Estudo de caso: Análise das Manifestações Patológicas Originadas pela Atuação da Umidade em Joinville - SC

Professora orientadora: Michela Steluti Poleti Faria

Coordenação de curso de Engenharia Civil
Everson Nunes Gambeta
eversongambeta@hotmail.com

Resumo

A atuação da água nas edificações é algo constante e em alguns momentos evitar essa ocorrência exige um alto nível de complexidade e utilização de materiais e processos diferentes, é para isso que são executados os sistemas de impermeabilização. Com base no contexto apresentado, que o presente trabalho possui o objetivo de ilustrar a execução da manutenção referente ao sistema de impermeabilização em uma edificação, demonstrando a ocorrência da atuação da água sobre patologias construtivas e detalhando os custos do procedimento de correção das falhas. A metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho foi determinada em um estudo de caso, onde foi realizado a execução de todo o procedimento no local, foram levantadas todas as informações através de sua vistoria e custos referente a mão de obra e insumos utilizados com base nos índices e preços do SINAPI. Com base nos resultados obtidos, determinou-se que a utilização e práticas dos sistemas de impermeabilização são fundamentais para garantir a segurança, estabilidade e durabilidade da residência e evitar a reforma ou manutenção desse sistema é um fator economicamente relevante para a construção civil.

Palavras-chave: Umidade. Impermeabilização. Patologia.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, devido à grande preocupação na garantia de qualidade e melhoria do serviço com o intuito de se promover e destacar no massivo setor que é a construção civil, as construtoras têm apresentado alternativas que ilustre esta realização e as coloque dentro deste mercado tão competitivo, além de demonstrar a importância da execução de alguns destes serviços (MOURA, 2013).

No setor da construção civil, a realização de diversas atividades e serviços são deixados de lado e não são praticados, este fator ocorre devido a diferença que o setor de obras tem das outras indústrias em falta de fiscalização e conferência, o que acaba prejudicando o projeto como um todo e também a sua vida útil (MOURA, 2013). Este contexto, demonstra uma das grandes constâncias que é notável nesta área, além da ausência da execução de serviços, os mesmos também são realizados de forma incorreta, acarretando em problemas para a edificação e na estrutura.

É constante notar a ocorrência de patologias devido aos fatores contextualizado, e um grande contribuinte para desenvolvimento destas patologias é a água, na execução de projetos no setor da construção civil é fundamental que água seja impedida de contatar os materiais, o que pode acarretar no desenvolvimento da degradação ou danificação da estrutura e até trazer problemas mais sérios (RIGHI, 2009).

Segundo Soares (2014), a água é um dos grandes responsáveis pelas patologias nas construções se apresentando no estado gasoso, liquido ou sólidos, sendo assim vários procedimentos e sistemas técnicos vem sendo desenvolvidos para que as degradações e deteriorações ocorridas na obra em função da água sejam evitadas.

Tendo em vista a inúmera possibilidade de patologias que é possível de se realizar devido a origem e ocorrência de águas nos projetos da construção civil e que podem degradar a estrutura, questiona-se quais métodos, técnicas e procedimentos podem ser utilizados para evitar estas ocorrências. E com o aparecimento de novas soluções, têm-se a utilização de sistemas e projetos executados como método para impermeabilizar superfícies e evitar infiltrações.

A importância de estudar este tema é ocasionada devido a uma ampla gama de áreas de informação e relevância que estão dentro do contexto de patologias em edificações originadas pela presença de água, particularmente no setor de construção, de forma que este estudo contribui para maior qualidade das obras realizadas.

Como contextualizado é muito comum a ocorrência de problemas e patologias nas construções devido a umidade e diversos fatores são responsáveis por esta origem. De acordo com o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura (IBDA), a maioria das patologias são originadas pela ocorrência de falhas no processo executivo das obras e pela falta de controle tecnológico dos materiais utilizados na construção (IBDA, 2017).

Problemas esses, que quando ocorridos podem ser muito degradantes de forma a colapsar toda a estrutura de uma edificação e levar a sua desestruturação, em alguns casos também a recuperação de uma estrutura danificada pode ser um custo muito inviável.

É com base nesse contexto apresentado, que o presente trabalho possui o objetivo de analisar as manifestações patológicas originadas pela umidade e a realização da aplicação da reforma do sistema impermeabilizante de uma edificação ilustrando a prática e utilização das normas regulamentadoras.

Sendo assim, para poder atingir o objetivo proposto é possível realizar o desenvolvimento e aprofundamento com relação ao contexto teórico e literário que diferentes autores e publicações tratam com relação ao tema e assunto considerado pelo presente artigo, dessa forma, o capítulo apresentado a seguir demonstra a fundamentação teórica e a revisão bibliográfica da presente pesquisa.

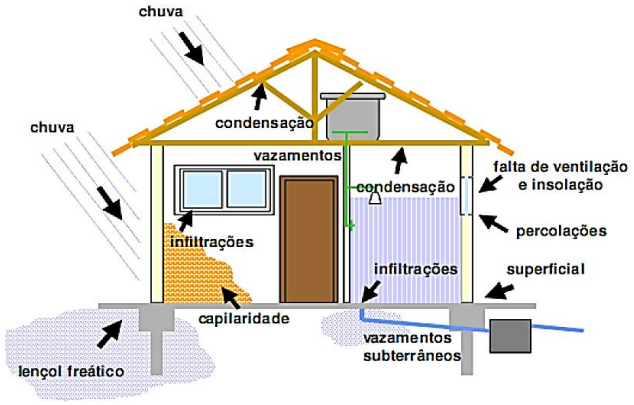
2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Atuação da Água nas Edificações

Segundo Queruz (2007), a água é um dos maiores realizadores de patologias, de forma direta ou indireta, em qualquer estado que esteja, o autor ainda descreve que a água é como um agente de degradação, ou o intermédio de outros agentes quando se relaciona a patologias na construção civil.

De acordo com Soares (2014), em locais úmidos com maior intensidade de chuvas, a realização da conservação das obras é muito mais complexa, pois a ação da água como elemento de deterioração causa intemperismo tanto físico quanto químico.

Figura 1 - Atuação da água sobre edificação diretamente.



Fonte: FREIRE (2007).

Sendo assim, determinar as causas da unidade nas edificações é essencial na definição dos componentes e tipos de sistemas impermeabilizantes a serem usados, realizando assim a proteção da edificação. Para melhor representação a Figura 1 demonstra a atuação da água sobre uma edificação e demonstra assim as possibilidades da realização de patologias e conscientiza, os meios a se determinar as proteções na impermeabilização.

Como é verificado na Figura 1, a ação da água sobre uma edificação ocorre de diversas formas, de várias fontes diferentes, por isso é fundamental utilizar os sistemas e componentes de impermeabilização evitando que essas ações possam degradar a sua durabilidade e uso.

2.2 Patologias na Construção Civil

Inicialmente é importante entender a diferença entre o termo patologia e a expressão manifestação patológica. Manifestação patológica é o resultado de um mecanismo de degradação de uma edificação. Enquanto a patologia das edificações é a ciência que busca explicações e soluções para estas manifestações. Dessa forma, o termo patologia é mais amplo que manifestações patológicas (FRANÇA et al., 2011).

As manifestações patológicas das edificações geralmente apresentam sintomas característicos, a partir dos quais é possível determinar as origens e causas desses fenômenos, podendo assim estimar suas prováveis consequências. O conhecimento das origens e causas desses problemas são fatores determinantes para um diagnóstico inicial. Para analisar os sintomas, é imprescindível uma rigorosa observação visual das patologias associado ao conhecimento teórico (HELENE, 1992).

