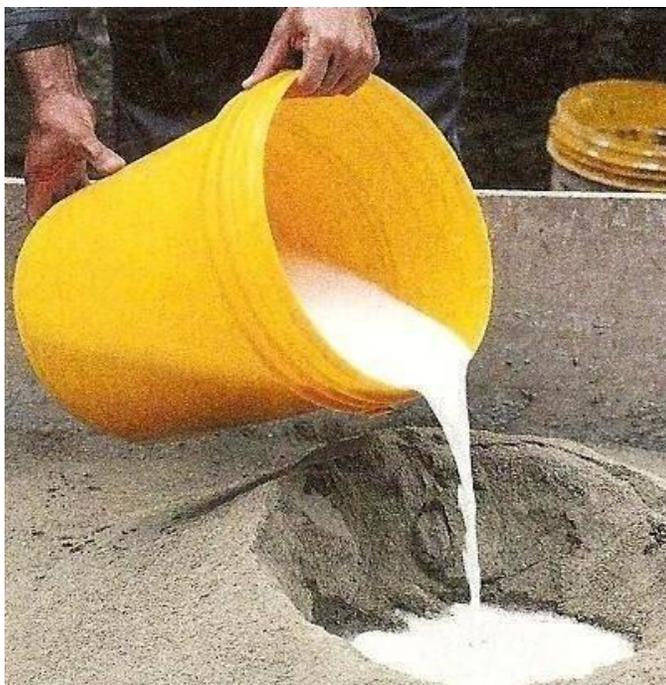
#### a) Argamassa Impermeável com Aditivo Hidrófugo

Argamassa impermeável com aditivo hidrófugo, que consiste em na utilização de aditivos (agentes hidrófugos) e silicatos/cloretos, formando géis de tamponamento.

O aditivo deve ser dissolvido na água de amassamento a ser utilizada, conforme a Figura 16. A aplicação da argamassa aditivada deve ser feita em duas ou três camadas de aproximadamente 1 cm de espessura, desempenando a última camada, cuidando para não alisar com desempenadeira de aço ou colher de pedreiro (SIKA, 2008).

A principal vantagem desse sistema é a facilidade de aplicação e desvantagem é que deve ser aplicado em conjunto com outro sistema impermeabilizante, assim garante-se a estanqueidade, pois esse sistema é muito suscetível a movimentações dos elementos.

Figura 16 – Preparação de argamassa com aditivo hidrófugo



Fonte: VIEIRA (2005, p. 76.)

## b) Manta Asfáltica

É um dos mais tradicionais métodos de impermeabilização na construção civil, devido à grande confiabilidade que apresenta. Porém, como em qualquer tipo de impermeabilização, deve-se atentar para uma boa preparação da superfície a ser tratada.

Há alguns tipos diferentes de mantas asfálticas, assim classificadas em função de seu desempenho frente às solicitações e responsabilidades envolvidas no trabalho de impermeabilização. As espessuras também podem variar. Normalmente são encontradas no mercado espessuras entre 3,0 e 5,0 mm (Figura 17).

Para VEDACIT (2007) a perfeita execução dos serviços, o substrato deve estar seco e livre de sujidades, regularizado com argamassa de cimento e areia, com caimento mínimo de 1% para os ralos, e os cantos vivos e arestas devem ser convenientemente arredondados.

Figura 17 – Manta asfáltica já aplicada



Fonte: A autoria própria (2019)

## c) Resinas Acrílicas

A impermeabilização de lajes expostas é sempre um grande desafio nas obras de construção civil. Devido às ações de intempéries, principalmente com respeito aos

gradientes de temperatura, muitos materiais impermeabilizantes podem sofrer danos, prejudicando a estanqueidade da estrutura (COBERPLAN, 2010).

Para estas situações, uma solução adequada é o uso de impermeabilizantes líquidos monocomponentes, à base de resinas acrílicas elastoméricas. Estes materiais possuem uma grande flexibilidade e resistência aos raios ultravioleta, e nas situações em que não há trânsito sobre a impermeabilização, a execução de uma proteção mecânica fica dispensada. Além de ser usado com acabamento final da laje, este produto pode receber revestimento cerâmico, uma vez que aspergido quartzo de granulometria graúda sobre a última demão do impermeabilizante ainda úmido. Em outras situações, em que há trânsito leve sobre as estruturas impermeabilizadas, é possível utilizar, sobre a impermeabilização concluída, um complemento acrílico resistente à abrasão leve e ao intemperismo.

#### **d) Argamassa Polimérica**

A argamassa polimérica destinada aos serviços de impermeabilização existe em duas modalidades principais: as semi-flexíveis e as flexíveis. Trata-se de revestimentos poliméricos bicomponentes, utilizados para impermeabilização de estruturas em contato com água ou umidade em geral, sujeitas ou não a pressões hidrostáticas. São indicadas para impermeabilização de fundações, baldrame, pisos e paredes de banheiros, reservatórios, piscinas, tanques e paredes de alvenaria. Podem ser aplicadas sobre concreto, alvenaria e argamassa.

As argamassas poliméricas semi-flexíveis detêm a propriedade de penetrar na porosidade superficial do substrato e promover uma cristalização superficial, apresentando, inclusive, resistência a pressões hidrostáticas negativas, ou seja, pressões atuantes “do exterior para o interior” da estrutura, evidentemente dentro de certos valores que variam em função dos produtos e dos fabricantes. Sua aplicação se destina às estruturas com pequeno ou nenhum grau de movimentação, ou seja, estruturas predominantemente rígidas, como reservatórios enterrados de concreto armado ou alvenaria armada, pisos de áreas habitacionais molhadas, muros de arrimo, baldrame, entre outros. É também utilizada como preparação para aplicação da versão flexível, armada ou não com tela industrial de poliéster.

