



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

ALEXSANDRO LUAN SIQUEIRA DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE MEMBRANA DE POLIURETANO PARA CORREÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS PELA UMIDADE.**

MACAPÁ-AP

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
ALEXSANDRO LUAN SIQUEIRA DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE MEMBRANA DE POLIURETANO PARA CORREÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS PELA UMIDADE.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da  
Universidade Federal do Amapá, como requisito parcial para  
obtenção de título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Prof. Me Adenilson Costa de Oliveira

MACAPÁ-AP

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Mário das Graças Carvalho Lima Júnior – CRB-2 / 1451

---

S586 Silva, Alexsandro Luan Siqueira da.  
Utilização de membrana de poliuretano para correção de manifestações patológicas causadas pela umidade / Alexsandro Luan Siqueira da Silva. - Macapá, 2023.  
1 recurso eletrônico. 62 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Macapá, 2023.  
Orientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Modo de acesso: World Wide Web.  
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Patologia. 2. Poliuretano. 3. Impermeabilização. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 624

---

SILVA, Alexsandro Luan Siqueira da. **Utilização de membrana de poliuretano para correção de manifestações patológicas causadas pela umidade.** Orientador: Adenilson Costa de Oliveira. 2023. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

UTILIZAÇÃO DE MEMBRANA DE POLIURETANO PARA CORREÇÃO DE  
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS CAUSADAS PELA UMIDADE.

ALEXSANDRO LUAN SIQUEIRA DA SILVA

Defesa em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Conceito obtido: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me Adenilson Costa de Oliveira  
Professor Orientador - UNIFAP

---

Prof. Me. Jair José dos Santos Gomes  
Examinador Interno UNIFAP

---

Prof. Me. Heldio Jose Carneiro de Souza  
Examinador – UNIFAP

## **AGRADECIMENTOS**

Aos familiares pelo incentivo e grande ajuda nesta caminhada, em especial a minha esposa e filha que foram minha base.

Aos amigos que direta e indiretamente nos apoiaram para a realização deste trabalho.

Ao professor Adenilson pelo incentivo, apoio e expertise no decorrer deste estudo.

Aos professores do colegiado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Amapá pela contribuição acadêmica em toda a nossa jornada.

Aos nossos colegas de curso que fizeram parte dessa nossa trajetória dividindo momentos de descontração, estudos, discussões, experiências e conquistas.

## RESUMO

Este trabalho tratou da patologia das estruturas mais comuns encontradas em concreto armado com o objetivo de analisá-las em relação às suas causas e mostrar seus possíveis métodos de tratamento. O objetivo deste trabalho é destacar a importância da prevenção dessas discrepâncias a fim de evitar problemas futuros, desperdícios, retrabalhos e consequentemente custos adicionais no orçamento, além de alertar o leitor para a gravidade e consequências que podem ocorrer em decorrência da negligência na manutenção e correção de patologias em estruturas de concreto armado. Também são apresentadas as causas e consequências que causam a deterioração da armadura, a fim de fornecer informações sobre como evitar patologias recorrentes que foram constatadas após consultas e elaboração da implantação de exame patológico no Edifício Residencial Salles, em Macapá - AP, diagnosticando problemas através de exame visual inspeção e desenho de intervenções adequadas para cada caso. A implementação do estudo de caso é uma tentativa de ampliar as evidências existentes e assim aumentar o conhecimento e desenvolvimento sobre as patologia das edificações.

**PALAVRAS-CHAVES:** Construção civil. Membrana epóxi poliuretano. Infiltração. Patologia das construções.

## ABSTRACT

This paper dealt with the most common structural pathology found in reinforced concrete structures with the aim of analyzing them in relation to their causes and solving their possible treatment methods. The main objective of this work is to highlight the importance of preventing these discrepancies in order to avoid future problems, waste, rework and consequently additional costs in the budget. Another objective is to alert the reader to the severity and consequences that can occur as a result of negligence in the maintenance and correction of pathologies in reinforced concrete structures. First, the text presents what reinforced concrete is and then discusses the meaning of the word "pathology" and how they can be generated in reinforced concrete structures. The causes and mechanisms that can cause specific deterioration are also presented, in order to provide information on how to avoid pathologies that appear after consultation and elaboration of the implementation of pathological examination in the Edifício Residencial Salles, in Macapá - AP, diagnosing problems through visual inspection and design of appropriate interventions for each case, with proposed interventions and costs incurred by the proposed intervention. The implementation of the case study is an attempt to expand the existing evidence and thus expand the knowledge and development of building pathology. As methods, data obtained from a bibliographic survey was also used.

**KEYWORD:** Civil construction. Epoxy polyurethane membrane. Infiltration. Pathology of buildings.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de infiltração e carbonatação, no prédio escolhido para o estudo de caso. ....	21
Figura 2 - Exemplo de Membrana asfáltica .....	22
Figura 3 - Aplicação Membranas Liquidas A Base De Poliuretano .....	24
Figura 4 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida, marca SIKA, utilizado na obra deste estudo de caso .....	26
Figura 5 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida, QUARTZOLIT, utilizado na obra deste estudo de caso .....	26
Figura 6 - Aplicação de Poliureia .....	28
Figura 7 - Esquema do avanço do processo de carbonatação .....	29
Figura 8 - Pluviograma da cidade de Macapá.....	33
Figura 9 - Figura com quadro analítico do clima na região de Macapá-AP.....	34
Figura 10 - Edifício Sales e sua localização do terreno do edifício Sales, parte hachurada. ....	35
Figura 11 - Planta Baixa estrutural com áreas danificadas indicadas. ....	36
Figura 12 - Presença de formação de estalactite na laje .....	37
Figura 13 - Presença de formação de estalactite na laje ao lado da caixa sifonada.....	37
Figura 14 - Parede oca e com armadura oxidada.....	38
Figura 15 - Torneira que gotejava, causando infiltração na laje da garagem .....	39
Figura 16 - Falta de escoamento, água empoçada, causando percolação na laje.....	39
Figura 17 - Antes e Depois da parede da garagem, visto na imagem anterior .....	40
Figura 18 – Exemplo das etapas para a aplicação da membrana poliuretano.....	41
Figura 19 - O processo de escarificação nas lajes do subsolo. ....	412
Figura 20 – Superfície tratada com Nafufill Cr . ....	423
Figura 21 - Escarificação feita no corredor lateral do prédio .....	433
Figura 22 - O acréscimo de ralos (destaque me vermelho) e juntas de dilatação (destaque em branco) no novo contrapiso.....	443
Figura 23 - Tabela Com As Características Mecânicas Do Polímero <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
Figura 24 - Estruturas que compõe o impermeabilizante com poliuretano .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 25 - Lei de Sitter.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 26 - Canto da parede com acabamento boleado/meia-cana.....	45
Figura 27 – Detalhamento dos cantos arredondados, de acordo com a norma técnica. ....	46

Figura 28 - Aplicação da pintura epóxi no subsolo .....	46
Figura 29 - Pintura finalizada com o impermeabilizante epóxi com o poliuretano .....	47
Figura 30 - Pintura finalizada com o impermeabilizante epóxi com o poliuretano .....	47
Figura 31 – Norma para adequação de ralos.....	49
Figura 32 – Estudos de Soncini (2018) com o quadro comparativo do tempo de execução entre a manta asfáltica e o sistema poliuretano.....	51
Figura 33 - Estudos de Soncini (2018) com o quadro comparativo do custo entre a manta asfáltica e o sistema poliuretano. ....	52
Figura 34 – Comparativo entre os dois impermeabilizantes quanto ao custo em um edifício em Jataí – GO.....	54
Figura 35 - Comparativo entre os dois impermeabilizantes quanto ao custo em uma casa de luxo no Guarujá – SP. ....	54

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Análise Sitemática Das Causa Que Provocam Patologias Na Edificação,Entre 1992 A 2007.....	16
<b>Tabela 2</b> – Fluxograma Das Etapas Realizadas O Estudo De Caso Do Edificio Sales.....	43

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABNT:** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

**EBI:** EBI CONSTRUTORA - IMPERMEABILIZAÇÕES E CONSTRUÇÃO

**IBI:** INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

**NBR:** NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
1.3 METODOLOGIA.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 UMIDADE.....	19
2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO E SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES.....	21
2.2.1 Membrana Asfálticas.....	22
2.2.2 Membrana poliuretano com aditivo hidrófugo.....	24
2.2.3 Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida.....	25
2.2.4 Membranas asfálticas.....	26
2.2.5 Poliureia.....	27
2.3 PATOLOGIAS CAUSADAS PELA UMIDADE.....	28
2.3.1 Carbonatação.....	28
2.3.2 Eflorescências.....	30
2.3.3 Corrosão nas armaduras de concreto e aço.....	30
3. ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL SALES, MACAPÁ – AP.....	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE MACAPÁ.....	32
3.2 RELATÓRIO DA APLICAÇÃO DA MEMBRANA DE POLIURETANO NO EDIFÍCIO SALES.....	40
3.2.1 Escarificação.....	40
3.2.2 Limpeza do substrato.....	42
3.2.3 Remoção do contrapiso.....	43
3.2.4 Pintura Impermeabilizante Epóxi E Poliuretano “P.U”.....	44
4.0 RESULTADOS.....	48
4.1 SISTEMA IMPERMEABILIZANTE: MANTA ASFÁLTICA.....	48
4.2 SISTEMA IMPERMEABILIZANTE: MEMBRANA POLIURETANO.....	50
4.3 ESTUDOS DE CASOS COMPARATIVOS ENTRE MANTA ASFÁLTICA E MEMBRANA POLIURETANO.....	50
CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXO 1 – ORÇAMENTO DA OBRA EDIFÍCIO SALES.....	60
ANEXO 2 – TABELA DE CUSTO: SERVIÇOS DA MEMBRANA POLIURETANO, SINAPI 2020.....	61

ANEXO 3 – TABELA DE CUSTO DO MATERIAL: MEMBRANA POLIURETANO, SINAPI  
2020..... 63

## 1. INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, a humanidade apresenta constante evolução no âmbito da construção civil, de modo a suprir a demanda populacional. Tem-se uma figura agressiva às edificações, refiram-se: a água, elemento gerador da umidade, presente numa construção, quer na fase inicial ou por toda a vida útil da edificação.

A umidade é altamente nociva e redutora da vida útil da edificação. Podendo causar diversos danos à estrutura de uma construção, como vazamentos, infiltrações, manchas e eflorescência, além de promover a proliferação de fungos e bactérias. Representando problemas difíceis de serem sanados dentro das patologias da construção civil, sendo corriqueiro encontrar problemas e vícios construtivos, fazendo-se com que componentes existentes, apresentem problemas de desempenho, associados a indicadores de baixa qualidade e durabilidade, como pela redução do conforto e segurança das edificações. Dessa problemática, surge a motivação em estudar as patologias associadas à umidade, pois tal preocupação, desde da fase de projeto, tende a trazer benefícios diretos aos seus usuários finais, evitando, assim, intervenções e custos com manutenções.

O presente trabalho expõe um estudo sobre as patologias na construção civil originadas por infiltrações devido a águas pluviais, localizadas na parte externa de uma edificação residencial multifamiliar que resultou a corrosão das armaduras de aço, levando a danos em componentes estruturais da edificação e seu respectivo comprometimento e perda de desempenho. Foi realizado um estudo de caso mostrando detalhes destas infiltrações bem como os procedimentos para solucionar o problema.

O estudo de caso também auxiliará na contextualização da pesquisa, permitindo o entendimento dos problemas relativos à presença da umidade, identificando sua origem, bem como as patologias nos diversos elementos construtivos. Tem-se como objeto de análise uma residência situada no Condomínio Residencial Sales, no Bairro Santa Rita em Macapá.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo, sob o ponto de vista da patologia da construção civil, descrever o que ocasionou a corrosão das armaduras das lajes no Condomínio Residencial Sales, situado na Av. Procópio Rola, nº 456, Santa Rita, Macapá-AP e a avaliação da aplicação da membrana poliuretano na edificação, como solução.

## 1.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- Realizar o diagnóstico da situação buscando correlacionar possíveis causas/manifestações patológicas;
- Avaliar a eficiência a aplicação de membranas de poliuretano para fins de impermeabilização;

## 1.3 METODOLOGIA

Este trabalho terá como base a revisão bibliográfica sobre a temática de patologias das construções, mostrando os tipos de patologias mais recorrentes, bem como as formas de interpretação para a elaboração de laudos e diagnósticos de manifestações patológicas. Também conterà informação sobre as formas mais adequadas para manutenção e correção de manifestações encontradas na literatura e passíveis de aplicação no estudo de caso.

As observações dos estudos de caso serão baseadas em patologias encontradas *in loco* na construção visitada, elencando suas causas, manifestações, prevenção e correções com os exemplos que serão citados. De acordo com o professor Marcelo Medeiros (2010), o tratamento das áreas afetadas pela corrosão, denominado na Engenharia Civil como reparos localizados, é realizado em sete etapas: delimitação da área com corte com serra circular; escarificação do concreto solto e deteriorado; limpeza do produto de corrosão formado, que pode ser feito de forma manual, com jato de areia ou jato de água; pintura na superfície do metal para maior proteção; aplicação de uma ponte de aderência; preenchimento com argamassa de reparo e acabamento da superfície; e, por último, cura da argamassa de reparo, geralmente feita com água da rede de abastecimento de água potável (Figura 1).