Almeida (2011) diz que toda manifestação patológica ocorre a partir de um processo ou mecanismo. É de suma importância em qualquer análise patológica, o correto conhecimento do mecanismo causador do processo. Dessa forma, poderá ser feito um tratamento adequado ao problema diagnosticado. De acordo Lersch (2003) deve ser feita a correta diferenciação entre agentes agressivos e mecanismos de degradação. A presença de água em uma edificação, por exemplo, ocasiona várias ações e efeitos nocivos a estrutura, dessa forma a água é um agente agressivo. Quando uma estrutura é exposta ao agente água, ocorrem mudanças físicas e químicas que levam a perda das propriedades dos materiais ou de um elemento da construção, como a corrosão ou apodrecimento. Então, essas mudanças físicas e químicas podem ser denominadas de mecanismos.

Souza e Ripper (1998) dividem as causas das manifestações patológicas como intrínsecas ou extrínsecas. As patologias intrínsecas referem-se as causas específicas aos processos de deterioração das estruturas de concreto, os quais são inerentes a própria estrutura. Geralmente se originam nos materiais e elementos estruturais durante as fases de execução e/ou utilização das obras, seja por falhas humanas, falhas relacionadas ao próprio material, ou ainda por causas naturais referentes a estrutura porosa do concreto. As patologias extrínsecas referem-se às causas que não dependem do corpo estrutural em si, e nem da composição interna do

concreto. São os fatores que atacam a estrutura de fora para dentro, no decorrer das fases de concepção ou ao longo da vida útil da edificação. Alguns exemplos de causas extrínsecas são as falhas humanas durante o projeto e utilização, ações mecânicas, físicas, químicas e biológicas.

Examinar, analisar e verificar as patologias em estruturas e construções são afazeres que necessitam ser efetuadas sistematicamente e periodicamente, de forma que resulte em as ações de manutenção de modo a cumprir de maneira efetiva a reabilitação da estrutura, sempre que seja necessário (GRANATO, 2017).

Dentre as diferentes medidas que determinam a degradação das construções são consecutivos de inúmeros fatores, como alterações de temperatura, reações químicas, vibrações, erosão, o fenômeno da corrosão das armaduras do concreto armado, que determina um considerável aspecto patológico, contribuindo para a degradação da construção. Os sintomas e as causas são geralmente desconhecidos e seu conhecimento é necessário para aplicar métodos corretivos e procedimentos claramente definidos para uma intervenção efetiva (GRANATO, 2017).

Devido à complexidade do impacto ambiental sobre as estruturas e sua resposta constante, uma melhoria real na produção de construção pode ser alcançada não apenas melhorando as propriedades dos materiais utilizados, mas também com a ajuda de técnicas de execução, melhoria da arquitetura, projetos e estruturas, inclusive na inspeção e manutenção, incluindo manutenção preventiva (GRANATO, 2017).

As manifestações patológicas podem se originar em qualquer fase do processo de construção. As origens nas fases iniciais podem ser tanto no planejamento, como no projeto propriamente dito, ou até mesmo nas escolhas inadequadas de materiais. Além disso, existem as que tem origem nas etapas de execução e utilização da edificação. Souza e Ripper (1998) afirmam que apesar de diversos pesquisadores tentarem descobrir em qual etapa da construção ocorre a maior incidência de erros que levam às manifestações patológicas, as conclusões não apresentam um único padrão. Isso ocorre principalmente pelo fato de que os estudos são realizados em diferentes localidades, utilizando metodologias de avaliação diversas, assim como a dificuldade em definir a principal causa, devida ao vasto número de casos.

As principais falhas que podem ocorrer na etapa de concepção e projeto são: falhas de compatibilização entre os diferentes projetos da obra, especificação impróprias de materiais, detalhamento insuficiente ou incorreto, detalhes construtivos de difícil execução, erros de dimensionamento e elementos de projeto inadequados (SOUZA; RIPPER, 1998). Dessa forma, Helene (1992) diz ser importante concentrar maior atenção nas fases iniciais da construção, dando enfoque a fase de projeto, para que futuramente não sejam necessárias medidas emergenciais ou adaptações na execução.

Segundo Freire (2010), os materiais utilizados nas construções também podem gerar manifestações patológicas sérias durante a vida útil de uma edificação. Muitas vezes se faz a utilização de materiais de baixa qualidade buscando obter uma economia no orçamento da obra. Além disso, é observado frequentemente a falta de conferência dos materiais recebidos e, ainda, uma estocagem inadequada destes materiais no canteiro de obras, tornando-os suscetíveis a fatores externos.

Souza e Ripper (1998) dizem que problemas patológicos causados pela baixa qualidade dos materiais são bastante frequentes. Os autores, citam ainda, alguns problemas que podem ocorrer nas estruturas, como menor durabilidade, erros de dimensionamento, agentes agressivos presentes e baixa resistência mecânica.

Em teoria, a etapa de execução deve ser iniciada apenas após a conclusão da etapa de concepção e projeto da obra, supondo que esta tenha sido realizada de forma correta. Entretanto, essa sequência lógica muitas vezes não acontece na realidade. Uma prática bastante comum durante a construção é fazer certas simplificações construtivas, não recomendadas ou previstas

em projeto, a fim de facilitar a execução da obra, contribuindo, portanto, para a ocorrência de erros. (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Freire (2010), os processos de execução de uma obra requerem um rigoroso controle de qualidade, entretanto, existe uma falta de qualificação dos trabalhadores no setor da construção civil brasileira. Segundo o autor, os problemas na fase de execução da obra poderiam ser minimizados se houvesse uma maior fiscalização das atividades desempenhadas pelos funcionários além de uma verificação dos materiais e elementos usados.

Souza e Ripper (1998) citam algumas falhas grosseiras que podem se originar da etapa de execução, como a falta de prumo, de esquadro e de alinhamento das alvenarias e elementos estruturais, desnivelamento de pisos, argamassas de assentamento muito espessas, flechas excessivas em lajes, entre vários outros problemas.

Após a entrega da obra, a utilização da edificação é feita pelo usuário, sendo de responsabilidade do mesmo cuidar para que as características da estrutura sejam conservadas no período de vida útil. Da mesma forma, as obras públicas devem ter planos de inspeção e manutenção periódicos, para que sejam previstas intervenções a fim de reparar os danos causados pelo uso, pela ação de agentes agressivos e por eventuais impactos acidentais (AZEVEDO, 2011).

Os problemas patológicos ocasionados na etapa de utilização e manutenção geralmente têm sua origem por desconhecimento técnico, incompetência, negligência e também por problemas socioeconômicos. A falta de verbas destinadas a manutenção das edificações pode se tornar o principal responsável pelo surgimento de problemas estruturais sérios, implicando em altos gastos com intervenção e reparo, isso quando não chega ao fim, levando a demolição da estrutura (SOUZA; RIPPER, 1998).

No geral, as manifestações patológicas surgem no decorrer do tempo, onde uma simples ocorrência patológica pode acarretar em outras manifestações ainda mais graves. Uma fissura em uma viga gerada pela expansão do concreto pode permitir a entrada de agentes agressivos causando a corrosão da armadura, por exemplo (HELENE, 1992).

Para Azevedo (2011), quanto antes as intervenções e correções forem realizadas, mais eficientes elas serão, além de apresentar um custo menor. Dessa forma vale salientar a importância de um bom planejamento inicial e projeto da obra, com o intuito de evitar problemas futuros nas demais etapas ao longo da vida útil da edificação.

2.3 Umidade nas Edificações

A umidade é considerada um estado úmido, capaz de infiltrar as paredes ou ascender do próprio solo, manifestando-se por meio de manchas que deterioram o ambiente. A presença da umidade na parte inferior de paredes e muros é causada pelo contato direto da fundação que não recebeu o devido tratamento de impermeabilização (PIANCA, 1977).