As argamassas poliméricas flexíveis são destinadas a estruturas que podem apresentar pequena movimentação, como reservatórios elevados, tanques, piscinas

entre outras aplicações. Resistem a elevadas pressões hidrostáticas (normalmente cerca de 25 mca) e a recomendação geral é a de utilizar armadura em tela industrial de poliéster. A aplicação de ambos os materiais é feita em demãos cruzadas, com o auxílio de uma trincha, rolo ou vassoura de pelos macia sobre a superfície previamente umedecida. Recomenda-se especial atenção a detalhes, como tubulação emergente, arestas de rodapés, juntas e outras ocorrências que provoquem descontinuidade do substrato, em que é aconselhada a utilização de um selante apropriado, previamente à aplicação das argamassas poliméricas.

### **e) Cristalizantes**

O cristalizante é um silicato que, quando misturado com a água e com toda a alcalinidade do cimento, acaba se transformando em hidrosilicato. Ou seja, uma parte do pó se transforma em um cristal insolúvel em água, que colmata os poros do concreto, tornando-o impermeável. Seu principal diferencial é fato de penetrar em grande profundidade e não apenas na porosidade superficial.

Existem dois tipos de cristalizantes. No primeiro tipo, os cimentos cristalizantes, segundo Silveira (2001) são materiais aplicados sob a forma de pintura sobre superfícies de concreto, argamassa ou alvenaria, previamente saturadas com água.

A Figura 18 mostra esse tipo de aplicação, no caso aplicado com uma trincha, direto na alvenaria, mas pode também ser aplicado sobre o revestimento com argamassa.

O segundo tipo são os cristalizantes líquidos à base de silicatos e resinas que injetados e, por efeito de cristalização, preenchem a porosidade das alvenarias de tijolos maciços, bloqueando a umidade ascendente (VIAPOL, 2008).

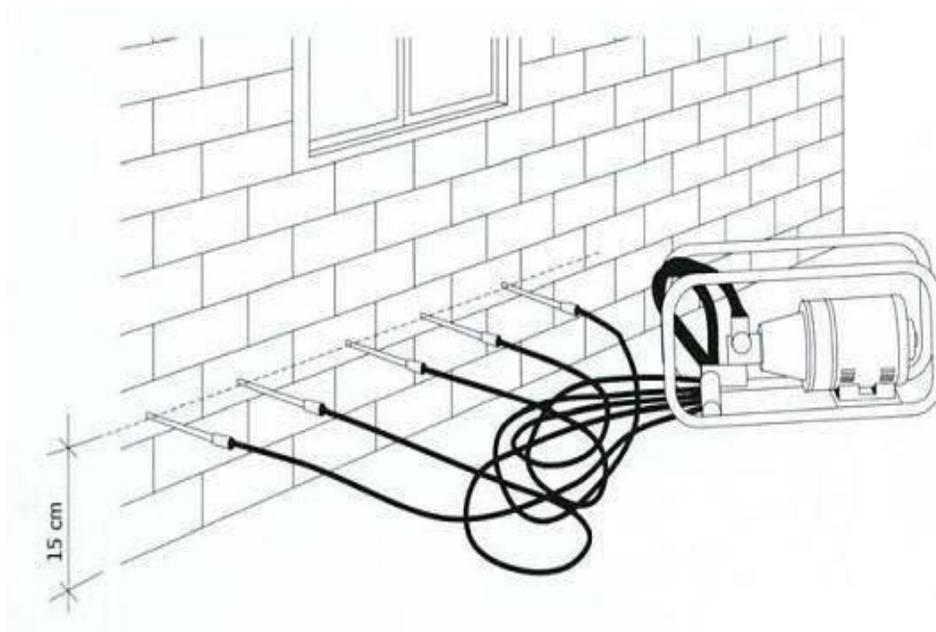
Figura 18 – Aplicação de cristalizante na forma de pintura



Fonte: Téchne (2006)

A Figura 19 apresenta o modo de aplicação dos agentes cristalizantes. Para a aplicação, deve-se retirar todo o reboco da área a tratar, desde o piso até a altura de 1 m executam-se duas linhas de furos intercaladas entre si, sendo a primeira a 15 cm do piso e a segunda a 20 cm. Os furos devem ser com uma inclinação de 45° e estar saturados com água para a aplicação do produto. Aplica-se o produto por gravidade, sem necessidade de pressão e, sim, de saturação (ABATTE, 2003).

Figura 19 – Injeção de cristalizantes em parede com umidade ascendente



Fonte: ABATTE (2003, p. 52)

A aplicação sugerida pelo fabricante deve ocorrer até atingir o consumo sugerido em ambos os tipos de cristalizantes. O sistema é utilizado em todas as áreas sujeitas à infiltração por lençol freático e infiltrações de contrapressão, tais como: subsolos, lajes, poços de elevadores, reservatórios enterrados, caixas de inspeção e outros (VIAPOL, 2008).

O produto utiliza a própria água da estrutura para se cristalizar, isto elimina a necessidade de rebaixamento do lençol freático e não altera a potabilidade da água (DENVER, 2008).

A desvantagem do sistema é que se deve tomar cuidado na aplicação do produto e o mesmo é restrito a algumas situações particulares de infiltrações.

### 3. METODOLOGIA

De acordo com Silva (2006, p. 13) “entende-se metodologia como o estudo do método para se buscar determinado conhecimento”.

O presente trabalho pode ser classificado quanto sua natureza, como de metodologia aplicada, ou seja, tem como propósito a geração de conhecimentos para aplicação na prática, tendo como objetivo principal a resolução de problemas ou necessidades emergentes (VERGARA, 2007).

Quanto a abordagem sua classificação pode ser classificada como qualitativa, uma vez que não existe fórmulas ou receitas predefinidas para orientar pesquisadores. Assim, na pesquisa qualitativa, a análise de dados resulta da capacidade e do estilo do pesquisador. A pesquisa qualitativa é dividida em três etapas que, de modo geral, são seguidas na análise de dados: redução, exibição e conclusão/verificação. (GIL, 2008).