## 1.4 JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema se faz relevante em virtude da existência da grande quantidade de edifícios residenciais locais com problemas patológicos em suas estruturas e adjacências oriundas da falta de impermeabilização, o que ocasiona a diminuição do desempenho, excessivos custos com manutenção e na insatisfação dos usuários. -Causada pela infiltração de água, é um dos problemas mais frequentes nas edificações, podendo causar problemas a saúde dos moradores.

Com isto, notoriamente, o desempenho do revestimento é alterado e suas funções básicas comprometidas, trazendo desconforto visual e até mesmo riscos ao colapso. Visto que a problemática promove perdas estéticas e desvalorização significativa do imóvel, torna-se imprescindível a sua correção.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O primeiro tratado sobre Patologias na Edificação surgiu na Mesopotâmia, há quatro mil anos, com o Código de Hamurabi. As cinco regras básicas a que se refere o citado Código, eram:

1. Se um construtor faz uma casa para um homem e não a faz firme e seu colapso causa a morte do dono da casa, o construtor deverá morrer.
2. Se causa a morte do filho do dono da casa, o filho do construtor deverá morrer;
3. Se causa a morte de um escravo do proprietário da casa, o construtor deverá dar ao proprietário um escravo de igual valor.
4. Se a propriedade for destruída, ele deverá restaurar o que foi destruído por sua própria conta.
5. Se um construtor faz uma casa para um homem e não a faz de acordo com as especificações e uma parede desmorona, o construtor reconstruirá a parede por sua conta. (PATOLOGIAS DA CONSTRUÇÃO *in* FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, s/d).

O termo “patologia” vem do grego *pathos*, (sofrimento, doença) e *logia*, (ciência, estudo) tendo como ênfase na área da medicina. Porém, por paridade nos valem de tal termo em áreas diversas do conhecimento como matemática e engenharias, onde é conhecida como "Patologia das Edificações" e estuda as manifestações patológicas que podem vir a ocorrer e/ou ocorre em uma construção.

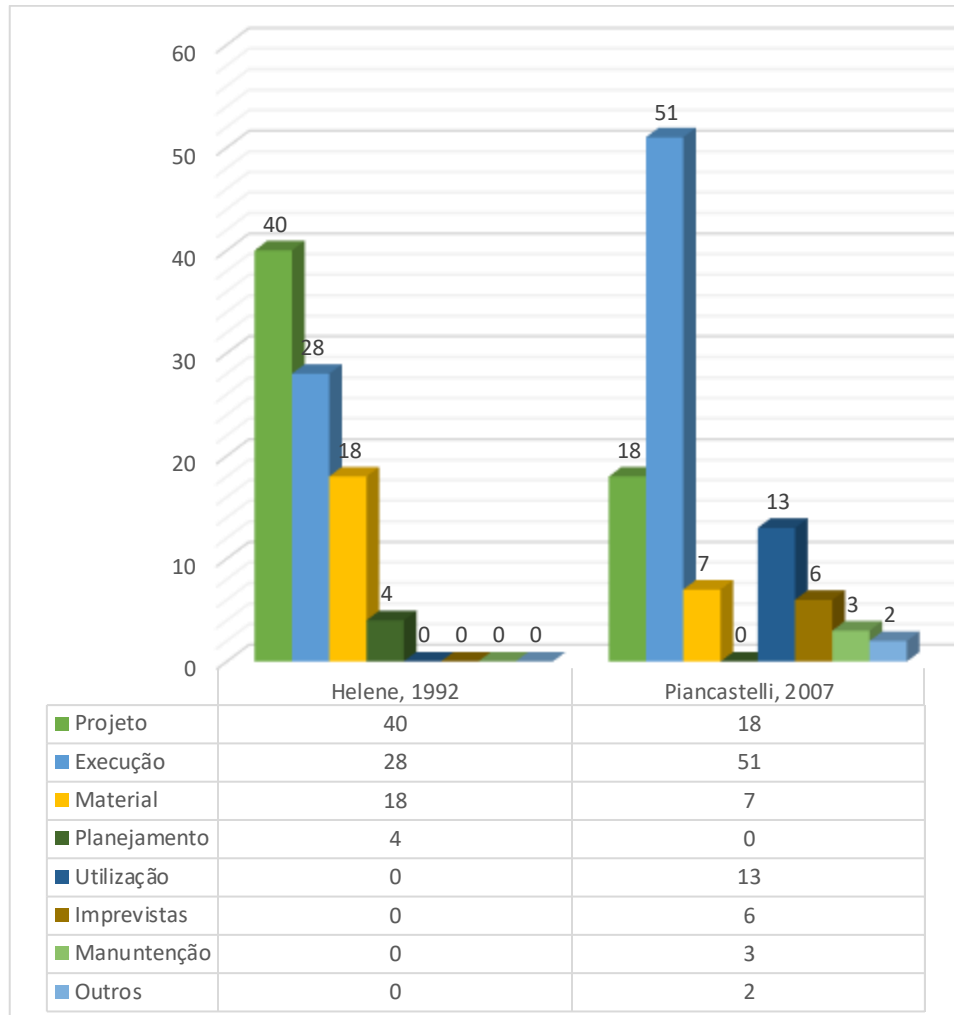
No Brasil, os primeiros sistemas impermeabilizantes empregavam óleo de baleia na mistura das argamassas para o assentamento de tijolos e revestimentos das paredes das obras que necessitavam desta proteção. É comum, somente no Brasil, a afirmação de que o óleo de baleia teria sido muito utilizado na confecção da argamassa, para assentamento de tijolos e blocos de pedra nas construções civis e militares dos séculos XVII a até o século XIX, mas há fortes controvérsias sobre a veracidade disto (PARDAL, 1999). Mas a impermeabilização compreendida como item da construção, se deu a partir da construção das obras do metrô na cidade de São Paulo em 1968 (VELOSO VALENTE, 2008). De acordo com a Vedacit (2010) os romanos e incas utilizavam claras de ovos, óleos e até sangue, para impermeabilizar as saunas e aquedutos.

As primeiras normas foram elaboradas por técnicos em impermeabilização em 1977, mesmo período da criação do IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização. Foi necessário ao início da construção do Metrô de São Paulo, quando os técnicos brasileiros receberam as especificações da Europa baseadas em normas alemãs. A partir daí surgiu o CB-022 Comitê Brasileiro de Impermeabilização (IBI, s/d).

O professor Ênio José Verçozza (1991, p.7) obteve êxito ao estabelecer um paralelo entre a medicina e a engenharia, ao garantir que a preposição que “as edificações podem apresentar defeitos comparáveis a doenças: rachaduras, manchas, deslocamentos, deformações, rupturas, umidade, etc.” Com isso, ganhou-se um destaque o assunto, ao ponto de exigir parâmetros técnicos para sua conceituação e soluções a serem propostas. De acordo com ABNT (2010, p. 5) na NBR 9575, impermeabilização é “o conjunto de operações e técnicas construtivas (serviços), composto por uma ou mais camadas, que tem por finalidade proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade”.

Segundo norma brasileira, que trata de desempenho, a NBR 15575 (ABNT, 2013), as obras devem ter vida útil mínima de 50 anos, sendo recorrente o número de casos de estruturas que apresentam problemas antes deste prazo, resultado ligado a ocorrência de ações patológicas. No gráfico a seguir, pode-se constatar que as patologias na edificação provocada na fase do projeto vêm diminuindo ao longo do tempo, o que sugere uma melhora, provavelmente, por causa das normas técnicas a respeito e do uso de literatura técnica especializada. O mesmo pode-se afirmar em relação aos materiais, deduzindo que com avanços da tecnologia, fiscalização de controle qualidade dos produtos a serem oferecidos, tenham provocado essa redução. Contudo, a ocorrência se atribui a fase de execução, justificada pela falta de técnica na aplicação dos materiais corretamente ou na ausência de mão-de-obra especializada.

Tabela 1 Análise sistemática das causas que provocam patologias na edificação, entre 1992 a 2007.



Fonte: Helene (1992); Piancastelli (2007); Adaptado pelo próprio autor, 2022.

Segundo Ischakewitsch (1996) a participação do projetista de impermeabilização no projeto da obra deve ser concomitante ao que arquiteto inicia o primeiro estudo, sendo que alguns conceitos básicos no projeto podem e devem ser adotados logo no início dos estudos. Cabral (1992) analisa que embora seja fundamental que a impermeabilização seja parte integrante do projeto, na maioria dos casos as construtoras só dedicam atenção à impermeabilização e seus problemas no final da obra, quando já é muito tarde. A falta de previsão dos detalhes e a improvisação daí resultantes são responsáveis por um grande número de falhas.

1. Não contratar engenheiro/arquiteto para elaboração dos projetos essenciais para construção;
2. Não compatibilizar os diferentes projetos;
3. Não prever impermeabilização de lajes e paredes em áreas molhadas ou em contato com o solo;
4. Não especificar as os materiais e serviços;
5. Não prever juntas de dilatação;

6. Deduzir informações que deveriam ser adquiridas e analisadas através de métodos normatizados, por exemplo:
7. Características do solo;
8. A Importância da Sondagem de Solo – Estudo de Caso
9. Posição solar;
10. Ventos predominantes;
11. Falha na representação e comunicação das informações do projeto;
12. Memorial Descritivo de Obras
13. Não conhecer ou desrespeitar os requisitos de normas técnicas, leis e demais documentos aplicáveis.

Durante a fase execução, tem-se outras, como:

1. Falta de acompanhamento da obra;
2. Referente aos projetos e memoriais;
3. Falha em compreender as informações;
4. Deduzir informações ausentes;
5. Descumprir especificações técnicas;

Exemplos de causas de patologias na fase de manutenção:

1. Falta de manutenção e limpeza;
2. Utilizar a edificação, ou ambientes, para função não prevista no projeto;

Conforme Baker (1976) é um erro corriqueiro, referir-se aos materiais como bons ou ruins, duráveis ou não duráveis e resistentes ou não resistentes, como se essas propriedades fossem características aos materiais. Conforme o autor, a durabilidade dos materiais tem relação com às condições de aplicação e exposição. Percebe-se um crescimento no número de produtos impermeabilizantes no mercado, isso atrai mais oportunidades, e também melhores soluções para cada caso específico, chegando muitas vezes que a impermeabilização apareça em mais etapas de uma obra. As vantagens de uma construção corretamente impermeabilizada, além do fator estético, caracterizada pela ausência de manchas e bolores, é a própria segurança e desempenho associados a estanqueidade que o sistema proporciona.

Como observado até então, as patologias são originadas a partir de infiltrações predominantes nas estruturas. Bertolini (2010) destaca que elas ocorrem em função da reação química entre o aluminato tricálcico presentes nos cimento das argamassas, tão quanto o sulfato em solução que forma a etringita, ou seja, sulfoaluminato tricálcico, resultando em uma enorme expansão que ao

entrar em contato com substâncias líquidas, as fissuras devido a esta expansão promovem a eflorescência.

## 2.1 UMIDADE

Lersch (2003) diz por sua vez que a presença de umidade nas construções advém de uma série de insumos que auxiliam e facilitam esses eventos. A umidade por infiltração ocorre através de possíveis rachaduras e frestas achadas em ambientes externos, tendo como auxílio a este fato a capacitância e absorção dos elementos estruturais. Áreas externas vulneráveis à umidade sem vedação adequada sofrem degradação pela ação da precipitação e do vento.

Segundo Lersch (2003), o aparecimento de manifestações patológicas devido à presença de umidade pode ser causado pela umidade por infiltração, na qual a presença de problemas nos componentes estruturais, como trincas, fissuras, ações de movimento térmico, entre outros. Causas de umidade em edifícios segundo Lersch (2003):

1. Umidade de infiltração;
2. Umidade ascensional;
3. Umidade por condensação;
4. Umidade de obra;
5. Umidade acidental.
6. Umidade de infiltração

Dentro da temática da engenharia, relacionada com as manifestações patológicas tem-se umidade como sendo “qualidade ou estado úmido ou ligeiramente molhado”. Conforme Perez (1998), a umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. A chuva é o agente mais comum para gerar 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.

Segundo Verçoza (1991) a umidade não é apenas uma causa de manifestação patológica, ela age também como um meio necessário para que grande parte das manifestações patológicas em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

Por isso, estas inúmeras causas e manifestações de umidade e a frequência de ocorrência da mesma tornam um estudo à parte sobre ela necessário:

1. Trazidas durante a construção;
2. Trazidas por capilaridade;
3. Trazidas por chuva;
4. Resultantes de vazamentos em redes hidráulicas;
5. Condensação.

Segundo Klein (1999) a umidade em parede e pisos pode se originar conforme esses três meios:

1. Por vazamentos pela ruptura de canalizações de água fria, quente, esgoto pluvial, cloacal;
2. Pela penetração de água da chuva;
3. Pela percolação de água oriunda do solo, por ascensão capilar.

Um tipo de infiltração em parede, de acordo com Verçoza (1991), é o que acontece em muros e platibandas na parte superior. As manchas aparecem nos forros, bem junto à parede, ou na própria. Outra forma de vazamento em paredes é o tipo de umidade generalizada, quase permanente que acontece logo após chuvas vindas de determinadas direções.