Segundo Perez (1988), a umidade é uma das patologias mais difíceis de serem removidas das construções, suas dimensões e propriedades variam muito entre si, trazendo inúmeros problemas para a construção e seus habitantes, e em muitos casos degradando rapidamente a estrutura. Ele salienta também, que o crescimento de sua incidência se dá devido a adoção de novas técnicas e materiais na construção civil, o emprego de estruturas arquitetonicamente mais esbeltas, e o surgimento de desgastes diferenciais em telhados, lajes de cobertura e fachadas.

Toda e qualquer edificação deve ser livre de umidade e se as infiltrações se manifestarem, elas devem ser eliminadas. Nos casos com presença de fungos, é necessário a limpeza dos ambientes contaminados com solução de hipoclorito (CAPORRINO, 2015).

2.3.1 Danos Causados pela Umidade

De acordo com Thomaz (1992), a parcela de água que pode existir numa edificação é relativa, mas a sua quantidade é mensurada devido a duas propriedades dos materiais, sua capilaridade e porosidade; dos quais o primeiro aspecto é o que mais se destaca no quesito teor de umidade, onde existem dois tipos de movimentações que o provocam: irreversíveis e reversíveis.

As movimentações irreversíveis são aquelas que ocorrem logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a um certo intervalo, mesmo no caso de secar-se ou saturar-se completamente o material. (THOMAZ, 1992, p.34)

A presença de água nas edificações pode causar inúmeras anomalias, e os seus efeitos podem causar desde pequenas bolhas, fissuras ou até chegar a comprometer as condições de habitabilidade e estabilidade das construções (CAPORRINO, 2015).

Dentre eles destacam-se: variação dimensional dos materiais e componentes construtivos, como consequência da variação da umidade. Originando fissuras; proliferação de micro-organismos, causando o aparecimento de manchas e eflorescências; aumento da transmissão de calor; redução da resistência dos componentes; deterioração e destacamento de revestimentos; oxidação de metais; desencadeamento de processos químicos, entre outros (CAPONNINO, 2015, p.50).

De acordo com Yazigi (2011 p.549), um dos principais problemas ocorridos é mofo, que pode ser definido com uma “alteração observável macroscopicamente nas superfícies (manchas), sendo uma consequência do desenvolvimento de microrganismos pertencentes ao grupo dos fungos”. As regiões com chuvas mais frequentes estão sujeitas a maior formação de manchas e mofos como se pode observar no exemplo da Figura 2.

Figura 2 – Mofo ocorrido devido a vazamento do ralo.

Fonte: SOARES (2014).

Para um mofo onde não há desprendimento de tinta e reboco, um impermeabilizante pode ser a solução. Quando há infiltração e o desprendimento do reboco e tinta, é necessário a aplicação de impermeabilizante. A retirada desses microrganismos deve ser feita com escova de aço. A limpeza da superfície com uma mistura de fosfato trissódico, detergente e hipoclorito de sódio (SOARES, 2014).

Sendo assim, para evitar o aparecimento destes defeitos, é imprescindível o desenvolvimento de projetos que garantam uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, de forma a reduzir as infiltrações de água através de paredes, pisos e tetos e consequentemente a umidade do local. Caporrino (2015) aponta como solução a eliminação da fonte de umidade, secagem do revestimento, escovação para retirar material pulverulento, e

quando há presença de microrganismos deve ser feita a lavagem com solução de hipoclorito para então fazer a renovação da pintura ou do próprio revestimento.

2.4 Eflorescência

Essa manifestação patológica se caracteriza pela formação de manchas brancas na superfície de diferentes elementos da estrutura. Podem se apresentar na forma de manchas pulverulentas ou na forma de crostas sólidas, ambas insolúveis em água. Geralmente trazem modificações apenas estéticas, mas podem ser agressivas e afetar o desempenho da edificação (BAUER, 2011). A Figura 3 ilustra a patologia descrita.

Figura 3 – Mancha de eflorescência na laje de concreto.

Fonte: SOUZA (2011).

Conforme Bauer (2011, p. 433), a eflorescência é decorrente de "depósitos salinos, principalmente de sais de metais alcalinos e alcalino-terrosos na superfície de alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis nos materiais e componentes da alvenaria". O acúmulo de água permite a dissolução dos sais que migram até a superfície dos elementos. Após a evaporação da água esses sais ficam depositados, formando uma mancha esbranquiçada. (SOUZA, 2011).

Para que a eflorescência ocorra, Peres (2001) apresenta os três fatores que devem existir e atuar simultaneamente. São eles: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática para propiciar a migração da solução para a superfície.

Segundo Uemoto (1985 apud PERES, 2001, p. 26), existe também a classificação das eflorescências conforme sua aparência e forma de manifestação. No Quadro 1 é possível visualizar esta classificação, seguido do local da edificação onde essas manifestações ocorrem, além das possíveis causas e soluções para cada tipo de eflorescência.

Quadro 1 - Tipo, características, locais, causas e reparos das eflorescências.

Características e tipo da eflorescência	**Locais de formação**	**Prováveis causas atuando com ou sem simultaneidade**	**Reparos**
Tipo 1: pó branco pulverulento e solúvel em água.	- Em superfície de alvenarias aparentes, revestimento de argamassa, ladrilhos cerâmicos não esmaltados. - Em regiões próximas a caixilhos mal vedados. - Em juntas de pisos cerâmicos esmaltados e azulejos.	- Sais solúveis presentes nos materiais, na água de amassamento, em agregados, aglomerantes. - Sais solúveis presentes nos materiais cerâmicos (tijolos, ladrilhos, etc). - Sais solúveis presentes no solo. - Poluição atmosférica.	- Eliminar a fonte de umidade. - Lavagem com água. - Escovamento da superfície. - Lavar a superfície com solução clorídrica a 10% e em seguida com água abundante.

		- Reação tijolo-cimento.	
Tipo 2: depósito branco com aspecto de escorrimento, muito aderente e pouco solúvel em água. Apresentam efervescência na presença de ácidos.	- Em superfície de argamassa, concreto. - Na superfície de componentes próximos a elementos em alvenaria e concreto.	- Carbonatação da cal liberada na hidratação do cimento. -Carbonatação da cal não carbonatada proveniente de argamassas mistas.	- Eliminação da percolação de água. - Lavagem com solução clorídrica a 10%. - Em caso de depósito abundante, escovar a superfície e repetir a lavagem com solução clorídrica a 10%.
Tipo 3: depósito branco, solúvel em água, com efeito de expansão.	- Entre fissuras de juntas de alvenaria. - Entre juntas de argamassas e tijolos. - Locais da alvenaria muito exposta a chuva.	- Expansão devido a hidratação do sulfato de cálcio existente no tijolo ou da reação tijolo-cimento. - Formação de sal expansivo por ação de sulfato.	- Esperar a estabilização do fenômeno para reparar. - Reparo usando cimento sem sulfatos.

Fonte: PERES (2001).

Ainda, conforme a NBR 7200 (ABNT,1998), para remover a eflorescência é preciso escovar a seco a superfície atingida, com o uso de escova de cerdas de aço e logo após realizar limpeza com solução de ácido muriático. Quando a manifestação atingir grandes áreas, pode-se fazer uso de jatos de areia para facilitar a remoção. Então, após a lavagem, quando a base estiver completamente seca, deve-se refazer o revestimento e/ou pintura.