Quanto aos objetivos, a pesquisa pode ser considerada explicativa e exploratória, ou seja, explica e explora um fato em profundidade. Segundo Gil (2008) as pesquisas explicativas são aquelas que identificam fatores determinantes ou que contribuem para o acontecimento de determinado fenômeno, sendo o tipo de pesquisa mais complexo e delicado, e que leva em consideração o estudo aprofundado da realidade, torna-se maior o risco de cometer erros. Já as pesquisas exploratórias são as que mais necessitam de maior rigidez no planejamento, uma vez que seu objetivo principal é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos prévios sobre determinado fato.

No que tange aos procedimentos técnicos, a metodologia é a de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, onde será realizado o acompanhamento de uma reforma em uma edificação residencial no município de João Monlevade/MG, a fim de diagnosticar as patologias existentes e as técnicas que deverão ser empregadas. Gil (2008) diz que a pesquisa bibliográfica é desenvolvida através de material já existente, e é na maioria das vezes constituída de livros e artigos científicos; enquanto o estudo de caso é um estudo exaustivo de determinado objeto, com a finalidade de conhecimento profundo sobre o mesmo.

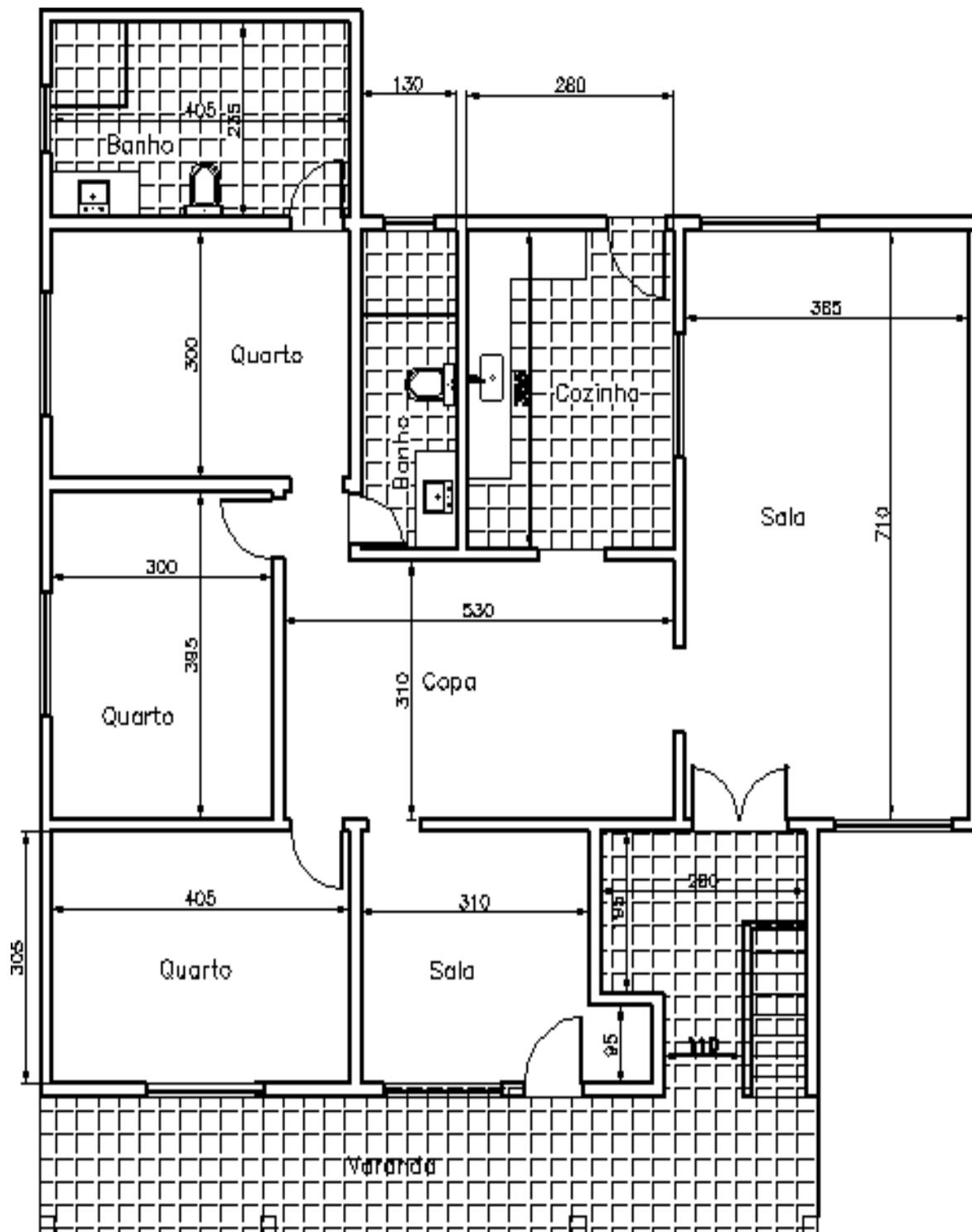
### 3.1 ESTUDO DE CASO

Como estudo de caso, foi escolhido uma residência unifamiliar localizada no município de João Monlevade / MG, localizada na Rua José do Carmo de Souza, Bairro Teresópolis, com 152 m<sup>2</sup> de área construída, cujo proprietário é Eduardo Walmir (Figura 20).

A edificação é composta por um pavimento, e foi construída no ano de 1995, totalizando 24 anos, o que pode se perceber pelas condições atuais do imóvel, e conforme a análise realizada pelo engenheiro responsável da reforma, algumas paredes foram afetadas pela patologia de umidade provinda do solo, sendo esta a patologia predominante na edificação. Os cômodos deste imóvel que precisou de reparos foram os três quartos, sala, sala de TV e a copa.