Uma causa poderia ser o reboco poroso, outra o reboco salpicado, que é capaz de reter água, que irá atravessar a parede. Em se tratando de paredes de tijolo à vista, a causa de infiltração é devido às juntas mal feitas. Outro tipo de infiltração bastante encontrado em parede é a umidade que sobe do solo por capilaridade, quando não há impermeabilização da base da parede ou em casos que a mesma é mal feita.

A água tem uma grande agressividade, principalmente à água de chuva que possui muitos elementos agressivos tais como óxidos, fuligem dentre outros. À medida que as edificações vão envelhecendo a resistência das mesmas quanto à penetração de água, seja de chuva, ou não, vai diminuindo, principalmente quando não são utilizados processos de impermeabilização adequados.

Como foi dito acima, a tratativa depende da causa do problema, porém uma impermeabilização de qualidade no local é a medida padrão contra as infiltrações. Pois ela é a responsável por estancar a umidade e não permitir que ela degrade tanto a pintura quanto o reboco. O ideal mesmo é que a impermeabilização venha desde a fundação da edificação. Uma laje sem

impermeabilização não pode ser considerada como uma cobertura, mas sim como um piso que não será capaz de reter líquidos, e conseqüentemente irá gerar as infiltrações.

## 2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO E SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

A NBR 9575 (ABNT 2010) define a impermeabilização como "um conjunto de camadas e serviços aplicados à execução do preparo das superfícies, como camadas separadoras, amortecedoras e proteção primária e mecânica, conferindo impermeabilidade às partes construtivas". Na construção civil, o fluido que permeia pelos espaços vazios de algum corpo sólido é a água, que pode ser oriunda da chuva, ou de vazamentos na rede hidráulica. O corpo sólido geralmente são as lajes e as alvenarias.

Bertolini (2010) define a porosidade como o volume de vazios que possui um material, e ainda complementa que quanto maiores forem os poros, maior é a velocidade da ascensão obtida. Contudo as alturas atingidas são inferiores em comparação com poros menores. Na Figura 2 é possível visualizar uma infiltração atingindo a laje do edifício escolhido como estudo de caso.

Figura 1 - Exemplo de infiltração e carbonatação, no prédio escolhido para o estudo de caso.



Fonte: Próprio Autor, 2021.

Conforme CHE (1986) *apud* PIRONDI (1988) tem-se a impermeabilização como um serviço especializado, visto que se trata de um setor que exige uma razoável experiência, no qual os detalhes assumem um papel importante e onde a mínima falha, mesmo que localizada, pode comprometer todo o serviço.

A preocupação com a impermeabilização de uma edificação deve ser iniciada juntamente com o projeto arquitetônico. Isto porque a água se infiltra através de três alternativas: trincas e rachaduras, pelos poros do material e por falhas no material como brocas e nichos de concretagem. Outra recomendação antes da aplicação da impermeabilização é que a laje deve apresentar a corretamente, inclinação conforme indicada em projeto, que é normalmente para laje impermeabilizada é de 1%.

No entanto, quando é preciso fazer uma correção de alguma patologia na edificação, em várias situações o custo dessa intervenção, acaba se tornando muito mais caro a execução. Ao ponto de chegar custar mais do que construir uma estrutura nova, e por isso se faz necessário ter exigindo cautela nas fases de planejamento e execução. Um dos grandes problemas é que muitas vezes a edificação já pode estar em uso, que vai dificultar dificultando os trabalhos de recuperação (SACHS, 2015), como foi a situação ocorrida em nosso estudo de caso.

Conforme Pirondi (1988), embora a água seja o mais puro e imprescindível componente para a vida, são igualmente conhecidos os inconvenientes que ela causa nas construções humanas. Com o intuito de proteger as edificações desse efeito agressivo buscaram-se diversas formas para torná-las mais estanques aos efeitos da água, mostradas a seguir:

### **2.2.1 Membrana Asfálticas**

Consideradas membranas asfálticas pré-fabricadas, as mantas asfálticas são feitas à base de asfaltos modificados com polímeros e armados com estruturantes especiais, sendo que seu desempenho depende da composição desses dois componentes. O asfalto modificado presente na composição da manta é o responsável pela impermeabilização. Existem mantas asfálticas dos mais variados tipos, que dependem da sua composição, do estruturante interno, do acabamento externo e da sua espessura.

Figura 2 - Exemplo de Membrana asfáltica



Fonte: < <https://www.probacons.com/membrana-asfaltica/>>, s/d.

Somando-se a isto, em Vedacit® (2016), tem-se que:

“Trata-se de um sistema de impermeabilização industrializada por calandragem do asfalto modificado e estruturado com armadura de poliéster ou fibra de vidro. O processo consiste no aquecimento do asfalto por volta de 200 °C armazenado em um tanque no qual é inserido o estruturante que fica impregnado pelo asfalto. Depois, entra em um processo que define a espessura da manta e o posicionamento do estruturante. No final, ocorre o resfriamento, a aplicação do material de acabamento e, por último, o embobinamento”. (VEDACIT®, 2016, p. 180).

Segundo a NBR 9952/2007, os tipos de asfalto a serem utilizados nas mantas são os seguintes:

1. **Elastoméricas:** São mantas que apresentam a adição de elastômeros em sua massa. Usualmente é usado SBS (Estireno-Butadieno-Estireno).
2. **Plastoméricas:** São mantas que apresentam a adição de plastômeros em sua massa. Usualmente é usado APP (Polipropileno Atático)
3. **Oxidado:** São mantas de asfalto oxidado, policondensado, ou com a adição de uma mistura genérica de polímeros.

A mesma norma classifica as mantas asfálticas nos seguintes tipos de acordo com sua estrutura interna:

1. Filme de polietileno.
2. Vêu de fibra de vidro.
3. Não tecido de poliéster.
4. Tela de poliéster.

Em relação à espessura, as mantas podem variar de 3mm a 5mm, quanto maior a espessura, melhor o desempenho. Quanto aos acabamentos aplicados na superfície, as mantas podem ser divididas em:

1. Granular.
2. Metálico.
3. Antiaderente.

### **2.2.2 Membrana poliuretano com aditivo hidrófugo**

Aditivos hidrófugos são aditivos impermeabilizantes de pega normal, reagindo com o cimento durante o processo de hidratação. São compostos de sais metálicos e silicatos (DENVER, 2008). Os aditivos hidrófugos proporcionam a redução da permeabilidade e absorção capilar, através do preenchimento de vazios nos capilares na pasta de cimento hidratado, tornando os concretos e argamassas impermeáveis à penetração de água e umidade (SIKA, 2008).

Cunha e Neumann (1979) afirmam que o aditivo hidrófugo é aplicado em argamassas de revestimento utilizadas para impermeabilizações de elementos que não estejam sujeitos a movimentações estruturais, que ocasionariam a formação de trincas e fissuras.

Esse sistema não é indicado para locais com exposição ao sol que possa ocorrer algum tipo de dilatação no substrato. O aditivo deve ser dissolvido na água de amassamento a ser utilizada. 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 3 - Aplicação Membranas Líquidas À Base De Poliuretano



Fonte: < <https://www.vrimpermeabilizacoes.com.br/membranas-liquidas-a-base-de-poliuretano> >, s/d.

### **2.2.3 Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida**

Este produto é uma solução aquosa de um silicato modificado, um produto altamente alcalino quando misturado com água e cimento que se transforma em um hidrosilicato cuja principal característica são os cristais insolúveis em água que preenchem os poros da argamassa. A pasta começa a endurecer em 10-15 segundos, endurece em 20-30 segundos, possui alta aderência e bom poder de amortecimento (SIKA, 2008).

Denver (2008) recomenda a infiltração e aquecimento de subsolos, poços de elevadores, cortinas, galerias e outras estruturas afetadas pela infiltração subterrânea como solução temporária para garantir a impermeabilização final adequada. Identifica este produto para vedação de jatos de água sob pressão.

Figura 4 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida, marca SIKA, utilizado na obra deste estudo de caso



Fonte: Acervo Próprio, 2021

Figura 5 - Cimento impermeabilizante de pega ultra-rápida, QUARTZOLIT, utilizado na obra deste estudo de caso



Fonte: Acervo próprio, 2021

#### 2.2.4 Membranas asfálticas

São membranas que usam como materiais impermeabilizantes produtos derivados do CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo). Podem ser aplicados a frio, como se fosse uma pintura, com trincha, rolo ou escova. Na primeira revisão, administrar o fabrico sobre o substrato enxuto e, na segunda revisão em sentido cruzado em relação à primeira e, a seguir, administrar as demãos subsequentes, aguardando os intervalos de secagem entre demãos mesmo atingir o consumo recomendado. Para serem aplicadas a quente (figura 7), as membranas asfálticas requerem de mão de obra especializada, pois é indispensável a prática de caldeira.

Segundo Moraes (2002) em áreas pouco refrigeradas, deve-se estar atento na utilização de produtos com cuidado, porque possuem restrições, uma vez que sua aplicação é a fogo. Estas

membranas têm prática adequado em baldramas e fundações de concreto, além de serem empregados como inibidor de umidade em que ocasião atento em em contrapisos que irão receber pisos de madeira, primer para mantas asfálticas (DENVER, 2008)

Sabbatini (2006) cita que as membranas asfálticas podem ser divididas em relação ao tipo de asfalto utilizado e apresentam-se três tipos mais utilizados:

1. **Emulsão asfáltica:** É um produto resultante da dispersão de asfalto em água, através de agentes emulsificantes. São produtos baratos e de fácil aplicação para áreas e superfícies onde não haverá empoçamento ou retenção de água. É aplicado a frio e geralmente sem a adição de estruturantes.
2. **Asfalto oxidado:** É um produto obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que se funde gradualmente pelo calor, de modo a se obter determinadas características físico-químicas. É executado devidamente estruturado, é aplicado a quente.
3. **Asfalto modificado com adição de polímero elastomérico:** É um produto obtido pela adição de polímeros elastoméricos, no cimento asfáltico de petróleo em temperatura adequada. É executado devidamente estruturado, pode ser aplicado tanto a quente quanto frio.

### 2.2.5 Poliureia

A Poliureia é aplicada com um equipamento de alta tecnologia (figura 8), a uma temperatura de 75 °C, permitindo a obtenção de uma membrana totalmente contínua, sem juntas e secagem nem ligações, pois não tem quaisquer emendas, apresentando uma secagem em 5 segundos (VNC – ISOLAMENTOS TÉRMICOS INDUSTRIAIS, S/D). É utilizada para as soluções mais comuns:

1. Como reparação de infiltrações de água e humidade
2. Piscinas
3. Terraços
4. Coberturas
5. Depósitos de água
6. Como pavimento
7. Armazéns, oficinas e pavilhões
8. Pisos de grande tráfego
9. Situações de grande abrasão química
10. Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR)

## 11. Encapsulamento de amianto

Figura 6 - Aplicação de Poliureia



Fonte: <<https://vnc.com.pt/produtos-da-vnc/poliureia/>>, s/d.

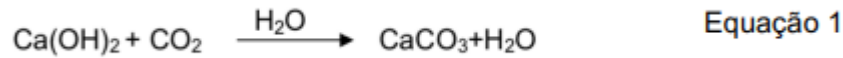
Este tipo de impermeabilização é o resultado de uma reação química entre poliamina e isocianato. Quando aplicado, forma uma camada plástica com forte adesão ao substrato. As principais características são a alta resistência ao ataque químico e à abrasão, alta flexibilidade e resistência à perfuração. Sua implementação requer um trabalho altamente especializado, pois há pouca margem para erros de aplicação. Seu uso é destinado a locais com ambientes agressivos, como pisos de tanques, pisos industriais, plantas de branqueamento, etc. Geralmente é mais caro em relação a outros tipos de impermeabilização e não tem a opção de acabamento personalizado, pois cura em até 12 segundos. (VNC – Isolamentos Térmicos Industriais, s/d).

## 2.3 PATOLOGIAS CAUSADAS PELA UMIDADE

### 2.3.1 Carbonatação

A carbonatação consiste essencialmente na diminuição do pH do concreto devido a reações químicas entre o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) liberados no processo de hidratação do cimento e responsáveis principalmente pela alta alcalinidade são do concreto. Em meio aquoso, o dióxido de carbono forma ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), que penetra nos poros do concreto e diminui o pH do meio, além de reagir com os hidróxidos dissolvidos e causar a precipitação de carbonatos de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e Potássio ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) (MITRE et al., 2002 e

BAZZAN, 2014). A principal reação que ocorre é a carbonização do hidróxido de cálcio, mostrada na Equação 1.