2.5 Fissuras e Trincas

Entre as várias anomalias presentes nas edificações, públicas ou particulares, estão as fissuras, trincas, rachaduras e fendas. Estas aberturas na superfície dos elementos da estrutura têm grande relevância devido a três fatores básicos: o aviso de um possível problema mais grave acontecendo na estrutura, o desempenho da edificação que é afetado a medida que essas aberturas vão se formando pois elas facilitam a entrada de agentes agressivos a estrutura, e por fim há o desconforto psicológico que que essas aberturas causam aos usuários (THOMAZ, 1992).

Estas manifestações patológicas podem surgir em paredes, pisos, vigas, pilares, lajes, entre outros elementos de uma edificação. Oliveira (2012) diz que uma das causas de ocorrência das fissuras é devido às tensões dos materiais. Quando os materiais têm capacidade de resistência menor do que lhes é solicitado, ocorre a falha, que origina uma abertura na superfície do elemento.

Segundo Vitório (2003) e Sahade, (2005), as fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua atividade: ativas ou passivas. As fissuras ativas são aquelas que sofrem variações de abertura e fechamento ao longo do tempo, podem ou não estar relacionadas com a variação de temperatura e umidade, dessa forma não indicam, necessariamente, a ocorrência de problemas estruturais, porém estes podem ser indicados quando há uma variação crescente da espessura. Já as fissuras passivas são aquelas onde a abertura já alcançou a sua amplitude máxima, ou seja, estão estabilizadas.

De acordo com Thomaz (1992), entender o mecanismo de formação das fissuras é imprescindível para o profissional conseguir propor medidas corretivas e também preventivas, onde inclui elaboração de projetos eficientes, especificação adequada de materiais e serviços. Dessa forma Thomaz (1992) cita alguns fenômenos de formação das fissuras que podem ser visualizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Fenômenos e causas da formação de fissuras.

Fenômenos de formação das fissuras	Causas
Movimentações térmicas	Devido à variação de temperatura os elementos da edificação podem sofrer dilatação ou retração, causando fissuras, geralmente, na argamassa de revestimento e em pisos cimentados.
Movimentações higroscópicas	O aumento de umidade faz com que os elementos do edifício se expandam, e a perda de água gera uma retração. Devido aos vínculos que impedem a movimentação destes elementos, fissuras podem ser ocasionadas.
Atuação de sobrecargas	Os projetos de estruturas estipulam quais cargas atuam na edificação, entretanto, existem casos em que o projetista não considera todas as cargas atuantes e a peça sofre uma solicitação maior do que prevista.
Deformabilidade excessiva das estruturas	As estruturas de concreto armado ao serem solicitadas por cargas permanentes ou acidentais sofrem uma deformação denominada flecha. Esta flecha possui um valor máximo estipulado pelas normas brasileiras que regem os projetos e execução de obras de concreto armado, entretanto, por mais que estas flechas estejam dentro dos parâmetros estipulados, muitas vezes são incompatíveis com a capacidade de deformação de outros elementos que compõe a estrutura, como por exemplo, as paredes, gerando então fissuras na mesma.
Fissuras causadas por recalque de fundação	Devido à inconstante capacidade de carga e deformabilidade dos solos, ao serem solicitados por cargas externas, podem deformar de maneira diferenciada ao longo do plano das fundações de uma obra. Com isso, são geradas tensões de grande intensidade na estrutura que podem ocasionar o aparecimento de trincas.
Retração de produtos à base de cimento	Produtos preparados com cimento podem ter retração química, por secagem ou por carbonatação. Os três tipos surgem tanto com o produto em processo de cura ou já em estado endurecido.

Fonte: THOMAZ (1992).

Além das causas já citadas, as fissuras podem surgir devido ao mau uso ou manutenção falha da edificação, eventuais acidentes (explosões, incêndios, colisão de veículo), vibrações transmitidas pelo solo ou pelo ar, e também devido a própria degradação da edificação pelo seu envelhecimento (THOMAZ, 1992).

2.6 Corrosão das Armaduras

A corrosão é a degradação de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente em conjunto ou não a esforços mecânicos. A corrosão pelo processo físico-químico entre o material e seu meio atuante trazem modificações nocivas e indesejáveis, sofridas pelo material, tornando-o impróprio ao uso (GENTIL, 1996). A Figura 4 ilustra a ocorrência da corrosão sobre as armaduras no concreto armado.

Figura 4 – Viga com armadura corroída.

Fonte: SANTOS (2015).

As armaduras inseridas nas estruturas de concreto têm dupla proteção ao processo de corrosão. Há a proteção física, onde o concreto serve de barreira física aos fatores externos, impedindo a entrada de agentes agressivos. Existe também a proteção química, onde o concreto

devido ao seu elevado pH proporciona a formação de uma película passivadora que envolve o aço. (SANTOS, 2015).

Os metais tem uma camada protetora (passivadora) na sua superfície, a qual apresenta um pH igual a 13. Quando este pH se torna menor que 11, ocorre a despassivação e o processo corrosivo começa acontecer por oxidação. A oxidação é a dissolução do ferro, gerando os compostos ferrosos expansivos que resultam no aumento de volume de aço original, ocasionando a fissuração e desplacamento do concreto, desencadeando o problema. (SOARES et al., 2015).

A fim de garantir a passivação da estrutura durante a vida útil do concreto a NBR 6118 (ABNT, 2014), traz algumas recomendações referentes a classe de agressividade a qual a estrutura está inserida. Quanto mais agressivo for o ambiente, menor deve ser a relação água cimento (a/c) do concreto. E o cobrimento nominal da armadura (c_{nom}), deve ser maior onde a estrutura está mais suscetível a agentes agressivos, formando a barreira física para impedir a entrada dos mesmos na estrutura.

2.7 Sistema de impermeabilização

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), o sistema de impermeabilização pode ser definido como o conjunto de produtos e serviços com o destino a transmitir estanqueidade as partes de uma construção. A norma ainda define estanqueidade como a propriedade de um elemento que impede a passagem ou penetração de fluídos por si mesma, sua realização se associa de acordo com o limite de pressão de utilização.

Desta forma, é possível definir impermeabilização como o envelope da edificação. É o sistema responsável por proteger a edificação das condições determinadas pelo local onde foi executada, além de vedar a estrutura de determinadas situações (FIRMINO, 2013).

O processo de impermeabilizar, envolve várias etapas até que o produto selado seja alcançado. A análise de projeto, o projeto de vedação, o tratamento de superfície, a eficiência de vedação, os testes de vazamento, as camadas de separação e os dispositivos de proteção devem ser monitorados durante a implementação do projeto de impermeabilização (ARANTES, 2007).

Ao planejar um projeto de impermeabilização, é possível atingir um nível mais alto de eficiência, selecionando os materiais e sistemas utilizados de acordo com as características do projeto a ser implementado. Em todos os casos, todas as intervenções estruturais, como projeto, movimentação estrutural, propósito de cada área, segurança do trabalhador, etc., devem ser analisadas (FIRMINO, 2013).

2.2.1 Componentes do sistema de impermeabilização

O sistema de impermeabilização possui diversos componentes que se diferenciam ao ser utilizados dependendo de sua necessidade, e da sua aplicação devido a atuação da água na edificação e da forma a se evitar a ocorrência da patologia justificada do mesmo, desta forma os componentes mais comuns são: camada de regularização; camada impermeável; elementos construtivos; impermeabilização mecânica.

A camada de regularização apresenta as importantes exigências a serem aplicadas referente a impermeabilização, tendo como referência seu grau de fissuração, deformabilidade, atuação das cargas e movimentação da estrutura (SOARES, 2014).

O objetivo da camada de regularização é corrigir o substrato a ser impermeabilizado, de forma que determine uma superfície uniforme e constante para apoio da camada impermeável, segundo a NBR 9574 (ABNT, 2011), a superfície a ser impermeabilizada necessita estar

ausente de protuberâncias e possuir resistência e textura de acordo com o sistema de impermeabilização a ser utilizado.