As patologias foram analisadas caso a caso e a partir disso foi realizado um diagnóstico de fácil compreensão propondo possíveis soluções para os problemas encontrados na edificação objeto deste estudo.

Figura 20 – Planta baixa da edificação que será reformada



Fonte: Autoria própria (2019)

### 3.1.1 Metodologia de Levantamento dos Problemas Patológicos Existentes

Para análise das patologias, foi feita uma vistoria no pavimento único da edificação, com a realização de registros fotográficos e catalogação das manifestações patológicas com seus níveis de deterioração e degradação dos elementos construtivos. A partir desta visita foi possível coletar dados das patologias de forma quantitativa e relacionar as possíveis causas da ocorrência dessas manifestações apresentadas, assim como desde quando as mesmas começaram a surgir.

Após a coleta de dados a partir da observação direta e presencial, foi levado em consideração a quantidade de manifestações e critérios como atribuições estruturais, grau de insalubridade, segurança dos usuários e aspectos estéticos respectivamente para cada elemento que apresentou patologias na edificação.

As alternativas de solução e definição da conduta adequada, é acompanhada de uma formulação de um plano de intervenção para as patologias que tiveram maiores incidências na edificação. Através de análise foi criada uma ordem de importância para a realização dos reparos corretos conforme o nível dos agravos, facilidade na execução dos reparos, proporcionar conforto aos usuários e a necessidade de prolongar a vida útil da edificação.

Segundo Lichtenstein (1986), o levantamento de subsídios é a etapa onde as informações essenciais e suficientes para o entendimento completo dos problemas são organizadas criteriosamente com responsabilidade e segurança. Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento histórico do problema e do edifício e o resultado de análises.

De acordo com Lichtenstein (1986), cada edificação tem seu modo de reagir a determinadas condições em que são submetidas. Os conjuntos de agentes agressivos que atuam sobre as edificações, produzem fenômenos físicos, químicos e biológicos, esses fenômenos podem acarretar em problemas patológicos. Todo problema patológico que ocasiona queda de desempenho se manifesta de alguma forma, porém não devemos dar atenção somente quando o desempenho já não for satisfatório, existem alterações que acontecem antes das patologias, e é chamado de período pré - patogênico. Nesse período acontece uma interação entre os agentes agressivos do meio ambiente e do edifício e a partir daí começam a ter alterações, porém essas alterações não são visíveis e irão evoluir de acordo com a patologia que está ligada.

Sendo assim o melhor período de detecção e resolução do problema é o início do período patogênico, onde normalmente são superficiais e reversíveis.

Na análise de formulação de diagnóstico é útil lembrar o estudo de Lichtenstein (1986, p.13) que diz que "os dados obtidos do exame e da anamnese do edifício direcionam a realização ou solicitação de certo exame complementar". Cada exame tem seu poder de resolução, podendo ainda de forma hipotética fornecer falsos resultados em determinadas situações, podendo eles serem positivos e negativos, sendo assim a necessidade de exames complementares para correta formulação do diagnóstico.

### **3.1.2 Sistema de Impermeabilização**

Ainda com base no estudado busca-se propor soluções que possam sanar os problemas patológicos encontrados na residência, para isso, foi baseado através das referências bibliográficas: Righ (2009), NBR 9575 (ABNT,2010), NBR 11905 (ABNT, 2015), NBR 13281 (ABNT, 2005), NBR 15575 (ABNT,2013), NBR 16072 (ABNT,2012).

Como pré-requisitos para elaboração do sistema de impermeabilização foi realizado um estudo dos processos preliminares que devem ser executados antes da aplicação do impermeabilizante, garantindo assim, um sistema eficiente visando à prevenção e correção dos problemas encontrados na edificação.

### **3.1.3 Orçamento**

O orçamento do custo da obra foi baseado através das tabelas SINAPI e SETOP, onde foram obtidos os preços unitários de cada processo. Com base no que foi tratado, será realizado um levantamento do gasto total do serviço apresentado por uma planilha de investimento e comparado com o valor que seria gasto na fase de concepção da edificação se fosse previsto e executado corretamente um sistema de impermeabilização.

## 4. RESULTADOS

Nos itens a seguir se apresenta os resultados alcançados no presente estudo com as suas análises e comentários, considerando os objetivos propostos no presente estudo de caso.

### 4.1 Estudo de caso 01

A seguir são descritas as principais manifestações patológicas identificadas na edificação objeto deste estudo. Para a realização deste trabalho, foram realizadas vistorias no local, acompanhadas pelo engenheiro Pedro Martino Zeferino, responsável técnico pelo reparo da edificação. Segundo ele algumas paredes da edificação foram afetadas pela patologia de umidade provinda do solo, sendo esta a patologia predominante naquela edificação. Em decorrência da ausência da impermeabilização na edificação foram constatados os seguintes problemas: paredes com manchas e fungos, e reboco desagregando.

As Figuras 21 a 25 apresentam as paredes da residência objeto deste estudo, com as manifestações patológicas:

Figura 21 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 22 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