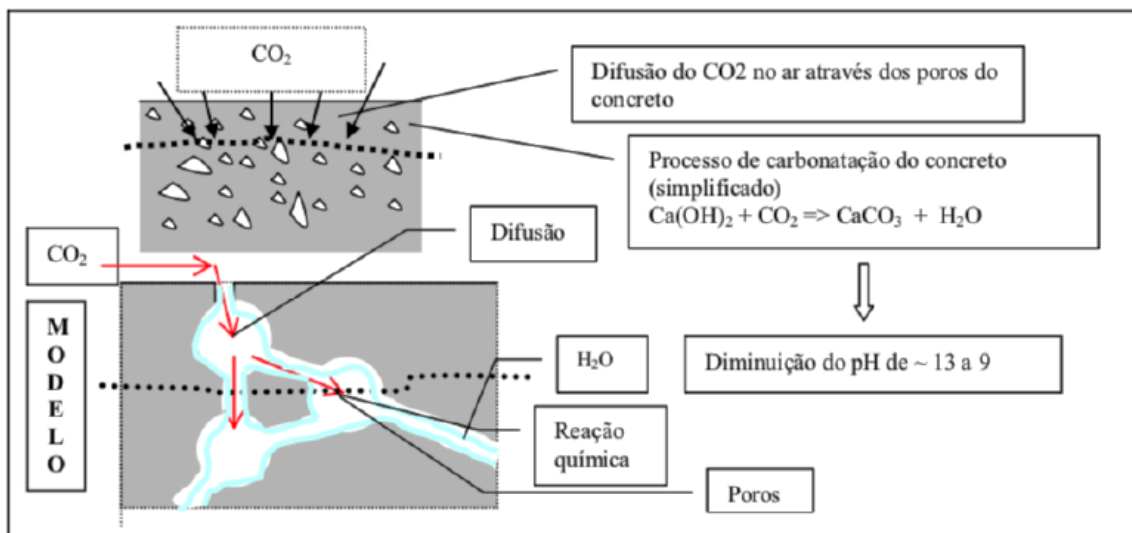


De acordo com Libório (1998) *apud* Gomes (2006), a carbonização envolve um gás dissolvido em um filme úmido reagindo com um álcali em solução, que requer a presença de um líquido no qual o CO<sub>2</sub> pode se dissolver.

Dessa forma, a mudança de pH ocorre progressivamente a partir da superfície exposta do concreto. Quando a concentração de CO<sub>2</sub> no ambiente é constante, a profundidade de carbonatação varia com a raiz quadrada do tempo (GOMES, 2006).

Segundo Pauletti et al. (2007), a frente de carbonatação ocorre de maneira diretamente proporcional à facilidade de difusão do CO<sub>2</sub> no concreto, às condições ambientais e às propriedades do concreto. Para que a carbonatação aconteça, três fatores precisam estar dentro do concreto. São eles: umidade, gás carbônico e oxigênio. A seguir, é apresentado um esquema básico da carbonatação (Figura 9).

Figura 7 - Esquema do avanço do processo de carbonatação



Fonte: (FIGUEIREDO, 2015 *apud* GOMES, 2006)

Um fator agravante na deterioração do concreto, é a carbonatação, que para Souza e Ripper (1998, p. 74) “resulta diretamente da ação dissolvente do anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>), presente no ar

atmosférico, sobre o cimento hidratado, com a formação do carbonato de cálcio e a consequente redução do pH do concreto até valores inferiores a 9”.

### **2.3.2 Eflorescências**

De acordo com a análise realizada por Fiorito (1994), existe uma relação muito direta entre a ocorrência desse tipo de patologia e a presença de água na estrutura em decorrência da exposição à umidade. A eflorescência produz a formação de manchas esbranquiçadas ou estalactites, causando grandes danos estéticos às estruturas.

A eflorescência ocorre quando a água flui através de uma estrutura contendo sais solúveis como nitratos alcalinos, carbonato de cálcio, sulfatos, sais de sulfo-aluminato de ferro. Esses sais são encontrados em tijolos, cimento, areia, argamassa e cal. Em contato com a umidade que penetra nas paredes, esses sais são transportados por paredes e causam manchas, bolhas, descamação ou descoloração da pintura.

Nas paredes, os sais formam uma mistura branca. Como estalactites se formam nas estruturas após o fogo desta mistura branca. Se estiver entre o reboco e a parede, a eflorescência facilita a subida A umidade, que aumenta o descolamento do gesso, uma nova demão de tinta não é suficiente para resolver esse problema. Antes da repintura, deve-se remover o reboco antigo e fazer um novo reboco com argamassa de impregnação (VEDACIT®, 2010, p. 12). O problema pode ser superficial e afetar apenas a parte visual, ou mais intenso pode causar danos à estrutura devido à deposição mais profunda desses sais. (CARASEK, 2010).

### **2.3.3 Corrosão nas armaduras de concreto e aço**

Define-se corrosão como um processo de deterioração que resulta na perda da qualidade do material devido à ação do meio ambiente. Somente quando o filme de passivação é destruído, as barras de aço dentro do concreto podem sofrer corrosão. Essa falha geralmente ocorre devido a três razões diferentes: A última razão para a corrosão da armadura é o uso de espessura insuficiente da cobertura.

Para que as barras de aço dentro do concreto sejam corroídas, deve haver umidade e oxigênio próximo a elas, pois o meio em que estão imersas é alcalino; o oxigênio do ambiente

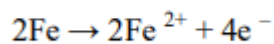
atinge o metal por difusão através do revestimento, e se as quebras de película passiva, causará corrosão.

Soluções simples podem reduzir a frequência, como aumentar a resistência do concreto, reduzir a relação A/C, projetar rufos, pingadeiras e detalhes para evitar infiltrações de água, aumentar a espessura da cobertura (e realizar vistorias no local para garantir a execução correta), e impermeabilização de superfícies em contato direto com o meio ambiente.

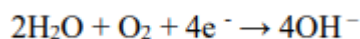
Outra forma de diminuir isso é pesquisar e aplicar corretamente os diferentes tipos de cimento no concreto. No cimento Portland comum, a corrosão por cloreto do reforço é rara. O mesmo pode ser observado quando se usa cimento de escória (ou cimento Portland pozolânico), pois limita a mobilidade dos íons cloreto na pasta de cimento hidratada. A utilização de cimento resistente ao sulfato (com menor C3A) aumenta o risco de corrosão por cloretos, pois o aluminato de cálcio reage com o cloreto e forma cloroaluminato de cálcio

Para Ribeiro (2014), a corrosão da armadura pode ser equacionada resumidamente da seguinte forma:

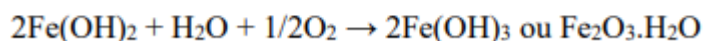
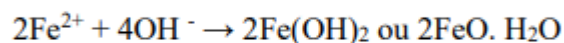
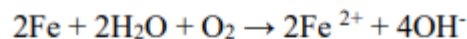
a) Na região do ânodo, o ferro perde elétrons, acarretando na dissolução do metal (processo de oxidação):



b) Na região do cátodo, em meios neutros e aerados, se processa a redução:



c) 3. Tendo como reação global, as seguintes reações de corrosão, com formação da ferrugem:



A corrosão das armaduras pode causar sérios danos à estrutura. Como resultado da falha na impermeabilização, pode ocorrer "lavagem do concreto", possivelmente expondo as armaduras. Quando isso acontece, a estrutura corre sério risco de perder sua capacidade de resistir ao estresse.

A corrosão das armaduras é o fenômeno patológico mais comum em estruturas de concreto armado, que causa problemas estéticos, funcionais e de segurança no projeto. O processo de corrosão é caracterizado pela destruição do aço, levando a danos estruturais.

Os sintomas mais comuns são: rachaduras e fissuras, manchas superficiais, desintegração, deformação excessiva, descamação do concreto, etc. O dano estrutural refere-se à redução da área da seção transversal, perda de aderência entre o concreto e a armadura e a fissuração do concreto, causada pelo acúmulo de produtos de corrosão próximos à armadura, podendo levar ao chamado estilhaçamento do concreto em condições mais avançadas. estágios.

Além dos danos causados pela patologia no que diz respeito à resistência mecânica da estrutura, existe o agravante de facilitar a penetração de outros agentes nocivos que podem danificar ainda mais as armaduras e o concreto.

Em resumo, a corrosão de armaduras em estruturas de concreto é considerada uma anomalia grave com consequências que podem levar ao colapso da estrutura, colapso de edifícios, galpões, pontes, etc.

O tratamento anticorrosivo de aço e concreto inclui a construção de plataformas de trabalho, possivelmente sinalização e controle de tráfego, remoção de concreto, limpeza e, às vezes, substituição de armaduras e reconstrução de partes removidas. Como a remoção do concreto pode enfraquecer a estrutura e prejudicar sua estabilidade, qualquer tratamento só poderá ser iniciado após a vistoria e existência de projeto com especificações (DNIT, 2014).

### **3. ESTUDO DE CASO: CONDOMÍNIO RESIDENCIAL SALES, MACAPÁ – AP.**

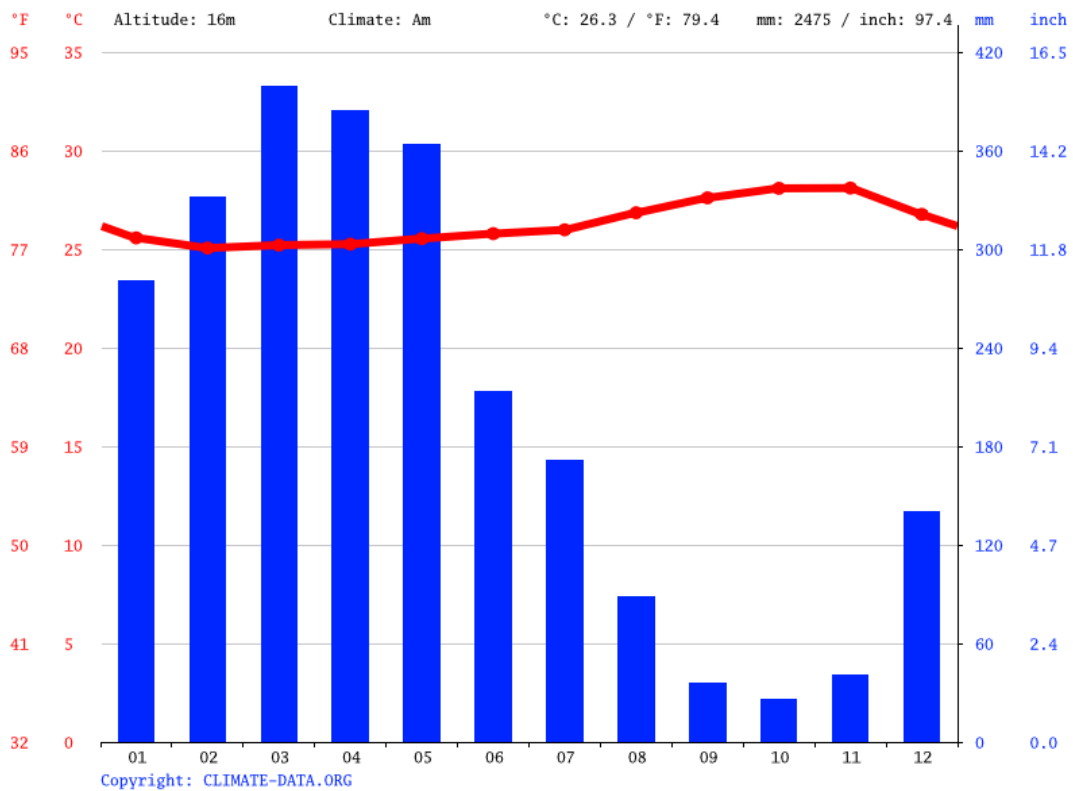
#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE MACAPÁ**

A cidade está localizada na mesorregião do sul do Amapá e na microrregião de Macapá. A maior parte de seu território encontra-se acima da linha do Equador, qualificando-o por este importante marco geográfico como única capital brasileira cortada por este paralelo. Limita-se ao norte com o município de Ferreira Gomes. É marcada pela presença, ao leste, do Oceano Atlântico, ao sudeste com Itaubal e ao sudoeste com Santana.

A precipitação pluviométrica anual da zona costeira varia de 2.750 a 3.500 mm anuais (CLIMADATE.ORG, 2017). Existe uma diferença de 370 mm entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso. Ao longo do ano as temperaturas médias variam 1.8 °C. No mês de setembro, o mês mais quente do ano, a temperatura média é de 27.9 °C. Com uma temperatura média de 26.1 °C, janeiro é o mês com a mais baixa temperatura ao longo do ano. Outubro é o mês onde ocorrem, em média as temperaturas mais elevadas do ano (28,3°C), antecedendo o período chuvoso da região (CLIMADATE.ORG, 2017).

Em estudos climatológicos realizados por Fedorova e Carvalho, (2006) mostram que a região suporta muitas vezes avarias nas médias climatológicas devido a eventos climáticos extremos, decorrentes das variabilidades de larga escala, como por exemplo, os fenômenos El Niño e La Niña, entre outros. Durante o ano, em média, Macapá tem 169 dias com chuva, durante a estação chuvosa - dezembro a julho - e 196 dias sem chuva, durante a estação seca - agosto a novembro – (TAVARES, 2014), como pode ser observado na Figura 10.

Figura 8- Pluviograma da cidade de Macapá



Fonte: Climate-Data.Org, 2021

A maior umidade relativa do ar é medida em Abril (89.01 %). O menor em Outubro (70.44 %). Maio (28.50 dias) tem os dias mais chuvosos por mês, em média. O menor número de dias chuvosos é medido em Outubro (6.67 dias), como podemos ver na Figura 11.