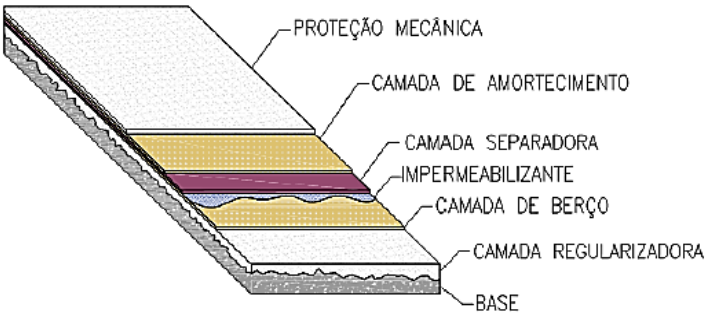
Desta forma, a camada precisa ter um caimento mínimo e dimensionado previamente para que os fluidos sejam encaminhados para os locais determinados de acordo com o projeto e a superfície da camada precisa realizar o escoamento da forma mais adequada possível para que não prejudique a estrutura (ABNT, 2011).

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), a inclinação de áreas horizontais externas deve ser de no mínimo 1% em direção aos coletores de água, e para as calhas e áreas internas é determinado no mínimo 0,5%.

Segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), a camada impermeável, é a aquela que possui o objetivo de determinar uma barreira à passagem de fluidos, esta barreira pode ser de diferentes materiais de acordo com o procedimento impermeabilizante definido.

Uma das camadas que fazem parte do conjunto da camada impermeabilizante é a camada de berço que possui além da função de amortecer, protege a camada impermeável contra agressões originadas pelo substrato, normalmente é utilizada em conjunto com a camada amortecedora, e fica sob a proteção mecânica e protege a impermeabilização. A Figura 6 demonstra a representação esquemática das camadas citadas em um sistema de impermeabilização não aderidos.

Figura 5 - Esquema com as camadas impermeáveis.



Fonte: SOARES (2014).

A impermeabilização mecânica ou proteção mecânica, é aquele que tem o propósito de dissipar a atuação das cargas dinâmicas ou estáticas por sobre a camada impermeável, de forma que realize a sua proteção contra estes esforços (CRUZ, 2003).

É fundamental que o material usado na camada impermeabilizante não tenha propriedades para retardar o envelhecimento da impermeabilização devido a ação das intempéries, agentes poluentes, entre outros e que seja resistente a raios ultravioletas (SOARES, 2014).

A partir da fundamentação teórica apresentada, onde foi possível contextualizar e caracterizar as principais definições acerca do tema abordado, tendo como parâmetro os autores e literaturas mais reconhecidas e qualificadas do meio acadêmica e do assunto pesquisa, a seguir é detalhado a proposta de método da pesquisa, caracterizando todo o processo realizado para obter os resultados conseguintes.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa pode ser caracterizada como estudo de caso, dessa forma, o seu propósito é analisar propriedades e parâmetros característicos de um conjunto específico que possui atuação prática.

Com relação a abordagem, a pesquisa se determina como quantitativa e qualitativa, pois detalha os dados quantificados com relação a dados e informações que foram levantadas e qualitativo, através da realização da sua análise com o propósito de qualificar o conteúdo que foi levantado e obtido. Assim a natureza da pesquisa, pode se afirmar que é aplicada, tendo em vista que a mesma gera conhecimentos para a realização prática a solução de problemas específicos.

3.2 Local

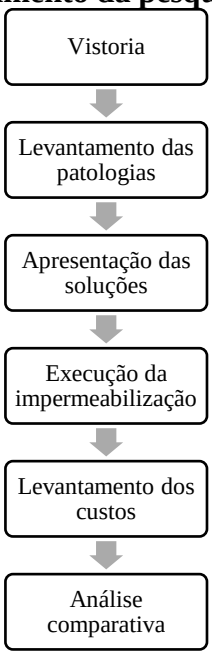
O local onde foi constatada as informações apresentadas e analisadas é uma residência, onde ocorreu problemas com a umidade ascendente sobre a estrutura e alvenaria, devido a atuação da água, a partir dos procedimentos realizado foi possível obter os resultados apresentados.

Dessa forma, se apresentou a realização da manutenção de um sistema de impermeabilização sobre uma residência que ficou degradada visualmente e estruturalmente pela ascensão de umidade sobre a estrutura e alvenaria, sendo assim foram determinados diversos procedimentos e realizações para solução do problema e a sua análise é detalhada na sequência.

3.3 Etapas da pesquisa

Os dados obtidos e coletados se deram através de quatro procedimentos diferentes: Vistoria do local, para levantamento das falhas no sistema de impermeabilização atual; Determinação das soluções, com base nas normas regulamentadoras; Acompanhamento da execução da solução apresentada; Levantamento dos custos do novo sistema impermeabilizante e do anterior. A Figura 6 ilustra o fluxograma com o processo de realização dessa pesquisa.

Figura 6 - Processo de desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Próprio Autor (2022).

A vistoria ao local da obra para obtenção dos dados permitiu que fosse realizado o levantamento referente as falhas do atual sistema impermeabilizante da edificação, esse procedimento conseguiu auxiliar para determinar qual a origem da falha do método impermeabilizante e os processos a serem realizados para solucionar o problema.

A partir da obtenção dos dados referente as patologias do impermeabilizante utilizado no local, foi levantado o procedimento a ser utilizado para solucionar o problema do local seguindo as normas regulamentadoras, e a partir dessas determinações foi possível obter os materiais e mão de obra a serem utilizados na sua execução.

Os dados obtidos na execução do procedimento de impermeabilização visaram a análise referente ao processo de impermeabilização para indicar a realização das normas como é fundamental para qualidade da impermeabilização e as determinações do fabricante do material.

Por último foram levantados os custos referentes aos sistemas impermeabilizantes prévios e a nova manutenção realizada e a partir da comparação e análise dos custos é possível comparar qual a diferença devido realização incorreta do sistema impermeabilizante inicial. O levantamento dos custos referentes ao sistema prévio de impermeabilização foi determinado com base nos dados obtidos na vistoria do local onde se obteve os dados referentes a construção da residência e partir desses dados, os materiais e mão de obra envolvidos foram obtidos com base nos índices de preço determinados pelo SINAPI, os custos da manutenção e novo sistema foram levantados com base nos índices de preços do SINAPI.

A análise dos dados, tem por intuito determinar a transformação do grupo de dados coletados, em uma verificação para realizar a sua racionalização de forma analítica e sistêmica, realizando assim a sua interpretação com base no objetivo proposto (ROESCH, 1999).

A primeira análise realizada no estudo de caso detalhado se deu através das falhas encontradas no sistema impermeabilizante, a avaliação realizada teve o propósito de encontrar os problemas que ocorreram e determinar a solução para o problema tendo como base a atuação das águas nas edificações e sobre o sistema de impermeabilização.

Verificado o problema, foi proposto a solução e a realização da sua execução, o detalhamento do novo sistema impermeabilizante sobre o local, teve como fundamento a utilização das normas NBR's 9574, 9575 e 9952, onde foi possível determinar as conformidades do material utilizado e processo realizado garantindo a qualidade do serviço executado. Com o uso das normas, todos serviços realizados desde os preliminares foram acompanhados e avaliados para garantir que a solução esteja dentro da regularidade.

Após o procedimento do serviço executado e realizado foram obtidos os custos referente ao processo de manutenção do sistema de impermeabilização, foi analisado, a diferença de custos entre o sistema prévio de impermeabilização e o novo método empregado em conjunto com a manutenção realizada, a comparação entre os custos, consegue ilustrar como é possível a partir da utilização adequada do sistema e projeto de impermeabilização evitar novos gastos com a necessidade de manutenção.