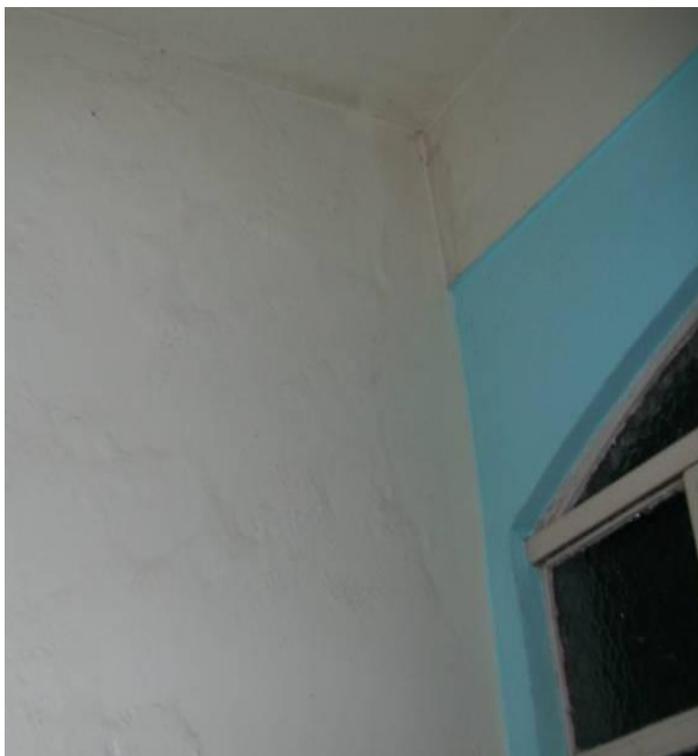
Fonte: A autoria própria (2019)

Figura 23 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: A autoria própria (2019)

Figura 24 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 25 – Pintura do teto comprometida



Fonte: Autoria própria (2019)

#### **4.1.1 Diagnóstico e Prognóstico**

De acordo com Henriques (1994) é essencial que o método de diagnóstico seja completo e exaustivo, incluindo todas as determinações e análises que as situações mais complexas possam eventualmente requerer.

Uma vez diagnosticadas as patologias existentes e suas prováveis causas, faz-se necessário entrar com as medidas corretivas, pois a situação encontrada, além de questões estéticas, gera problemas de saúde aos moradores da residência, tais como alergias, rinites, asma, entre outras. Podendo daqui a um certo tempo comprometer sua integridade estrutural e chegar a um estado de total inabitabilidade do imóvel.

As medidas corretivas propostas e aplicadas eliminarão as patologias existentes e proporcionarão melhor qualidade de vida aos moradores, além de gerar maior valorização do imóvel.

#### **4.1.2 Recuperação/ Reparo**

Explica Henriques (1994) que para melhor solução das manifestações patológicas advindas da umidade do solo, necessita-se a realização da impermeabilização das paredes. Este processo é corrente e eficaz corrigindo as anomalias existentes. Acrescenta ainda que é imprescindível eliminar as causas das anomalias, ou seja, eliminar a água em excesso nas paredes resultantes do processo construtivo.

Como medida corretiva foi executado a impermeabilização dessa edificação, que buscou isolar a umidade advinda do solo, das paredes existentes, para tanto foram retirados todos os acabamentos dos rodapés, removido também o reboco, que em boa parte já estavam comprometidos, com várias partes ocas e já deslocando em alguns trechos, deixando a parede no tijolo.

Nesta etapa a residência ficou coberta de poeira e com bastante entulho, o que gerou um enorme desconforto aos seus moradores.

Em seguida foram feitos cortes nos pés das paredes, com o auxílio de marreta, ponteiro e talhadeira, e logo em seguida preenchidos com argamassa impermeabilizante, isolando assim a parede do solo úmido. Esta etapa foi realizada a cada metro, intercalando para a parede não ficar descalçada e comprometer sua integridade.

Logo após foi aplicada uma camada de argamassa polimérica impermeabilizante semiflexível nas paredes, com o auxílio de uma desempenadeira até 1,2m de altura, depois disso a parede foi toda chapiscada novamente. As paredes foram rebocadas até a altura de 1,2m com argamassa com aditivo impermeabilizante. E o restante da parede com argamassa comum. Também foram corrigidos alguns vazamentos no telhado. Após 30 dias de cura do reboco as paredes foram pintadas novamente.

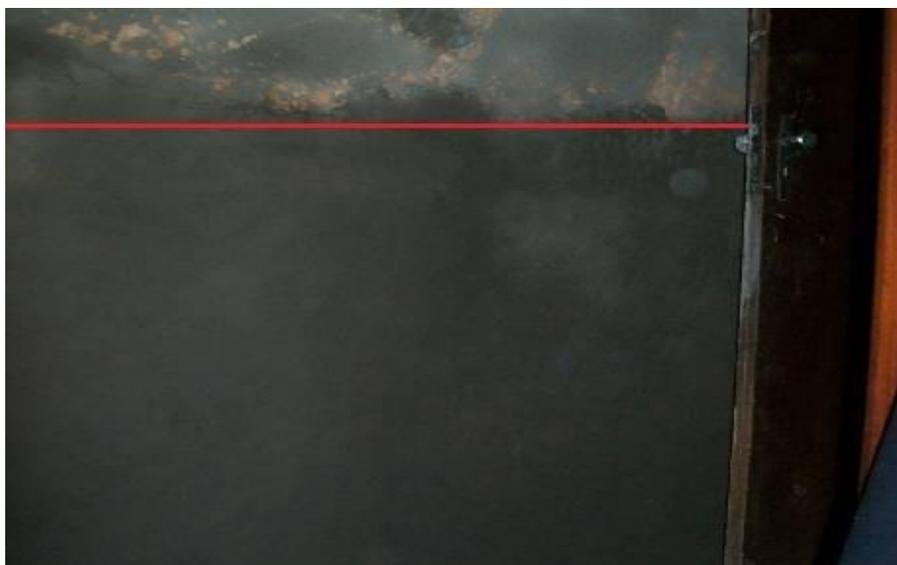
A seguir algumas fotos da execução do serviço e do serviço finalizado.