Figura 9 - Figura com quadro analítico do clima na região de Macapá-AP.

Dados climatológicos para Macapá													[Esconder]
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura máxima recorde (°C)	34,3	34,1	34,4	34,2	36	35,1	35,2	35,7	36,1	36,6	37,1	35,8	37,1
Temperatura máxima média (°C)	30,9	30,2	30,4	30,7	31,3	31,8	32,1	32,8	33,4	33,8	33,4	32,4	31,9
Temperatura média compensada (°C)	26,6	26,2	26,4	26,6	27	27,1	27,2	27,9	28,5	28,8	28,7	27,8	27,4
Temperatura mínima média (°C)	23,6	23,5	23,7	24	24,2	24	23,9	24,3	24,3	24,4	24,3	24	24
Temperatura mínima recorde (°C)	19,6	20,4	21,1	21,4	21,4	21	20,2	21	21	21	21	20,4	19,6
Precipitação (mm)	268,1	369,3	400,1	376,4	308,4	252,4	203,9	96,3	25,4	22,7	58,1	144,6	2 525,7
Dias com precipitação (≥ 1 mm)	17	20	22	21	21	18	16	9	3	2	4	9	162
Umidade relativa compensada (%)	84,5	87,1	87,2	87,2	86,2	84,1	82,1	78	73,1	71	72,5	78,1	80,9
Horas de sol	158,1	117,1	120,9	125,8	164,5	198,9	234,3	267,6	273,6	285,3	254,9	215	2 416

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2021

A empresa contratante foi o Condomínio Residencial Sales (Figura 12), situado na Av. Procópio Rola, nº 456, Santa Rita. Tem-se um edifício de 7 andares, contendo uma garagem no subsolo.

Figura 10 - Edifício Sales e sua localização do terreno do edifício Sales, parte hachurada.



Fonte: Google Maps, 2021.

Ao avaliar a forma que o edifício foi disposto e construído, percebeu-se que nas suas lajes não existia inclinação adequada para o escoamento da água. Com isso, a água ficava empoçada em determinados pontos, ocasionando infiltração, corrosão nas armaduras das lajes e vigas, escarificação e deslocamento das placas de concreto, como mostra as partes hachuradas na planta baixa na figura a seguir.

Figura 11 - Planta Baixa estrutural com áreas danificadas indicadas.



ANEXO A - CROQUIS COM MAPEAMENTO DAS ANOMALIAS NAS LAJES DO PAVIMENTO TÉRREO - EDIFÍCIO SALES

Fonte: Laudo técnico do Eng. Jair Gomes, 2021.

Na região que compreendia a garagem, localizado no subsolo, a situação encontrada foi mais crítica. As infiltrações nas lajes provinham de ralos e caixas sifonadas; presença de estalactites (Figuras 14 e 15), tamanha a condensação e umidade; falta de inclinação adequada das lajes e a ausência de impermeabilização destas.

Para que se haja formação de estalactite, conforme citado no referencial teórico comentado no capítulo sobre *Eflorescência*, é necessário de a água carregada com calcário entre em contato com o ar, ocorrendo a precipitação de um anel de calcita na base da gota. O processo continua se repetindo enquanto tiver água penetrando através da fenda. Cada nova gota origina um novo anel de calcita que se consolida no formato de cone pontiagudo, recebendo o nome de estalactite.

Figura 12 - Presença de formação de estalactite na laje



Fonte: Próprio autor, grifo pessoal, 2021.

Figura 13 - Presença de formação de estalactite na laje ao lado da caixa sifonada



Fonte: Próprio autor, grifo pessoal, 2021.

Verificou-se que as paredes de concreto que delimitavam a garagem, estavam ocas por dentro, com armaduras expostas, ao ponto de com um toque com as mãos, ocorresse seu deslocamento, revelando que a armadura apresentava corrosão por consequência da carbonatação. (Figura 16).

Figura 24 - Parede oca e com armadura oxidada.

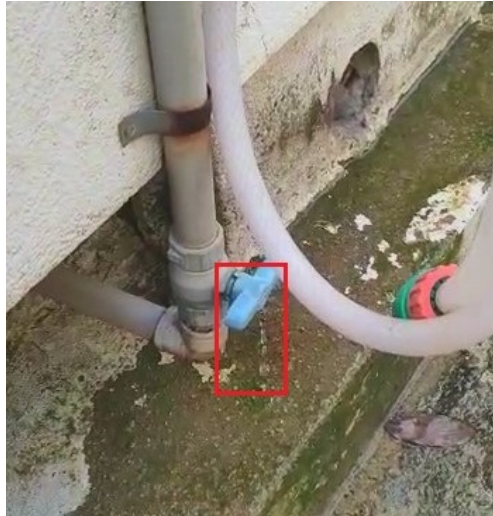


Fonte: Próprio autor, grifo pessoal, 2021.

O Concreto é um elemento construtivo composto basicamente por areia, brita, água e cimento. Quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma massa homogênea, em que o agregado graúdo está completamente envolto pela pasta de cimento, areia e água. Ocorrendo um erro de lançamento ou de vibração, os agregados graúdos separam-se do resto da pasta, formando um concreto cheio de vazios (nichos), altamente permeável, facilitando o seu destacamento no decorrer do tempo e fazendo com que, posteriormente a armadura fique exposta.

Grande parte das infiltrações e patologias na face esquerda do prédio, no subsolo da garagem, foi decorrente de uma torneira que gotejava (Figura 17), por um período de anos de maneira ininterrupta, tornando a parede úmida. Não se observou a ocorrência de escoamento superficial, não existindo ralo, e recebia tubulação de águas pluviais que estavam embutidos na parede (Figura 18).

Figura 35 - Torneira que gotejava, causando infiltração na laje da garagem



Fonte: Próprio autor, grifo pessoal, 2021.

Importante destacar que além do dano a estrutura, essa foto mostra outro prejuízo causado ao edifício, que é o desperdício de água potável. Uma torneira com Gotejamento lento<sup>1</sup> corresponde um desperdício de 10 litros por dia; Médio<sup>2</sup> são 20 litros por dia; Rápido<sup>3</sup> são 32 litros/dia; Muito rápido<sup>4</sup> são 32 litros por dia; Filete 2 mm são 136 litros por dia e por fim, Filete 4 mm equivale a 442 litros por dia (SABESP<sup>5</sup>, s/d)

Figura 46 - Falta de escoamento, água empoçada, causando percolação na laje.



Fonte: Próprio autor, 2021.

<sup>1</sup> Lento: até 40 gotas/min

<sup>2</sup> Médio: entre 40 e 80 gotas/min

<sup>3</sup> Rápido: entre 80 e 120 gotas/min

<sup>4</sup> Muito rápido: acima de 120 gotas/min

<sup>5</sup> Fonte: <[https://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes\\_servicos/tabela\\_vazamento.pdf](https://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf)>. Acesso em: 08 de novembro de 2022.

A figura 19, sintetiza, o antes e depois da parede sofrer o deslocamento. Destaque para com a facilidade que uma grande porção de placa de concreto se desprendeu, o que acentua a gravidade do risco que poderia ocasionar, caso viesse ser ainda mais demorada a busca pela correção dessa patologia.

Figura 57 - Antes e Depois da parede da garagem, visto na imagem anterior



Fonte: Próprio autor, grifo pessoal, 2021.

## 3.2 RELATÓRIO DA APLICAÇÃO DA MEMBRANA DE POLIURETANO NO EDIFÍCIO SALES

O primeiro passo feito durante a obra, foi a regularização do piso, com a escarificação feita tanto nem alguns pontos das lajes, vigas e a retirada do antigo contrapiso.

### 3.2.1 Escarificação

A Escarificação significa “série de arranhões ou pequenas incisões praticadas sobre uma superfície. Em superfícies de concreto, devem-se detectar todas as falhas de concretagem, abrir até a obtenção de concreto firme e homogêneo, executar o corte das pontas de ferro sem função estrutural e recompor estas áreas com argamassa de cimento e areia traço 1:3. (SILVEIRA, 2001).

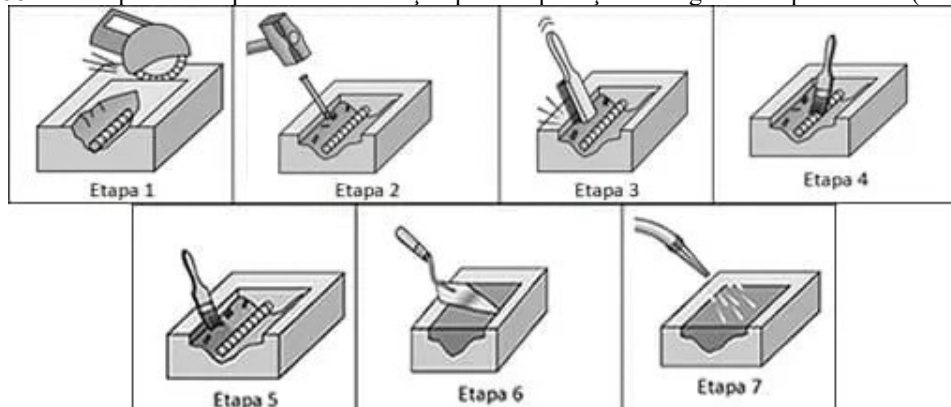
A superfície deve estar isenta de óleo, tinta, pasta de cimento, pó ou outro material que possa interferir na aderência. (CUNHA E NEUMANN, 1979). Procedeu-se com a escarificação do concreto refinado e recobrimento da armadura, para remoção das partes que estavam totalmente comprometidas, tufado (Figura 20). O procedimento consistiu em:

1. Escarificação preliminar das superfícies com objetivo de garantir boas condições de aderência entre a peça existente e o reparo, retirando-se todo o material deteriorado e desagregado, sendo realizada com ponteiros de aço.

2. Limpeza do substrato, remoção de resíduos tais como: ferrugens, graxas, carbonatos, de forma a preparar o substrato para a recepção do material do reparo. Concretos e argamassas poliméricas são uma opção bastante usada na recuperação do concreto danificado. Eles contêm resinas à base de metil metacrilato ou epóxi e são bastante aderentes, impermeáveis e duráveis. São mais indicados para aplicação em pequenas áreas.

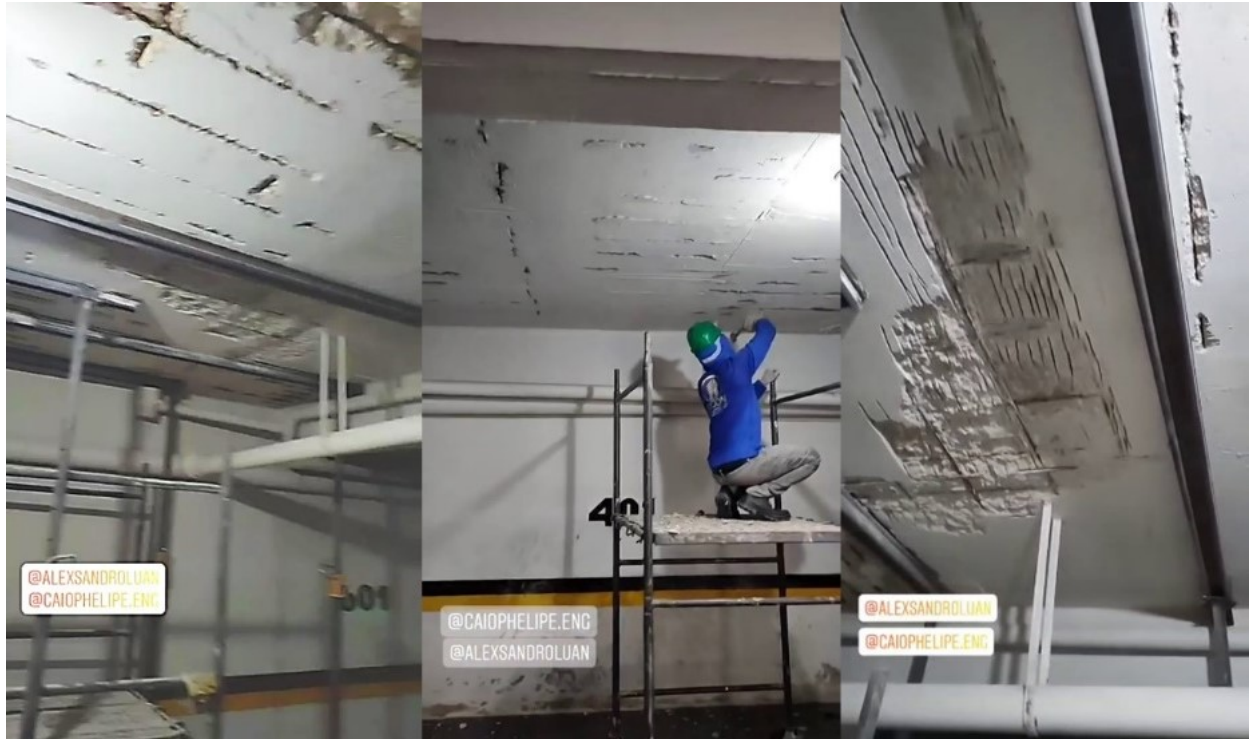
3. Tratamento superficial da armadura visando parar o processo de corrosão. Aplicou-se a argamassa Nafufill Cr (argamassa polimérica para reparos estruturais com agente adesivo integrado e inibidor de corrosão). O contra piso foi refeito, pois não possuía caimento adequado o que levava a água a empoeçar e isso propiciava o empoeçamento e assim facilitava a penetração da água por capilaridade na laje do pavimento superior, o que acarretou todos esses problemas de acúmulo de água e posteriormente corrosão nas armaduras das lajes.