Dessa forma, com o método da pesquisa apresentado e demonstrado, pode-se seguir no próximo tópico o detalhamento de todos os resultados que foram obtidos, a partir do processo da metodologia aplicado e assim realizar as discussões e análises acerca das informações que foram obtidas e consideradas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise do Local

Foi realizada uma vistoria ao local onde inicialmente foram indicadas as infiltrações na residência podendo ser bem visíveis nas paredes e sobre a estrutura próximo ao piso onde a

água se infiltrou e degradou esses elementos. A presença de mofo sobre a alvenaria era nítida e a degradação visual no uso da residência devido a umidade é possível de ilustrar na Figura 7.

Figura 7 - Presença de mofo na alvenaria devido a ascensão da umidade e sua infiltração.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Analisando a Figura 7 é possível perceber pelas marcas indicadas a presença do mofo nas paredes e até a indicação do destacamento da pintura devido a ocorrência da água. A Figura 8 ilustra outro lado da alvenaria degradada.

Figura 8 - Parede com deslocamento da pintura.

Fonte: Próprio Autor (2022).

A Figura 8 consegue ilustrar um resultado do desenvolvimento mais degradante da infiltração e a atuação constante de água sobre a alvenaria, sendo o destacamento da pintura, o escurecimento do reboco e aparição de mofos brancos no próprio revestimento como indicado, a ocorrência da infiltração na parede é visivelmente claro, além de que quando a parede era tateada era possível sentir a umidade na alvenaria.

A estrutura também foi denegrida pela infiltração, foi possível verificar a corrosão química do concreto armado pela ação da água, que provocou a ruptura e destacamento do material ao sofrer tensões de flexão, originadas pelo aumento do volume do aço oxidado. A Figura 9, consegue ilustrar essa análise detectada na residência.

Figura 9 – Manifestação patológica na estrutura devido a infiltração.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Outro resultado determinado pela infiltração da água, foram os estragos nos bens protegidos pela construção, segundo os moradores da residência os móveis que estavam no local próximo a infiltração foram perdidos pelo apodrecimento da madeira.

Dessa forma, fica nítido como a ocorrência da ascensão da água sobre a alvenaria e estrutura que pode danificar a edificação, essa patologia é muito comum nas partes inferiores da parede como verificado e sua ocorrência pode ser determinada pela aparência de manchas de mofos nas pinturas (Figura 7), destacamento da pintura (Figura 8) e pode até denegrir a estrutura (Figura 9). Sua ocorrência resulta da ausência de proteção das paredes durante a execução da obra, ou até da viga baldrame que pode sofrer devido à falta de impermeabilização e constante contato com áreas úmidas, como o solo.

4.2 Manutenção da Impermeabilização

Foi realizado o levantamento dos serviços necessários para realização da reforma e manutenção da impermeabilização da residência, determinando a mão de obra necessária, materiais e equipamentos, tendo como escopo as normas técnicas NBR's 9574, 9575, 9952, que são determinantes para garantir a qualidade desse serviço. Essas normas determinam as diretrizes essenciais para que seja possível garantir o sucesso da impermeabilização.

4.2.1 Sistema de Impermeabilização

O sistema principal de impermeabilização utilizado para a edificação, foi realizar a impermeabilização do substrato aderido com manta asfáltica aluminizada e aplicada com maçarico a gás GLP.

Foi seguido a orientação da NBR 9952, que determina os requisitos para utilizar as mantas asfálticas com armaduras de reforço, que indica o procedimento da realização e uso, e o local de aplicação foi determinado por indicação técnica como realiza a norma.

A manta utilizada e levantada para aplicação, conseguia satisfazer as condições e determinações da NBR 9575, que eram:

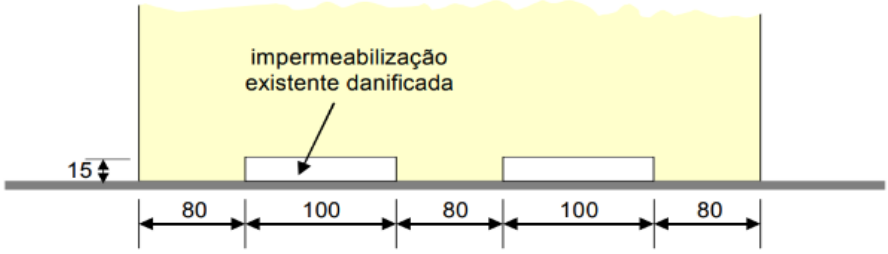
1) Resistir aos efeitos de dilatação e retração do substrato e revestimento ocasionado pela variação térmica do local, como: fendilhamento; ruptura por tração; deslocamento.
2) Resistir à pressão hidrostática de percolação e umidade do solo, como também destacamento dos substratos pela perda de aderência;
3) Demonstrar flexibilidade, resistência, aderência e estabilidade mecânica compatível com as solicitações da estrutura.

Com o material e sistema determinado foi possível seguir para a realização dos serviços de execução, acompanhando para a execução correta da impermeabilização de acordo com as normas técnicas.

4.2.2 Serviços Preliminares

O primeiro processo realizado foi garantir a estabilidade da estrutura, dessa forma foi desenvolvido um detalhamento da execução de alguns pontos (Figura 10) e desenvolvido como determina a NBR 9575, onde foi necessário realizar rasgos na alvenaria com intervalos na parte inferior sem atingir a estrutura.

Figura 10 - Detalhe do projeto para rasgos na parte inferior das paredes danificadas.



Fonte: Próprio Autor (2022).

Como ilustra o detalhamento desenvolvido na Figura 10, foram realizados rasgos de 100 cm com altura de 15 cm, tendo um espaçamento de 80 cm. Essas especificações foram utilizadas com base na norma para garantir a estabilidade da parede a ser reformada. A Figura 11, consegue ilustrar a execução efetiva sobre a parede da residência.

Figura 11 - Rasgos executados sobre a alvenaria da residência.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Para as caixas de portas foi necessário realizar o ancoramento, para que não ocorresse o desprendimento da caixa devido aos rasgos realizados, então seguindo a NBR 9574, foi realizado a regularização com a argamassa com traço de 1:3 (cimento:areia) a camada do substrato onde será aplicada a manta evitando a agressão a mesma, a Figura 12 ilustra o contexto realizado.

Figura 12 - Camada de regularização e ancoramento dos chumbadores.

Fonte: Próprio Autor (2022).

No local onde os pilares apareceram com patologias pela infiltração, foi seguido a indicação do fabricante da manta, onde indica que para estruturas de concreto armado a estrutura deveria estar exposta para uma altura mínima de 50 cm, para que a colagem da manta e sua aplicação fosse efetiva.

Após a realização dos rasgos da parede, foi determinado então o processo de execução e realização do sistema de impermeabilização para evitar futuros problemas gerados no local.

4.2.3 Execução do Sistema de Impermeabilização

A execução do sistema de impermeabilização, foi de acordo com as diretrizes e exigências da NBR 9574, realizando a imprimação do substrato de argamassa para determinar uma aderência mais adequada a manta quando aplicada e fazendo uso do gás GLP. Foi utilizado como primer uma solução asfáltica compatível com a manta como determina o fabricante do material e após a imprimação houve a cura por seis horas como descreve o fabricante. A Figura 13 ilustra a execução da manta sobre os locais que originavam a infiltração.