Figura 26 – Parede sendo impermeabilizada



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 27– Parede sendo impermeabilizada



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 28 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 29 – Parede recuperada



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 30 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Aatoria própria (2019)

Figura 31 – Parede recuperada



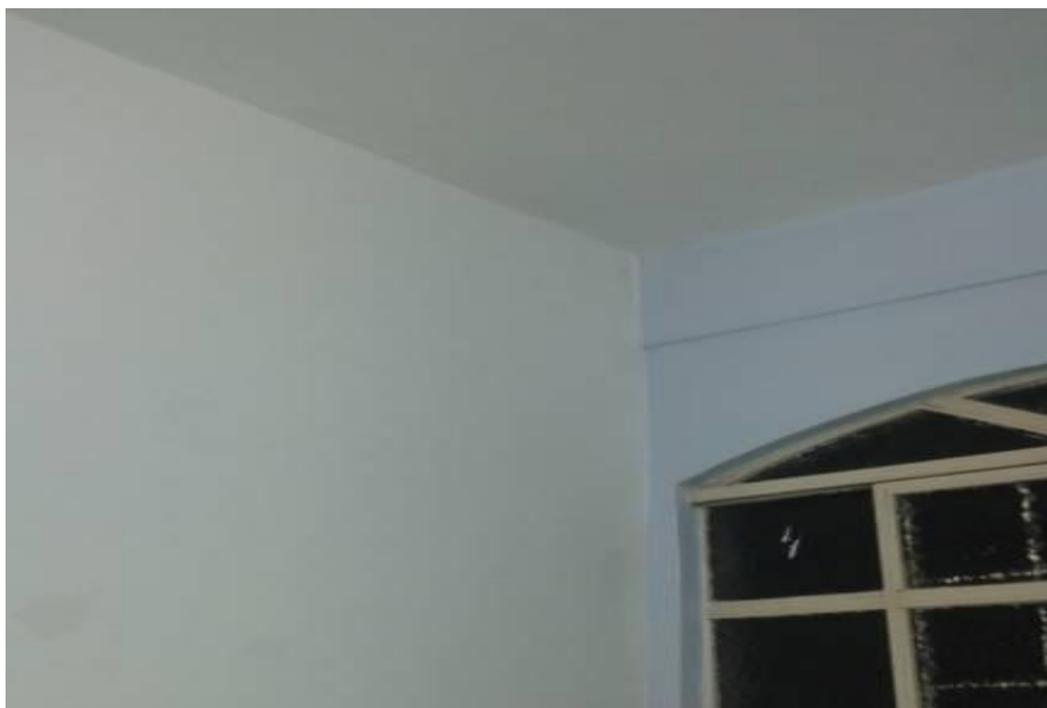
Fonte: Aatoria própria (2019)

Figura 32 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: A autoria própria (2019)

Figura 33 – Parede recuperada



Fonte: A autoria própria (2019)

Figura 34 – Patologia na parede com revestimento em reboco e pintura



Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 35 – Parede recuperada



Fonte: Autoria própria (2019)

Foi feito um levantamento do gasto total do serviço e comparado com o valor que seria gasto na construção da casa se fosse feito a impermeabilização correta no início da alvenaria. Abaixo são apresentados os valores de custo para cada situação.

a) Orçamento do serviço de manutenção corretiva.

Após a coleta de dados, se elaborou tabelas que consolidam os dados obtidos. A (Tabela 1) mostra os coeficientes unitários de consumo e custos para os materiais encontrados neste estudo. A (Tabela 2) mostra os coeficientes de custos unitários para a mão-de-obra nos dias atuais.

**Tabela 1 - Material gasto**

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço Total</b>
Cimento Portland Composto CP II-32 (saco de 50kg)	50kg	52	R\$ 18,90	R\$ 982,80
Cal Hidratada CH-I para Argamassas	kg	1480	R\$ 0,64	R\$ 947,20
Areia Fina - Posto Jazida/Fornecedor (com transporte)	m <sup>3</sup>	9	R\$ 90,00	R\$ 810,00
Argamassa Polimérica Impermeabilizante Semiflexível	kg	1000	R\$ 4,36	R\$ 4.360,00
Aditivo Impermeabilizante Sika	l	84	R\$ 13,50	R\$ 1.134,00
Lona Plástica Preta, Largura 4 M	m.l	40	R\$ 3,78	R\$ 151,20
			<b>Total de material</b>	<b>R\$ 8.385,20</b>

Fonte: Arquivo do autor

**Tabela 2 - Mão de obra**

<b>Ambiente</b>	<b>M.L de parede</b>	<b>M<sup>2</sup> de parede</b>	<b>Preço por m<sup>2</sup></b>	<b>Preço por cômodo</b>
Quarto 1	14	42	R\$ 35,00	R\$ 1470,00
Quarto 2	14	42	R\$ 35,00	R\$ 1470,00
Quarto 3	14	42	R\$ 35,00	R\$ 1470,00
Sala	15	45	R\$ 35,00	R\$ 1575,00
Copa	16,9	50,7	R\$ 35,00	R\$ 1774,50
Sala de Tv	21,4	64,2	R\$ 35,00	R\$ 2247,00
			<b>Total de mão de obra</b>	<b>R\$ 10.006,50</b>

Fonte: Arquivo do autor

Material: R\$ 8.385,20 + Mão de obra: R\$ 10.006,50 = **Total gasto = R\$ 18.391,70**

Com base na análise das Tabelas 1 e 2, nota-se que o valor gasto pela manutenção da edificação foi R\$18.391,70.

b) Orçamento do serviço de execução preventiva (desde o início da obra):

Para a execução preventiva, a (Tabela 3) mostra os coeficientes unitários de consumo e custos para os materiais que deveriam ser gasto durante o início da obra. Já a (Tabela 4) mostra os coeficientes de custos unitários para a mão-de-obra com um custo financeiro muito abaixo.