Figura 68 – Exemplo das etapas da escarificação para a aplicação da argamassa polimérica (Nafufill Cr).



Fonte: <[https://api.aecweb.com.br/tematico/img\\_figuras/etapas\\$\\$\\$5404.webp](https://api.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/etapas$$$5404.webp)>. (s/d.)

Figura 7 - O processo de escarificação nas lajes do subsolo.



Fonte: Próprio autor, 2021

### 3.2.2 Limpeza do substrato

O substrato deve estar íntegro, limpo, seco e isento de materiais que possam prejudicar a aderência do sistema. Caso haja fissuras no substrato, estas devem ser avaliadas e devidamente tratadas antes da aplicação do sistema. Deve-se promover o lixamento superficial de forma a remover a nata superficial do cimento e abrir porosidade da superfície (figura 21).

Figura 20 – Superfície tratada com Nafufill Cr.



Fonte: Próprio autor, 2021.

A primeira etapa é o lixamento e o polimento de toda superfície para a remoção da camada superficial do substrato, criando rugosidade para que se tenha a aderência do sistema a ser aplicado. Para a aplicação do poliuretano é necessário limpar a superfície, deixando-a seca, completamente curada, isenta de óleos, graxas e partículas soltas de qualquer natureza.

### 3.2.3 Remoção do contrapiso

A próxima etapa consiste em realizar a retirada da camada de contrapiso (figura 22), devido à ausência de caimento adequado. O novo contrapiso foi composto com o acréscimo do componente impermeabilizante de pega normal para argamassa e concreto simples, comercialmente denominada de Sika 1. Em determinados pontos foram retirados de 5 à 7 cm de contrapiso.

Figura 21 - Escarificação feita no corredor lateral do prédio



Fonte: Próprio autor, 2021

Além disso foram adicionados nessa região mais dois ralos, com intuito de melhorar o escoamento possibilitando mais pontos de drenagem para esse volume de água, além do acréscimo de juntas de dilatação (figura 23).

Figura 22 - O acréscimo de ralos (destaque me vermelho) e juntas de dilatação (destaque em branco) no novo contrapiso.



Fonte: Próprio autor, 2021

O poliuretano, conhecido popularmente pelas iniciais PU, é um polímero bastante utilizado mundialmente na fabricação de materiais como esponjas, espumas, plásticos e similares, e uma das suas principais características é a resistência.

### 3.2.4 Pintura Impermeabilizante Epóxi E Poliuretano “P.U”

O sistema de poliuretano para impermeabilização de áreas com tráfego pode ser aplicado diretamente sobre o concreto, quando este já tem caimento mínimo, ou sobre camada de regularização. Os materiais utilizados foram:

- Revestimento colorido poliuretânico alifático bicomponente em fase solvente, utilizado como acabamento do Sistema ICOPARK e indicado para superfícies sujeitas ao tráfego de veículos e pedestres. Após curado resulta em um revestimento protetivo de elevado desempenho e durabilidade, com ótimo acabamento e resistente aos raios U.V.
- ICOPARK® PROMOTOR Promotor de aderência epossídico bicomponente em base solvente: Promotor de aderência de base epossídica bicomponente em solvente para superfícies cimentícias.
- ICOPARK® REVESTIMENTO Revestimento impermeabilizante poliuretânico bicomponente: Revestimento poliuretânico bicomponente (100% de resíduo seco), com propriedades impermeabilizantes e antiderrapantes para superfícies sujeitas ao tráfego de

veículos e pedestres. Após curado forma uma membrana impermeabilizante flexível, de fácil aplicação e limpeza, com pequeno sobrepeso à estrutura e resistente ao tráfego e a abrasão.

- Nafufill CR Argamassa polimérica para reparos estruturais com agente adesivo integrado e inibidor de corrosão: Argamassa polimérica cimentícia, monocomponente, composta por fibras sintéticas e aditivos especiais que garantem o desempenho necessário ao reparo estrutural. Pronto para utilização, bastando adicionar água na dosagem indicada.

Para aplicação do sistema de poliuretano, o substrato deve estar seco e não apresentar umidade superficial. Recomenda-se como teste em campo o teste do filme plástico antes da aplicação. O teste consiste na colagem de um filme plástico sobre a superfície, totalmente vedado, por um período de 8 horas. Após este período, se o filme plástico apresentar vapor ou gotas de água deve-se aguardar secagem da superfície para posterior aplicação do sistema.

Recomenda-se também para aferição de umidade superficial, quando se tem disponibilidade, medição com equipamento *Tramex* (umidade superficial deve ser inferior a 4%). Com o substrato íntegro, limpo e seco, aplica-se sobre a superfície um primer à base de resina epóxi com consumo de 0,350kg/m<sup>2</sup> e aguarda-se secagem por no mínimo de 8 horas (este período pode variar em função da temperatura ambiente e umidade relativa do ar) não ultrapassando o período de 48 horas.

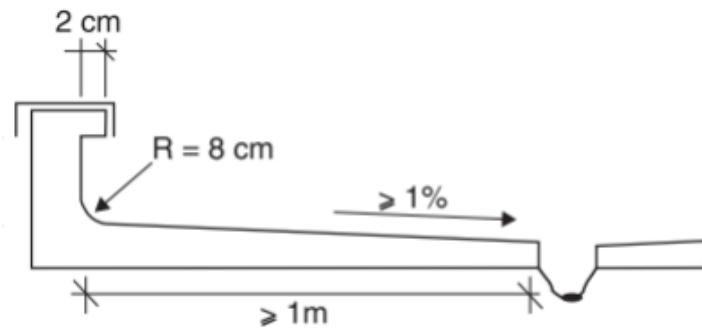
Também, como solução projetual, foi feito a regularização do piso da calçada com a junção das paredes uma curvatura suave (figuras 27 e 28), para que eliminar ângulos retos, que estavam provocando empoçamentos das águas, como foi visto na p. 25.

Figura 23 - Canto da parede com acabamento boleado/meia-cana



Fonte: Próprio autor, 2021

Figura 24 – Detalhamento dos cantos arredondados, de acordo com a norma técnica.



Fonte: Vedacit, 2010.

A foto adiante mostra a aplicação da pintura epóxi lisa no subsolo, ainda sem o poliuretano:

Figura 25 - Aplicação da pintura epóxi no subsolo



Fonte: Próprio autor, 2021

Após secagem do primer à base de epóxi, é aplicado a primeira camada do revestimento à base de poliuretano. Este revestimento é à base de poliuretano alifático e o consumo mínimo adotado nesta camada deve ser de 0,900 a 1,00 kg/m<sup>2</sup>. Após aplicação desta camada, aguarda-se o intervalo suficiente para que a camada entre em “estado de gel”, ou seja, ela não deve estar totalmente curada, mas também não pode estar fresca. Este período pode variar em função da temperatura ambiente e umidade relativa do ar de 10 à 60 minutos. Este período se faz necessário pois a próxima etapa do sistema consiste na aspersão de agregados de areia de quartzo, com granulometria de 0,180 a 1,000 mm.

O agregado tem a função de dar maior espessura ao sistema e proporcionar maior resistência à abrasão. Porém, ele não deve ser incorporado à primeira camada de poliuretano e sim ficar “flutuante” entre as duas camadas, para não comprometer a flexibilidade do sistema. Por esta razão, o período de gel é importante durante a aplicação. O agregado é aspergido de forma contínua e uniforme, com consumo de 2,50 a 4,00 kg/m<sup>2</sup>, de forma a cobrir toda a superfície. Após 12 horas da aspersão do agregado, com auxílio de vassoura e aspirador de pó, é removido o excesso da superfície e aplicado a segunda camada de poliuretano, esta com consumo de 0,500kg/m<sup>2</sup>.

Finalizada a aplicação da segunda camada de poliuretano, aguarda-se um período mínimo de 8 horas (conforme temperatura ambiente e umidade relativa do ar) e aplica-se uma camada de

poliuretano alifático também chama da de “*top coat*” para retenção de cor e brilho do sistema com consumo de 0,400kg/m<sup>2</sup>. (Figura 30 e 31)

Figura 26 - Pintura finalizada com o impermeabilizante epóxi com o poliuretano



Fonte: Próprio autor, 2021.

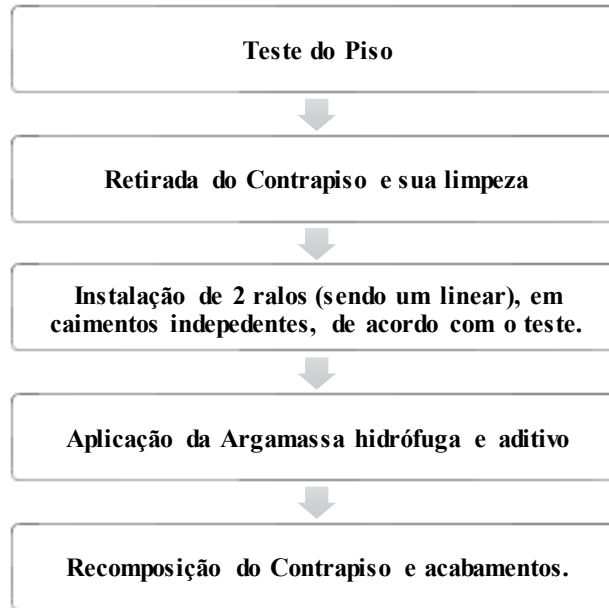
Figura 27 - Pintura finalizada com o impermeabilizante epóxi com o poliuretano



Fonte: Próprio autor, 2021

Por fim, foi realizado um fluxograma (Tabela 2), com os itens resumidos das etapas principais realizadas para a aplicação da membrana de poliuretano, no Edifício Sales.

Tabela 2 – Fluxograma das etapas realizadas o estudo de caso do Edifício Sales.



Fonte: Próprio Autor, (2021).

## **4.0 RESULTADOS**

### **4.1 SISTEMA IMPERMEABILIZANTE: MANTA ASFÁLTICA.**

O sistema de manta asfáltica vem sendo nos últimos anos o sistema mais utilizado para impermeabilização de estruturas sujeitas à movimentações. Isto ocorre por ser um sistema robusto, pré-fabricado e com espessura controlada. Entretanto, exige um maior número de camadas para composição do sistema de impermeabilização, conseqüentemente maior disponibilidade de cota e maior período de execução, principalmente em áreas de tráfego de veículos, onde são necessárias as camadas de regularização + camada dupla de manta asfáltica + camada separadora + camada amortecedora + proteção mecânica em concreto armado. Estima-se com base nestas camadas, necessidade de no mínimo 13 cm de cota somente para o sistema de impermeabilização, desconsiderando o acabamento

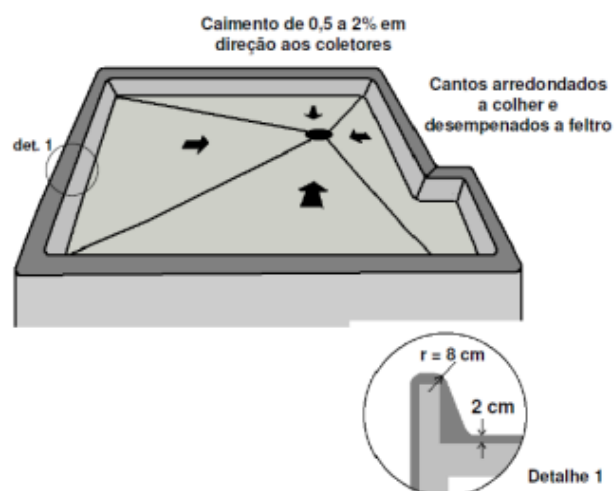
A escolha de ter utilizado a membrana poliuretano como técnica de impermeabilização para este caso se deu pelo fato que, não precisaria elevar a altura do contrapiso, o que aumentaria a carga da laje nos pilares existentes. A necessidade de resolver essa problemática mostrou-se urgente, haja vista que no ano de 2019, foi feito um laudo técnico, realizado pelo Eng. Jair Gomes, na qual este relatório, constatou-se:

- Concreto disgregado com armadura exposta e oxidada em pontos localizados e em áreas significativas de lajes do pavimento térreo, com maior incidência nas lajes que ficam expostas a ação das intempéries, ou seja, na região do pavimento térreo que não possui cobertura e ficam diretamente expostas às chuvas;
- Armadura exposta e oxidada em pontos localizados de vigas no entorno do reservatório inferior (cisterna);
- Manchas de umidade e de carbonatação em pontos localizados de lajes, especialmente nos pontos de passagem de tubulações de esgoto ou de drenagem pluvial;

O presente laudo ainda constatou de que a estrutura do pavimento térreo apresenta deterioração do concreto e das armaduras de peças estruturais, principalmente, decorrente da pequena espessura do concreto de cobrimento do aço, agravada por deficiências no sistema de impermeabilização na região da laje que fica exposta a ação das intempéries.