Figura 13 - Aplicação da manta asfáltica com gás GLP.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Alguns procedimentos tiveram que ser realizados de forma diferentes devido a algumas especificações na norma como os apresentados na sequência:

1) Um procedimento diferenciado a ser realizado para aplicação da impermeabilização foi o reforço nos pontos críticos, onde existia a passagem de tubulação, esse processo foi realizado como determina a NBR 9575, tendo na sequência a aplicação da manta como consegue ilustrar a Figura 14.

Figura 14 - Reforço de Impermeabilização devido a passagem de tubos de eletricidade.

Fonte: Próprio Autor (2022).

2) Após a reconstrução das paredes rasgadas nos locais que foram aplicadas a impermeabilização, foi necessário aguardar a cura da argamassa de assentamento dos blocos, onde posteriormente foi aplicado um processo de impermeabilização de reforço para manter a conservação da umidade das paredes, como ilustra a Figura 15.

Figura 15 - Reforços de impermeabilização das paredes rasgadas.

Fonte: Próprio Autor (2022).

3) Nos encontros de porta com a alvenaria foi necessário realizar a aplicação da manta, até a elevação de uma altura de 50 cm, essa decisão foi determinada para evitar que ascensão da umidade aconteça pelos poros da madeira das portas, a Figura 16, consegue ilustrar a manta aplicada.

Figura 16 - Local crítico de umidade no encontro da porta com a parede.

Fonte: Próprio Autor (2022).

4) Nos pontos de passagem de tubulações hidráulicas e dutos elétricos, foi necessário realizar o travamento destes elementos e realizar uma barreira impermeabilizante com argamassa impermeabilizante para evitar a ascensão capilar da umidade por estes elementos, A Figura 17 consegue demonstrar a argamassa especial aplicada no entorno dessas tubulações em contato com o piso.

Figura 17 - Impermeabilização nas passagens das tubulações.

Fonte: Próprio Autor (2022).

5) Na realização da impermeabilização dos pilares, foi necessário realizar a aplicação na manta no seu envolto, aderindo ao substrato novo aplicado na estrutura, a realização dessa prática, foi seguida por determinações do fabricante na prática de impermeabilizar estruturas de concreto, promovendo o confinamento do elemento estrutural e evitando o contato do mesmo com a infiltração para não prejudicar a estrutura. A Figura 18 demonstra a execução do impermeabilizante sobre o pilar.

Figura 18 - Execução do impermeabilizante sobre pilar.

Fonte: Próprio Autor (2022).

O processo executivo do sistema de impermeabilização conseguiu demonstrar como é possível seguir os procedimentos de execução do sistema impermeabilizante para a manutenção e correção de infiltrações de água e umidade, mas a melhor opção sempre é a realização da impermeabilização prévia dos elementos de fundação e baldrame para evitar ocorrências como as apresentadas previamente.

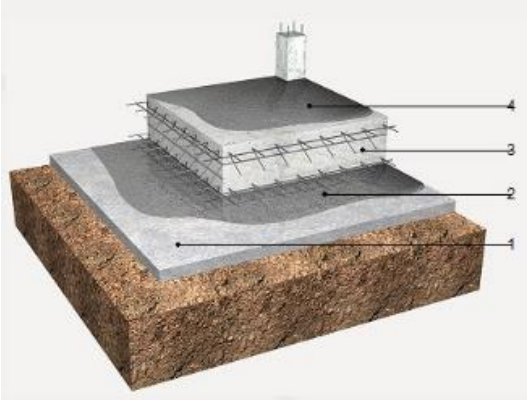
4.3 Análise Comparativa de Custos

Como apresentado, no estudo de caso foi necessário a realização e ocorrência de um procedimento especifico e determinado para a correção de problemas com a infiltração e atuação da água ascendente sobre uma residência onde foram utilizados diferentes materiais e processos para a sua manutenção, sendo visivelmente mais dispendioso.

Dessa forma, na análise de custos, será demonstrada a diferença econômica atingida com a realização prévia da impermeabilização de acordo no local e comparado com os gastos obtidos para a manutenção comprovando assim, a necessidade prévia de se realizar um projeto de impermeabilização e aplicar o método de acordo na construção de uma edificação.

Primeiramente foi levantado o sistema de impermeabilização prévio que poderia ser aplicado a residência. Por ser uma residência simples foi utilizado como base a NBR 9575 e determinado com base na residência os componentes na aplicação da impermeabilização ilustrados na Figura 19.

Figura 19 - Sistema de impermeabilização determinado para a residência.



1 – Lastro de concreto não estrutural; 2 – Camada de Impermeabilizante abaixo do elemento de fundação; 3 – Elemento de fundação; 4 - Camada de Impermeabilizante sobre o elemento de fundação.
Fonte: Próprio Autor (2022).

Com os elementos necessários para utilizar, foi possível levantar os materiais a serem utilizados nesse projeto apresentado e os seus respectivos custos que foram obtidos tendo como referência o SINAPI (2021). Onde os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Custos e índices para o sistema impermeabilizante para a residência.

Descrição	**Unidade**	**Quantidade**	**Preço Unitário**	**Custo Final**
Água	m³	0,005	R$ 3,38	R$ 0,02
Argamassa impermeabilizante, com resistência aos sulfatos, alta resistência a ciclos de gelo-degelo e efeito protetor face à carbonatação.	kg	3	R$ 3,15	R$ 9,45
Aplicador de produtos impermeabilizantes.	h	0,084	R$ 23,85	R$ 2,00
Ajudante de aplicador de produtos impermeabilizantes.	h	0,084	R$ 20,48	R$ 1,72
Total por m² do sistema impermeabilizante				**R$ 13,19**

Fonte: SINAPI (2021).

Dessa forma para um sistema impermeabilizante comum utilizado para que não ocorresse a ascensão da água sobre os elementos de fundação e não chegasse as alvenarias realizando a sua infiltração, têm-se um custo de R$ 13,19 por m² de aplicação, como determinado pelos índices de execução e custo do SINAPI (2022).

Com a determinação dos custos do sistema impermeabilizante para a residência determinado, foi possível levantar também os custos para a manutenção do local com os custos utilizados nos insumos, equipamentos e envolvidos na execução. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Custos e índices para a manutenção do sistema impermeabilizante da residência.

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Custo Final
Água	m³	0,006	R$ 3,38	R$ 0,02
Areia de pedreira, para argamassa preparada em obra.	t	0,004	R$ 45,76	R$ 0,18
Cimento.	kg	0,625	R$ 0,55	R$ 0,34
Aditivo hidrófugo para impermeabilização de argamassas ou concretos.	kg	0,013	R$ 2,71	R$ 0,04
Emulsão asfáltica não iônica.	kg	0,088	R$ 10,14	R$ 0,89
Membrana de betume modificado com elastômero SBS, de 2,5 mm de espessura, massa nominal 3 kg/m², com armadura de feltro de fibra de vidro de 60 g/m², de superfície não protegida.	m²	0,263	R$ 13,89	R$ 3,65
Gás liquefeito de petróleo com maçarico	h	0,005	R$ 4,72	R$ 0,02
Aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,265	R$ 23,85	R$ 6,32
Ajudante de aplicador de lâminas impermeabilizantes.	h	0,286	R$ 20,48	R$ 5,86
Ajudante de pedreiro.	h	0,302	R$ 20,48	R$ 6,18
Total por m² da manutenção do sistema impermeabilizante				**R$ 23,50**

Fonte: SINAPI (2022).

Com base nos dados apresentados então na Tabela 2, têm-se o custo para realizar a manutenção dos locais com danos por infiltração originadas por capilaridade e ascensão da água, fazendo uso sistema impermeabilizante de acordo com o método apresentado e executado e por meio dos índices do SINAPI (2022), chegou ao valor total de R$ 23,50 por m².