**Tabela 3 - Material que deveria ser gasto**

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço Total</b>
Cimento Portland Composto CP II-32 (saco de 50kg)	50kg	52	R\$ 18,90	R\$ 982,80
Cal Hidratada CH-I para Argamassas	kg	1480	R\$ 0,64	R\$ 947,20
Areia Fina - Posto Jazida/Fornecedor (com transporte)	m <sup>3</sup>	9	R\$ 90,00	R\$ 810,00
Argamassa Polimérica Impermeabilizante Semiflexível	kg	1000	R\$ 4,36	R\$ 4.360,00
Aditivo Impermeabilizante Sika	l	84	R\$ 13,50	R\$ 1.134,00
<b>Total de material</b>				<b>R\$ 8.234,00</b>

Fonte: Arquivo do autor

**Tabela 4 - mão de obra**

<b>Ambiente</b>	<b>M.L. de parede</b>	<b>M<sup>2</sup> de parede</b>	<b>Preço por m<sup>2</sup></b>	<b>Preço por cômodo</b>
Quarto 1	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Quarto 2	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Quarto 3	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Sala	15	45	R\$ 15,00	R\$ 675,00
Copa	16,9	50,7	R\$ 15,00	R\$ 760,50
Sala de Tv	21,4	64,2	R\$ 15,00	R\$ 963,00
<b>Total de mão de obra</b>				<b>R\$ 4.288,50</b>

Fonte: Arquivo do autor

Material: R\$ 8.234,00 + Mão de obra: R\$ 4.288,50 = **Total gasto = R\$ 12.522,50.**

A partir dos resultados encontrados na tabela 4 observou-se um menor custo por metro quadrado se comparado com a Tabela 2, uma vez que os custos apresentados na (Tabela 4), são referentes a valores da mão-de-obra na época da execução da obra, estas com custos mais acessíveis que os dias atuais. O valor total dos custos de execução preventiva seria R\$12.522,50.

c) Orçamento do serviço realizado no início da obra que foi desperdiçado:

Para a execução do serviço realizado no início da obra que foi desperdiçado, a (Tabela 5) mostra os coeficientes unitários de consumo e custos para os materiais que deveriam ser gasto durante o início da obra e que hoje foram desperdiçados durante o reparo da edificação. Já a (Tabela 6) mostra os coeficientes de custos unitários para a mão-de-obra com um custo financeiro muito abaixo, se comparados com os valores atuais referentes a de mão-de-obra.

**Tabela 5 - Material desperdiçado**

<b>Material</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quant.</b>	<b>Preço Unit.</b>	<b>Preço Total</b>
Cimento Portland Composto CP II-32 (saco de 50kg)	50kg	52	R\$ 18,90	R\$ 982,80
Cal Hidratada CH-I para Argamassas	kg	1480	R\$ 0,64	R\$ 947,20
Areia Fina - Posto Jazida/Fornecedor (com transporte)	m <sup>3</sup>	9	R\$ 90,00	R\$ 810,00
<b>Total de material</b>				<b>R\$ 2.740,00</b>

Fonte: Arquivo do autor

**Tabela 6 - Mão de obra**

<b>Ambiente</b>	<b>M.L de parede</b>	<b>M<sup>2</sup> de parede</b>	<b>Preço por m<sup>2</sup></b>	<b>Preço por cômodo</b>
Quarto 1	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Quarto 2	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Quarto 3	14	42	R\$ 15,00	R\$ 630,00
Sala	15	45	R\$ 15,00	R\$ 675,00
Copa	16,9	50,7	R\$ 15,00	R\$ 760,50
Sala de Tv	21,4	64,2	R\$ 15,00	R\$ 963,00
<b>Total de mão de obra</b>				<b>R\$ 4.288,50</b>

Fonte: Arquivo do autor

Material: R\$ 2.740,00 + Mão de obra: R\$ 4.288,50 = **Total gasto: R\$ 7.028,50** há 24 anos atrás.

Com base na análise das Tabelas 5 e 6, nota-se que o valor gasto pelo serviço realizado no início da obra que foi desperdiçado foi no total de R\$7.028,50.

d) Discussão dos resultados:

A (Tabela 7) a seguir apresenta uma discussão dos resultados referentes ao orçamento do serviço para cada situação. Analisando os resultados obtidos, o valor total de R\$18.391,70 refere-se ao orçamento do serviço de manutenção corretiva. O preço total de R\$ 7.028,50 refere-se ao orçamento do serviço realizado no início da obra que foi desperdiçado. O preço total investido foi de R\$25.420,20 que é a soma do material mais mão-de-obra de reparo e material mais mão-de-obra desperdiçado. O valor de R\$12.522,50 é referente ao orçamento do serviço de execução preventiva (desde o início da obra). E por fim, o valor de R\$12.897,70 foi o valor total do prejuízo financeiro com o reparo da edificação. Esse valor deu-se através da subtração do valor total investido com o que foi desperdiçado.

**Tabela 7: Discussão dos resultados**

<b>Orçamento do Serviço</b>	<b>Preço total</b>
Total, material mais mão de obra de reparo	R\$ 18.391,70
Total, material mais mão-de-obra desperdiçado	R\$ 7.028,50
Total, valor final	R\$ 25.420,20
Total investido	R\$ 25.420,20
Valor que deveria ser gasto durante a concepção da obra	R\$ 12.522,50
<b>Prejuízo</b>	<b>R\$ 12.897,70</b>

Fonte: Arquivo do autor

Com a necessidade de ter realizado a impermeabilização após anos de uso pelos usuários da edificação, por não ter executado um sistema de impermeabilização no momento da execução da obra, teve-se uma despesa no valor de R\$ 12.897,70 a mais do que deveria ter sido gasto. O prejuízo não foi apenas financeiro, pois geraram grande incômodo na casa, com sujeira, barulho, alguns pisos e tábuas corridas arranhadas afetando assim a integridade física dos usuários.

## 1. CONCLUSÃO

Os problemas patológicos originados pela umidade são muito frequentes na construção civil e podem ocasionar diversos danos, provocando gastos elevados em recuperação e reparo, que poderiam ser evitados com ações preventivas. Compreender as diversas formas de irregularidades originadas pela umidade, possibilita diagnosticar suas origens e optar por medidas corretas de reparação.