No contrapiso foi trocado, passando a ser constituído de material hidrófobo para não ocorrer infiltração, pois anteriormente não possuía. Outra correção adotada foi a regularização da superfície, que deve ser feita com caimento mínimo de 1% em direção aos coletores, e o entorno dos ralos rebaixado com argamassa de 3 cm de profundidade (ver figura 32)

Figura 28 – Norma para adequação de ralos.



Fonte: SIQUEIRA, 2018

Sistemas de impermeabilização moldados *in loco* e aplicados a frio são indicados para a vedação de ralos com diâmetro mínimo de 50mm. Para a aplicação de sistemas de impermeabilização com mantas pré-fabricadas, os ralos devem ter diâmetro mínimo de 75 mm. Na prática, porém, alguns sistemas requerem ralos com diâmetro de 100 mm, pois a entrada da camada impermeabilizante dentro do coletor faz com que seu diâmetro nominal diminua.

#### 4.2 SISTEMA IMPERMEABILIZANTE: MEMBRANA POLIURETANO

Já o sistema à base de poliuretano, é relativamente novo no nosso mercado e vem ganhando espaço no segmento. Isso tem ocorrido devido às características de menor espessura, fácil manutenção e menor tempo de execução. O sistema de poliuretano pode ser aplicado diretamente sobre o concreto (desde que este tenha caimento mínimo adequado) ou sobre camada de regularização. Os sistemas em poliuretanos são moldados no local, à frio, dispensam proteção mecânica e são compostos por camadas sucessivas de materiais que dão espessura entre 2 a 4 mm ao sistema, em função do consumo por m<sup>2</sup>.

Pelo fato do uso da membrana de poliuretano ser indicado para locais que requerem baixa sobrecarga, nos quais não se pode elevar o nível do piso, além de cenários que exigem resistência à abrasão ou rápida liberação ao uso da área, e geralmente aplicadas em lajes de cobertura, telhados e áreas externas, e oferecer oferece alta resistência, tanto aos raios UV, quanto ao intemperismo, dois processos muitos intensos na região, considera-se uma solução pertinente e viável.

Soncini (2018) explica que as membranas de poliuretano são uma alternativa a diversos sistemas, em um trabalho apresentado no 15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, em 2018. Em comparação com as mantas asfálticas, as membranas de poliuretano apresentam baixa espessura, o que é uma vantagem para projetos com dificuldades de cotas.

#### 4.3 ESTUDOS DE CASOS COMPARATIVOS ENTRE MANTA ASFÁLTICA E MEMBRANA POLIURETANO

De acordo com o Calvino (2016); Carvalho (2018); Soncini (2018), o sistema de poliuretano apresenta tempo de execução inferior a dupla manta, e também apresenta uma vantagem econômica, de acordo com os autores, em relação a mata asfáltica, quando comparadas todas as etapas de serviços, o sistema com poliuretano apresenta custo inferior em relação a dupla manta e a manta asfáltica.

Na Figura 33, estudo de Soncini (2018) mostra que o tempo de execução da manta membrana poliuretano, aplicada em um estacionamento como estudo de caso, teve uma redução na duração do serviço de 37.50% do tempo comparada a manta asfáltica.

Figura 29 – Estudos de Soncini (2018) com o quadro comparativo do tempo de execução entre a manta asfáltica e o sistema poliuretano.

**Tempo de execução de sistema duplo de manta asfáltica aplicado para estacionamentos**

ETAPAS DE EXECUÇÃO MANTA ASFÁLTICA	TEMPO ( DIAS)
Limpeza do Concreto	1
Regularização (execução e secagem)	8
Aplicação de Primer (execução e secagem)	2
Manta 3mm, tipo III, maçarico	5
Manta 4mm, tipo III, maçarico	5
Teste de estanqueidade (1 dia para fazer as barreiras e encher + 72 horas)	3
Camada separadora e camada anticompensação com emulsão asfáltica	6
Contrapiso em concreto armado com tela Q92,7 cm, acabamento polido.	10
<b>TOTAL</b>	<b>40 DIAS</b>

*Fonte: Aplicador de sistema de manta asfáltica*

**Sistema de poliuretano**

**Tempo de execução sistema de PU aplicado para estacionamentos**

ETAPAS DE EXECUÇÃO POLIURETANO	TEMPO EM (DIAS)
Lixamento do Concreto	7
Limpeza do Concreto	2
Primer Epóxi	4
Membrana Base + Aspersão de Agregado	4
Membrana Cobertura	4
Top Coat	4
<b>TOTAL</b>	<b>25 DIAS</b>

*Fonte: Aplicador de sistema de manta asfáltica*

Fonte: 15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 2018.

O sistema de poliuretano apresentou custo 25.52 % inferior ao sistema de dupla manta de acordo com o SINAPI, quando comparadas todas as etapas de serviços, como pode ser notado na figura 34.

Figura 30 - Estudos de Soncini (2018) com o quadro comparativo do custo entre a manta asfáltica e o sistema poliuretano.

**Custo por m<sup>2</sup> de sistema duplo de manta asfáltica aplicado para estacionamentos**

<b>ETAPAS DE EXECUÇÃO MANTA ASFÁLTICA</b>	<b>APLICADOR</b>	<b>SINAPI</b>	<b>CONSTRUTORA</b>
Limpeza do Concreto	R\$ 9,42	R\$ 10,35	-
Regularização das Superfícies	R\$ 43,20	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Manta 3mm, tipo III, aderida com maçarico	R\$ 57,40	R\$ 66,04	R\$ 60,00
Manta 4mm, tipo III, aderida com maçarico	R\$ 59,20	R\$ 81,47	R\$ 70,00
Camada Separadora Filme plástico	R\$ 2,00	R\$ 5,83	R\$ 2,00
Camada Anticompressão com emulsão	R\$ 17,10	R\$ 15,00	R\$ 18,00
Contrapiso em concreto armado.	R\$ 58,80	R\$ 70,36	R\$ 35,00
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)*</b>	<b>R\$ 247,12</b>	<b>R\$ 274,05</b>	<b>R\$ 210,00</b>

\*Custo com impostos – Data de pesquisa: fevereiro 2018

**Sistema de poliuretano****Custo por m<sup>2</sup> de sistema de PU aplicado para estacionamentos**

<b>ETAPAS DE EXECUÇÃO POLIURETANO</b>	<b>APLICADOR</b>	<b>SINAPI</b>	<b>CONSTRUTORA</b>
Lixamento do Concreto	R\$ 24,76	R\$ 36,03	-
Preparação e Limpeza do Concreto	R\$ 9,42	R\$ 10,35	R\$ 25,00
Primer Epóxi	R\$ 21,50	R\$ 39,54	-
Primeira Camada + Aspersão de Agregado	R\$ 78,80	R\$ 61,39	-
Segunda Camada de Poliuretano	R\$ 38,00	R\$ 38,00	-
Top Coat	R\$ 18,80	R\$ 18,80	R\$ 185,00
<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)*</b>	<b>R\$ 191,28</b>	<b>R\$ 204,11</b>	<b>R\$ 210,00</b>

\*Custo com imposto – Data de pesquisa: fevereiro 2018

Fonte: 15º Simpósio Brasileiro de Impermeabilização, 2018.

De acordo com Carvalho (2018) ao fazer seu estudo comparativo na obra *New Life*<sup>6</sup>, situado na cidade de Jataí-GO, e levando-se em consideração que ambos poderiam ter sido aplicados nas mesmas condições da superfície, temos os resultados referentes ao comparativo de custos apresentados também percebeu-se uma proporção de custo menor se comparado com a manta asfáltica, pois a área da manta asfáltica a ser aplicada foi aproximadamente quase o dobro, contudo seu custo foi de quase 300% maior que a membrana poliuretano (ver figura 35).

<sup>6</sup> O edifício contém 2 torres, sendo uns edifícios residenciais multifamiliares com 24 andares cada, uma área comum, totalizando 172 apartamentos e 26.573,31 m<sup>2</sup> de área construída, na qual o autor em seus estudos, fez análise contando que serão aplicados os dois tipos de impermeabilizantes estudados neste trabalho, a manta asfáltica e a membrana de poliuretano.

Figura 31 – Comparativo entre os dois impermeabilizantes quanto ao custo em um edifício em Jataí – GO.

<b>Impermeabilizante</b>	<b>Área de aplicação (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custo total (R\$)</b>	<b>Custo unitário (R\$/m<sup>2</sup>)</b>
Manta asfáltica	148,94	42.208,10	283,39
Membrana de poliuretano	73,80	10.594,73	143,56

Fonte: Carvalho, 2018.

Calvino (2016) em seu estudo mostra a realização de uma reforma de uma casa de luxo no Guarujá-SP, em que a construtora D2F Engenharia obteve resultados semelhantes ao deste estudo de caso, quando realizou o comparativo de orçamentos para a piscina da residência, utilizando uma resina de poliuretano e uma manta asfáltica dupla 4 mm (materiais semelhantes aos deste estudo de caso), na qual a membrana possui um custo 46.69% menor do que a manta asfáltica, conforme apresentado na figura 36.

Figura 32 - Comparativo entre os dois impermeabilizantes quanto ao custo em uma casa de luxo no Guarujá – SP.

<b>Impermeabilizante</b>	<b>Custo total (R\$)</b>
Manta asfáltica dupla 4 mm	29.852,89
Resina de poliuretano	15.913,13

Fonte: Calvino, 2016.

O desempenho do impermeabilizante Membrana Poliuretano no nosso estudo de caso foi satisfatório. Seu custo da impermeabilização do estacionamento teve o custo de R\$ 37.871,88 dividido nas duas etapas: preparação da superfície e impermeabilização do acesso da garagem térrea com membrana epóxi. Já os reparos estruturais foram orçados em r\$ 9.465,00 divididos em etapas de tratamento das ferragens e recobrimento das ferragens (Ver Anexo 1).

O custo aproximado dos serviços de impermeabilização, no início da construção da edificação, é em torno de 1% a 3% do custo total da obra<sup>7</sup>, enquanto que a solução dos problemas gerados após a constatação das patologias, ocasionados pelas infiltrações, geram um acréscimo aproximado de 10% a 15% no valor dos serviços, conforme dados do IBI (Instituto Brasileiro de Impermeabilização). Além do mais, de acordo com o mesmo instituto, apontam que a umidade corresponde por 85% dos problemas encontrados nas construções brasileiras. Causada pela infiltração

<sup>7</sup> Considerando projeto, consultoria, fiscalização, execução e materiais. A execução da impermeabilização durante a obra é mais fácil e econômica se comparada com a execução depois da obra concluída.

de água, é um dos problemas mais frequentes nas edificações, podendo causar problemas a saúde dos moradores. Um novo processo de impermeabilização pode corresponder a 25% do custo total da obra, dependendo do tipo de revestimento final empregado, incluindo todos os custos diretos e indiretos, inclusive os transtornos, que não são pequenos (FORUM DA CONSTRUÇÃO, 2017).

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo descrever as causas específicas que ocasionaram a corrosão das armaduras das lajes corridas no Condomínio Residencial Sales, situado na Av. Procópio Rola, nº 456, Santa Rita, Macapá-AP e a avaliação da aplicação da membrana poliuretano na edificação, como solução.

Como destacado no trabalho, os sistemas de revestimentos argamassados sofrem com o excesso de umidade nos materiais ou no ambiente, aflorando as patologias, porém, se na etapa construtiva forem utilizados sistemas impermeabilizantes corretamente, o índice destas manifestações reduz, pois, a impermeabilização impede que a umidade danifique os componentes dos revestimentos.

Através de um laudo técnico, foi constatado de que o prédio não possuía ralos em quantidades necessárias, nem estavam bem alocados. Também não tinha caimento adequado ou mesmo impermeabilização nos pisos, o que acumulava água em determinados pontos da laje, o que gerou carbonatação e expansão da armadura causando um deslocamento da camada de concreto que fazia o cobrimento da armadura. Lembrando que a continuidade dessa deterioração das armaduras, poderia levar estrutura ao colapso. Ressalta-se que elaborar um projeto de impermeabilização, desde do início da obra, reduz os custos oriundos da manutenção, gerados pelo reparo das patologias decorrentes da falta do projeto. Verifica-se com esse estudo que um projeto de impermeabilização bem elaborado, com mão de obra qualificada para sua aplicação, associado a uma boa qualidade dos materiais e uma fiscalização eficiente mitigam consideravelmente a incidências de patologias associadas a impermeabilização, contribuindo para a preservação da edificação.

No estudo de caso, diagnosticou-se um problema infelizmente corriqueiro em obras civis; a falta de costume de procurar um responsável técnico qualificado para tanto para prevenir, quanto para corrigir problemas associados a umidades e infiltrações.

Quanto ao método aplicado no estudo de caso, pode-se concluir que a utilização da membrana epóxi poliuretano teve desempenho satisfatória. Suas vantagens, tais como: não gera sobrepeso nas

lajes e ser fácil de aplicar. Além de que, por ser um sistema de impermeabilização flexível, isso faz com que não tenha a necessidade de juntas e emendas, aumentando a durabilidade do material.