Analisando os resultados apresentados com relação a cada sistema impermeabilizante, fica nítido então a diferença de custo referente a manutenção e a realização de um sistema de impermeabilização a partir do zero na construção de uma edificação, onde a diferença percentual entre os dois é de 78,17%.

Como se verificou pelos resultados apresentados e que foram discutidos um sistema impermeabilizante possui uma efetiva importância sobre uma edificação na prevenção da ocorrência de patologias pela atuação da umidade. Dessa forma, é possível então apresentar no capítulo a seguir a conclusão tida com os resultados demonstrados e o trabalho realizado tendo em vista os objetivos propostos, apresentando assim as considerações finais de toda a pesquisa elaborada.

5. CONCLUSÕES

O presente trabalho teve o objetivo de demonstrar a análise da manifestação patológica originada pela umidade e a realização da aplicação da reforma do sistema impermeabilizante de uma edificação ilustrando a prática e utilização das normas regulamentadoras.

Com base no conteúdo contextualizado, foi possível apresentar o sistema de impermeabilização utilizado na construção civil, é responsável por evitar a atuação da água sobre a estrutura e afetar assim a ocorrência de danos e degradações. Com base nessas realizações que foi ilustrado e determinado um estudo de caso, onde se realizou a análise da atuação da água na residência, e a partir da avaliação do local e visita técnica ao mesmo, determinou-se a aplicação de um procedimento para resolução do problema, atendendo os

requisitos e determinação das normas técnicas e também o levantamento dos custos referentes ao método utilizado para manutenção e gastos tidos na realização original de um sistema, realizando a sua análise comparativa.

O estudo do local, demonstrou que a residência com problemas estava sofrendo com a água que se infiltrou nas alvenarias e estruturas por má execução ou ausência de um sistema de impermeabilização e através da atuação da umidade por ascendência, devido ao contato com o terreno, o local começou a se degradar e sua usabilidade ficou inviável trazendo problemas para os moradores.

Tendo em vista o problema ocorrido foi determinada a realização de um sistema de impermeabilização no local que evitasse essa ocorrência seguindo a NBR 9952, onde foi aplicado a manta asfáltica aluminizada, o procedimento de execução seguiu as orientações do fabricante e das normas NBR 9574 e NBR 9575, onde foi possível detalhar algumas especificações diferentes e necessárias para garantir total estanqueidade do local.

A partir do detalhamento dos processos para regularização do problema com a infiltração de agua e umidade sobre as paredes, foi realizada a análise comparativa sobre a utilização de um sistema de impermeabilização sobre a residência e a execução da sua manutenção e com base nos valores e dados obtidos foi possível determinar que a reforma ficou 78,17% mais cara, do que se tivesse sido efetivado o método na construção da residência.

AGRADECIMENTOS

Por fim, com a conclusão desse trabalho, contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Em primeiro lugar a Deus, por me permitir cursar esse curso, me dispondo de saúde, motivação e perseverança apesar de todas as situações.

Aos meus pais Ingredi e Sanderlei que sempre me incentivaram e me estimularam a sempre continuar e nunca desistir.

Aos meus amigos, pela amizade desenvolvida, trabalhos realizados, compartilhando resultados e discussões, compreensão nas ausências e todo apoio.

A professora orientadora Michela que me auxiliou em todo o processo desde o início, dando o auxílio e incentivos para a elaboração do projeto.

Aos professores do curso de Engenharia Civil, que desde o início, há 05 anos já vem nos passando seus ensinamentos, que assim permitiram que eu pudesse estar concluindo este trabalho e buscando a tão sonhada formatura.

E por fim, mas não menos importante, a própria faculdade em si, nos propondo seus espaços acadêmicos, palestras, visitas, pesquisas, e junto com todo o corpo docente nos dando o apoio sempre que necessário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. **Manifestações patológicas em prédio escolar: uma análise qualitativa e quantitativa**. 2011. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado Atacadas pela Corrosão da Armadura: Iniciação por Cloretos**. 2001. 778 fl. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ARANTES, Y. K. **Uma visão geral sobre impermeabilização na construção civil**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7200**: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9574: Execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575: Impermeabilização - Seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9952: Manta asfáltica para impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2014.

AZEVEDO. M. T. et al. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 1902p, v.2, 2011

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção.** Volume 2. Editora LTC. Rio de Janeiro. 2011.

CAPORRINO, C. F. **Patologia das Anomalias em Alvenarias e Revestimentos Argamassados**. São Paulo: Pini, 2015.

CRESSWELL, J. Projeto de Pesquisa: **Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ed. 2007. Porto Alegre

CRUZ, J. H. P. **Manifestações patológicas de impermeabilização.** Dissertação (Especialização), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

FIRMINO, S. **Métodos Construtivos**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

FRANÇA, A. A. V. et al. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne**, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/ engenharia-civil/174/ patologia-das-construcoes-uma-especialidade-na-engenharia-civil-285892-1.aspx> Acesso em: 17 nov. 2022.

FREIRE, A. **Patologia nas edificações públicas do estado do Paraná**: estudo de caso da unidade escolar padrão 023 da superintendência de desenvolvimento escolar – SUDE. 2010. 41 f. Monografia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

FREIRE, M. A. **Métodos executivos de impermeabilização para empreendimentos**. Dissertação (Tese de Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3. ed. Rio de Janeiro, 1996.

GRANATO, J. E**. Apostila: Patologia das construções**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto.** 2.ed. São Paulo: Pini, 1992.

IBDA, 2017. **Falha humana é fator predominante na ocorrência de patologias em estruturas**. Disponível em: https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2017/10/18/falha-humana-e-fator-predominante-na-ocorrencia-de-patologias-em-estruturas/ Acesso em: 17 nov. 2022.

LERSCH, I. M. **Contribuição para a identificação dos principais fatores e mecanismos de degradação em edificações do patrimônio cultura de Porto Alegre.** 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

MOURA, F. **Impermeabilização**. Revista Construção e Mercado, 2013. Disponível em: < http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/126/fornecedor-responde-299581-1.aspx >. Acesso em: 20 Out. 2022.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PERES, R. M. **Levantamento e identificação de manifestações patológicas em prédio histórico – um estudo de caso**. 2001. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: Recomendações para a Prevenção de Penetração de Água pelas Fachadas**. 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.

PIANCA, J. B. **Manual do Construtor.** 9ª Ed. Editora Globo. Porto Alegre/RS. 1977.

QUERUZ, F. **Identificação dos Agentes e Mecanismos de Degradação em Edificações**. Tese (Dissertação para Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

RIGHI, G. V. **Sistemas de impermeabilização: prevenção, correção e patologia**. Tese (Dissertação para Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**. 2005. 169 f. Dissertação (Mestrado em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2005.

SANTOS, A. V. B. dos. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação. **Especialize Online IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 10, dez. 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=aleilson-vilasboas-dos-santos-101713613.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

SOARES, A. P. F. et al. **Corrosão em armaduras de concreto**. Cadernos de Graduação: Ciências Exatas e Tecnológicas, Maceió, v. 1, n. 3, p.177- 188, nov. 2015. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/ viewFile/2651/1540%3C>. Acesso

em: 17 nov. 2022.

SOARES, F. F. **A importância do Projeto de Impermeabilização em Obras de Construção Civil.** Tese (Dissertação para Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2011. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

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

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios:** Causas, Prevenção e Recuperação. São Paulo, Editora. PINI, 1992.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da Patologia das estruturas nas perícias da engenharia.** Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia, Recife, 2003. Disponível em: < http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_ Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf> Acesso em: 17 nov. 2022.

YAZIGI. W. **A Técnica de Edificar**. 11ª Edição rev. e atua. São Paulo: Pini: SINDUSCON, 2011.