O objetivo deste estudo foi apresentar aos interessados da área, as metodologias que devem ser utilizadas durante a execução de impermeabilizações de edificações, garantindo conforto para os usuários, segurança e durabilidade da estrutura. Abordando respectivamente sobre a importância da implantação de um sistema de impermeabilização nas edificações ainda em sua fase concepção. Além disso, sugerir soluções para os problemas patológicos encontrados buscando reduzir os custos decorrentes dos meios de recuperação inadequados. O mesmo, foi alcançado através de uma revisão de literatura e da aplicação de um estudo de caso de uma edificação residencial com manifestações patológicas, que foram sanadas através da realização dos reparos corretos conforme o nível dos agravos.

Dado o exposto, é imprescindível que todos se conscientizem de que a execução de um sistema de impermeabilização ainda na concepção da obra é de suma importância para assegurar conforto para os usuários e longevidade para as estruturas.

Como foi apresentado nos estudos, as manifestações patológicas decorrentes da umidade originam-se em todas as fases de uma edificação. Portanto a melhor correção desses problemas é a prevenção.

Existem inúmeros métodos de execução para um sistema impermeabilizante que são específicos para cada material. No estudo de caso apresentado foi utilizado a argamassa polimérica impermeabilizante semiflexível para executar a manutenção corretiva. Baseados na revisão bibliográfica realizada, observa-se que o material empregado foi o mais adequado para reparar a edificação das patologias originadas pela umidade provinda do solo, é o tipo predominante.

Os custos decorrentes pela correção de patologias causadas pela umidade provinda do solo em uma estrutura, são significativamente superiores aos custos de projeto e execução de impermeabilização durante a execução da obra.

É importante que os usuários finais e construtores, deem mais importância a implantação de um sistema de impermeabilização na edificação. Aos usuários cabe verificar se foi realizado um trabalho adequado de impermeabilização na hora da compra ou execução do imóvel. E aos construtores, executar o sistema de impermeabilização com os cuidados e materiais necessários.

## REFERÊNCIAS

ABATTE, V. **Umidade na base de paredes**. Técnica, São Paulo, n. 72, p. 52-53, mar. 2003.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9575 - Impermeabilização - seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2003.

**NBR 11905**. Argamassa polimérica industrializada para impermeabilização. ABNT, Rio de Janeiro, 2015.

**NBR 13281**. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. ABNT, Rio de Janeiro, 2005.

**NBR 15575**. Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

**NBR 16072**. Argamassa impermeável. ABNT, Rio de Janeiro, 2012.

BAUER, L.A. Falcão. 2008. **Materiais de Construção** – Volume 2. Editora LTC. 5ª edição. Rio de Janeiro.

BRUSAMARELLO, V.J. et al.; “Spatial interactions among localized corrosion sites”, Journal of Electrochemical Society, v. 149, n. 5, pp. B163 - B173, 2002.

COBERPLAN Impermeabilização. Disponível em: <<http://www.coberplan.com.br/>>. Acesso em: 26 mar. 2019.

CADORE, W. W. **Estudo da carbonatação da camada de cobrimento de protótipos de concreto com altos teores de adições minerais e cal hidratada**. 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CAPUTO, H. M. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6º ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

CASCUDO, O.; CARASEK, H. **Ação da carbonatação no concreto**. In: ISAIA, G. E. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. Ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2011. V. 2. 1984p.

CRUZ, J.H.P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com o uso de sistema não aderido de mantas asfálticas**: avaliação e análise com auxílio de sistemas multimídia. 2003. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DENVER Impermeabilizante. Disponível em: <<http://www.denverimper.com.br/>>. Acesso em: 25 março 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, E. A. B., **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**, Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015.

HENRIQUES, F. M. A. **Humidade em Paredes**. ed. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1994. 3 p.

IBI - Instituto Brasileiro de Impermeabilização. Disponível em <<http://www.ibibrasil.org.br/>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

LINCHTENSTEIN, N. B. Patologias das construções. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 1986, 35 p.

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

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 674 p.

PEREZ, R. Martinz. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em prédio histórico – Estudo de Caso**. 2001, 158f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas**

**de concreto em ambiente urbano**. 2010. 265 f. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RIEDER, E.S. et al.; Revista Matéria, v. 14, n. 3, pp. 1000 – 1014, 2009.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 3 ed. São Paulo: Pini Ltda, 1996.168 p.

SCHÖNARDIE, Clayton Eduardo. 2009. **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.

SIKA Brasil. Soluções e produtos. Disponível em: <<http://www.sika.com.br>>. Acesso em: 26 março 2019.

SILVA, Antônio Carlos Ribeiro da. **Metodologia da Pesquisa Aplicada à Contabilidade**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

SILVA. F.N. da. **Caracterização das manifestações patológicas presentes em fachadas de edificações multipavimentadas da cidade de Ijuí/RS**. 2006. 122 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SILVEIRA, M.A. Impermeabilizações com cimentos poliméricos. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 54, p. 108-110, set. 2001.

SOUSA PINTO, C. **Curso básico de mecânica dos solos**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SOUZA, M.F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008. 64f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, J.C.S. de; MELHADO, S.B. Diretrizes para a seleção e projeto de impermeabilização dos 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: PCC-USP, 1998.

SOUZA, V.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. – São Paulo: Pini, 1998

VEDACIT – **Manual técnico de impermeabilização de estruturas**. 4º Edição. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em: 02 mar. 2019.

VERÇOZA, E. José. **Impermeabilização na construção**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. 151 p.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 8ª.ed. São Paulo: Atlas, 2007. Disponível em: <<http://www.doctum.edu.br/tcc.html/>>. Acesso em: 29 mar. 2019.

VIAPOL. Onde tem Viapol a água não passa. Disponível em: <<http://www.viapol.com.br>>. Acesso em: 26 março 2019.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife, 2003.