Quanto à revisão bibliográfica, foi realizada uma atualizada revisão bibliográfica abordando diversos conceitos relacionados ao estudo de caso. Através dos estudos de casos listados anteriormente, em estados do Brasil distintos, percebemos que o tempo de aplicação desse sistema acaba sendo menor se comparado com a manta asfáltica (ver p. 51-52). Ainda que o sistema de manta asfáltica seja aplicado numa área em dobro, o custo salta para 300% se comprado com a membrana poliuretano (p. 52), pois em média chega a custar até 46% (p. 53) que a manta.

A garantia, varia de acordo com a empresa fabricante do produto, mas em média, ambas seguem os prazos de garantia mínimos dos sistemas de impermeabilização, que são de 5 anos, conforme estão dispostos na íntegra no Anexo D, da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

Sugestões para os próximos trabalhos para direcionar os próximos estudos de eficiência e eficácia dos sistemas de impermeabilizantes presentes no mercado. Estudos envolvendo mais participantes seria interessante como forma de obter resultados com um nível de significância maior. Um outro ponto que poderia ser considerado é a relação “mão de obra – tempo – custo” dos sistemas de impermeabilizantes na Região Norte, principalmente em Macapá, haja em vista que o índice pluviométrico nessas localidades serem a mais altas do país. Esses questionamentos podem ser exploradas em trabalhos futuros.

Lista de sistemas de impermeabilizantes mais comuns utilizados no mercado:

- Hidrofugante
- Hidrorrepelente
- Calafetador
- Emulsão acrílica
- Emulsão asfáltica
- Argamassa impermeabilizante borracha
- Manta asfáltica

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9574: Execução de impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575: Seleção de projeto de impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9952: Mantas asfálticas com armadura para impermeabilização**. Rio de Janeiro: 2014.

BAKER, M. C. The recognition of joints in the system, In: **Seminar on Cracks, Movements and joint in Building**, Ottawa, National Research Council of Canadá, 1976.

BAZZAN, G. C. G. **Análise do cobrimento e carbonatação em obras de arte especiais no estado de São Paulo**. Monografia (Pos Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 414, 2010.

CABRAL, P. L. Impermeabilização e proteção em armazéns graneleiros. **Revista Impermeabilizar**, São Paulo, n. 43, p. 6, fev. 1992.

CALVINO, G. Resina de poliuretano x Manta Asfáltica dupla de 4 mm. **Revista Construção Mercado – Negócios de Incorporação e Construção**, Edição 178. São Paulo, 2016.

CARASEK, Helena. **Patologia das argamassas de revestimento**. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2010.

CARVALHO, Túlio Rabelo. **Comparativo entre sistemas de impermeabilização em poliuretano e manta asfáltica: estudo de caso Jataí-GO**, 2018. 79f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil). IFG: Jataí-GO, 2018.

CINCOTTO, M. A. – Patologias das argamassas e revestimentos: Análise e recomendações. In: **Simpósio De Desempenho De Materiais E Componentes De Construção Civil 1**. 1988, Florianópolis, UFSC, 1988.

CLIMADATE. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/4065/>>. Acesso em: 21 mar. 2022

CRUZ, J.H.P. **Manifestações patológicas de impermeabilizações com uso de sistema não aderido de mantas asfálticas: avaliação e análise com auxílio de sistema multimídia**. 2003. 168f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2003.

EBI – IMPERMEABILIZAÇÕES E CONSTRUÇÕES. Orçamento de serviços de impermeabilização ORC IMP – 029/016 – R1. Goiânia, Goiás, 2016.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M.H. Processos sinóticos em anos de La Niña e de El Niño: nebulosidade convectiva nas regiões equatoriais e tropicais da América do Sul e oceanos adjacentes. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.1, p.1-14, 2006.

FIORITO, Antônio J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo, Pini, 1994.

GOMES, N. A. **Estruturas de Concreto Armado em Ambiente Urbano: Avaliação da Carbonatação à Luz das Recomendações da NBR 6118 (2003)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sao Carlos, Sao Carlos, 2006.

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

IBI - INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO -<<https://ibibrasil.org.br/qual-a-importancia-do-projeto-de-impermeabilizacao-na-obra/>>. Acesso em: 19 out. 2022

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

KLEIN, D. L. Apostila do Curso de Patologia das Construções. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 10°. 1999. **Anais...** Porto Alegre, 1999.

LINS, Bernardo F. E.. Ferramentas básicas da qualidade. **Ciência da Informação**, [S.l.], v. 22, n. 2, aug. 1993.

MEDEIROS, H. Doenças concretas: conheça as principais causas de patologias de concreto provocadas por elementos químicos presentes no ar e na água. *Téchne*. v. 160, jul. 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/artigo287763-1.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, Paulo J. M. “**Estrutura, Propriedades e Materiais**”. São Paulo PINI, 580p, 1994.

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

NORMA DNIT 084/2006 – ES.DNIT **Tratamento da corrosão** – Especificação de serviço, 2006.

PARDAL, Paulo - Desfazendo Lendas: uma troca de plantas arquiteturais, telhas e coxas de escravas, óleo de baleia nas argamassas. **Separata da Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro**, a. 160, n. 402. 1999.

PAULETTI, C.; POSSAN, E.; DAL MOLIN, D. C. C. **Carbonatação acelerada: estado da arte das pesquisas no Brasil**. Ambiente Construído, c.7, n.4, p. 7-20, Porto Alegre, 2007.

PEÑA, M. R. G. & HELENE, P. R. L. **Estudo de fissuração associada à retração em argamassas para reparo em estruturas de concreto**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/ PCC/406. São Paulo, 2005, 28p.

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, 1988. Coletânea de trabalhos da Divisão de Edificações do IPT.

PIRONDI, Z. **Manual Prático da Impermeabilização e de Isolação Térmica**. São Paulo: Pini: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 2 ed., 1988.

RIBEIRO, D.V; ALMEIDA, F. C.R.A.; CUNHA, M.P.T.; HELENE, P.R.L.; LOURENÇO, M.Z.; SALES; A.; DE SOUSA, C.A.C. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1. ed. Rio de Janeiro, Elsevier Brasil, 2014. v. 1. 244p

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

SACHS, A. **Tratamento intensivo**. São Paulo: Téchne. 220, p. 40-44, julho de 2015.

SCARTEZINI, L. M. B. **Análise e Melhoria de Processos**. Goiânia, 2009. Apostila.

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

SONCINI, Alexandre; Estudo de viabilidade técnica e econômica de sistemas de membrana de poliuretano X mantas asfálticas para áreas de estacionamentos. IBI 2018 – **anais do 15º simpósio brasileiro de impermeabilização**. 5 de junho de 2018 - São Paulo. Disponível em: <<http://ibibrasil.org.br/simposio2018/wp-content/uploads/2018/06/Estudo-de-viabilidade-t%C3%A9cnica-e-econ%C3%B4mica-de-sistemas-de-membrana-de-poliuretano-X-mantas-asf%C3%A1lticas-para-%C3%A1reas-de-estacionamentos.pdf>> Acesso em: 19 out. 2022

TAVARES, João Paulo Nardin. **Características da climatologia de Macapá-AP**. Caminhos de Geografia, v. 15, n. 50, 2014.

VALENTE, A. P. V. **Estudo das patologias mais comuns encontradas nas edificações dos fóruns de Minas Gerais**. Monografia de Especialização, Departamento de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VEDACIT. **Manual técnico: impermeabilização de estruturas**. 6. ed. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/manual-sobre-impermeabilizacao>>. Acesso em: 15 out. 2022.

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

## **ANEXO 1 – ORÇAMENTO DA OBRA EDIFÍCIO SALES**

Tarefa	Início	Término	Duração	Início Real	Término Real
01/08/2021					
<b>0 MOBILIZAÇÃO DA OBRA</b>	01/08/2021	06/08/2021	6		
0.1 Mobilização de Materiais e equipamentos	02/08/2021	04/08/2021	3	02/08/2021	04/08/2021
0.2 Mobilização de Mão de obra	04/08/2021	06/08/2021	3		
<b>1 RECUPERAÇÃO DO PISO DO ESTACIONAMENTO</b>	08/08/2021	13/08/2021	6		
1.1 Demolição e descarte de entulho piso garagem	09/08/2021	11/08/2021	3		
1.2 Contrapiso	12/08/2021	13/08/2021	2		
<b>2 IMPERMEABILIZAÇÃO DO ESTACIONAMENTO</b>	08/08/2021	21/08/2021	14		
2.1 Preparação da superfície	09/08/2021	17/08/2021	9		
2.2 Impermeabilização do acesso da garagem térrea com membrana epóxi	18/08/2021	21/08/2021	4		
2.3 Impermeabilização das vagas da garagem térrea e garagem do subsolo com membrana epóxi	18/08/2021	21/08/2021			
<b>3 IMPERMEABILIZAÇÃO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA</b>	09/08/2021	16/08/2021	8		
3.1 Preparação da base	09/08/2021	11/08/2021	3		
3.2 Impermeabilização com Argamassa Polimérica	12/08/2021	16/08/2021	5		
<b>4 REVESTIMENTOS</b>	23/08/2021	27/08/2021	5		
4.1 Piso cerâmico	23/08/2021	27/08/2021	5		
4.2 Pintura de muros	23/08/2021	28/08/2021	5		
<b>5 REPAROS ESTRUTURAIS</b>	15/08/2021	27/08/2021	13		
5.1 Tratamento das ferragens	15/08/2021	23/08/2021	9		
5.2 Recobrimento das ferragens	24/08/2021	27/08/2021	4		
<b>6 GESTÃO DA OBRA</b>	01/08/2021	15/09/2021	45		

Fonte: Acervo próprio (2020)

## SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1

244 de 607

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

DATA DE EMISSÃO: 15/05/2020 23:31:08

ENCARGOS SOCIAIS DESONERADOS: 85,57%(HORA) 49,11%(MÊS)

DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 15/05/2020

CÓDIGO	ID E S C R I Ç Ã O	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VINCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
100778	ESTRUTURA TRELIÇADA DE COBERTURA, TIPO FINK, COM LIGAÇÕES PARAFUSADAS, INCLUSOS PERFIS METÁLICOS, CHAPAS METÁLICAS, MÃO DE OBRA E TRANSPORTE COM GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_P	KG	AS	5,34
IMPE	IMPERMEABILIZACOES E PROTECOES DIVERSAS			
0138	IMPERMEABILIZACAO COM ARGAMASSA			
98560	IMPERMEABILIZAÇÃO DE PISO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADITIV	M2	CR	33,37
	O IMPERMEABILIZANTE, E = 2CM. AF_06/2018			
98561	IMPERMEABILIZAÇÃO DE PAREDES COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA, COM ADI	M2	CR	30,50
	TIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2CM. AF_06/2018			
98562	IMPERMEABILIZAÇÃO DE FLOREIRA OU VIGA BALDRAME COM ARGAMASSA DE CIMENT	M2	CR	29,60
	O E AREIA, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E = 2 CM. AF_06/2018			
0140	IMPERMEABILIZACAO COM ADITIVO			
98555	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA AC	M2	CR	19,75
	RÍLICA, 3 DEMÃOS. AF_06/2018			
98556	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA AC	M2	CR	35,98
	RÍLICA, 4 DEMÃOS, REFORÇADA COM VÊU DE POLIÉSTER (NAV). AF_06/2018			
98558	TRATAMENTO DE RALO OU PONTO EMERGENTE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMB	UN	CR	5,47
	ANA ACRÍLICA REFORÇADO COM VÊU DE POLIÉSTER (NAV). AF_06/2018			
98559	TRATAMENTO DE RODAPÉ COM VÊU DE POLIÉSTER. AF_06/2018	M	CR	3,07
0141	IMPERMEABILIZACAO COM MANTA			
98546	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, UMA CAMADA, INCLU	M2	AS	70,17
	SIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM. AF_06/2018			
98547	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MANTA ASFÁLTICA, DUAS CAMADAS, INC	M2	AS	127,38
	LUSIVE APLICAÇÃO DE PRIMER ASFÁLTICO, E=3MM E E=4MM. AF_06/2018			
98553	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM MEMBRANA À BASE DE POLIURETANO, 2	M2	CR	96,53
	DEMÃOS. AF_06/2018			

Fonte: SINAPI (2020)

**ANEXO 3 – TABELA DE CUSTO DO MATERIAL: MEMBRANA POLIURETANO,  
SINAPI 2020.**

#PUBLICO

**SINAPI  
ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE INSUMO**

<b>Código do SINAPI:</b>	43148
<b>Descrição Básica:</b>	MEMBRANA IMPERMEABILIZANTE A BASE DE POLIURETANO
<b>Unidade de Cálculo:</b>	KG
<b>Normas Técnicas:</b>	NBR 15487:2007; NBR 9574:2010; NBR 9574:2009

**Imagem:**



**Informações Gerais:**

É um revestimento impermeabilizante à base de poliuretano, isento de solventes, com baixo teor de VOC, mono ou bicomponente (a depender do fabricante), que resulta em uma membrana flexível com excelentes características físico-químicas, que não altera a potabilidade da água, suporta exposição a raios UV e resistente ao vapor d'água.

**Correspondencia SINAPI com NBR 15.965:**

Classificação a definir

**Atualizado em:**

21/08/2020

Fonte: SINAPI (2020)