

**MICHEL VINÍCIUS TAKAHASHI DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PATOLOGIAS DOS  
SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES – UM ESTUDO DE CASO.**

**MICHEL VINÍCIUS TAKAHASHI DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DAS CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DAS PATOLOGIAS DOS  
SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES – UM ESTUDO DE CASO.**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva

Guaratinguetá

2015

O48a	<p>Oliveira, Michel Vinícius Takahashi de Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes – um estudo de caso./ Michel Vinícius Takahashi de Oliveira – Guaratinguetá : [s.n], 2015. 78 f. : il. Bibliografia : f. 76-78</p> <p>Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. Orientador: Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva</p> <p>1. Construção civil 2. Impermeabilização I. Título</p>
------	---


**MICHEL VINÍCIUS TAKAHASHI DE OLIVEIRA**


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
"GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

  
Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. JOÃO UBIRATAN DE LIMA E SILVA  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof. Dra. ISABEL CRISTINA DE BARROS TRANNIN  
UNESP-FEG

  
Prof. Dr. ANTONIO WANDERLEY TERNI  
UNESP-FEG

**Dezembro de 2015**

de modo especial, aos meus pais Regina e Olinto e avó Maria,  
que sempre permaneceram ao meu lado, nos momentos de  
alegria e de tristeza, sendo meus heróis

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus. Agradeço minha família e meus amigos, ao meu orientador, *Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva* que jamais deixou de me ajudar.

aos meus amigos *André, Adalberto, Bruno*, que passamos momentos inesquecíveis juntos.

ao meu amigo *Matheus*, que ensinou o significado de amizade e companheirismo, sempre presente nos momentos difíceis.

ao engenheiro *Eduardo Ares*, que sempre estendeu a mão nos momentos de dificuldade durante o estágio, mostrando o significado de liderança e amizade.

“When nothing seems to help, I would go and look at a stonecutter hammering away at his rock perhaps a hundred times without as much as a crack showing in it. Yet at the hundred and first blow it would split in two, and I knew it was not that blow that did it, but all that had gone before.”

Jacob A. Riis

OLIVEIRA, M. V. T. **Avaliação das causas e consequências das patologias dos sistemas impermeabilizantes - um estudo de caso.** 2015. 78 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## **RESUMO**

Este trabalho tem como finalidade avaliar um caso de patologia de impermeabilização, a partir da apresentação das manifestações patológicas, da caracterização e quantificação das tratativas propostas. Com estes dados, elaboraram-se gráficos com o objetivo de evidenciar o acréscimo do custo em relação a época de intervenção, obtendo-se um aumento de 1.429,00% no estudo apresentado. Também mostrar a proporção de gastos com acabamentos e a impermeabilização, demonstrando-se a grande influência dos acabamentos na composição dos custos do tratamento. Neste estudo, constatou-se que estes acabamentos compuseram em 89% do custo total. Na referência bibliográfica, apresentou-se os mecanismos atuantes, a caracterização dos sistemas de impermeabilização e as patologias mais comuns. Concluiu-se a importância da impermeabilização para garantir a integridade de uma construção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perícias em Impermeabilização. Falhas de Impermeabilização. Patologias de Impermeabilização.

**OLIVEIRA, M. V. T. Evaluation of the causes and consequences of the pathologies of waterproofing systems – a case study.** 2015. 78 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

This work aims to assess a case of waterproofing pathology, from the presentation of the pathological manifestations, the characterization and quantification of negotiations proposals. With these data, graphs were elaborated with the purpose of emphasizing the cost increase from the time of intervention, to give an increase of 1,429.00 % in the presented study. Also show the proportion of spending on finishes and waterproofing, demonstrating the great influence of the finishes in the composition of the treatment costs. In this study, it was found that these finishes made up 89% of the total cost. In the bibliographic reference, presented to the active mechanisms, the characterization of waterproofing systems and the most common pathologies. It follows the importance of sealing to ensure integrity of a construction.

**KEYWORDS:** Expertise in Waterproofing. Waterproofing Failures. Waterproofing Pathologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Custo da impermeabilização em relação a data executada.....	13
Figura 2 – Representação do reservatório ( $H_{\text{limite água}} = 3,0 \text{ m}$ ).....	16
Figura 3 – Ação da pressão hidrostática na lateral do reservatório.....	16
Figura 4 – Ação da pressão hidrostática no fundo do reservatório.....	17
Figura 5 – Representação do processo de ascensão capilar em vigas baldrame sem impermeabilização.....	18
Figura 6 – Representação da pressão negativa.....	20
Figura 7 – Representação da pressão positiva.....	21
Figura 8 – Representação da pressão bilateral.....	21
Figura 9 – Representação da composição das mantas AA e PP.....	27
Figura 10 – Imprimação do substrato.....	30
Figura 11 – Aplicação da manta asfáltica.....	31
Figura 12 – Teste de estanqueidade.....	31
Figura 13 – Proteção mecânica da laje da cobertura.....	32
Figura 14 – Detalhe da sobreposição de mantas asfálticas.....	33
Figura 15 (a) – Detalhe da execução do ralo com manta asfáltica.....	33
Figura 15 (b) – Detalhe da execução do tubo emergente com manta asfáltica.....	34
Figura 16 – Detalhe da junta de dilatação.....	35
Figura 17 – Aplicação de manta asfáltica com maçarico.....	37
Figura 18 (a) e (b) – Aplicação da manta alumínio com maçarico.....	39
Figura 19 – Aplicação da manta autocolante alumínio.....	41
Figura 20 – Aplicação da membrana asfáltica à frio acima do estruturante.....	43
Figura 21 – Aplicação da membrana asfáltica à quente.....	45
Figura 22 – Aplicação da argamassa polimérica com broxa.....	45
Figura 23 – Utilização da tela de poliéster em tubulação emergente.....	45
Figura 24 – Comparativo do efeito do aditivo.....	46
Figura 25 – Aplicação da argamassa impermeável.....	47
Figura 26 – Aplicação do cimento impermeabilizante de pega ultrarápida.....	48
Figura 27 – Injeção do cristalizante em parede com umidade ascendente.....	51
Figura 28 – Análise gráfica das causas de patologias.....	52
Figura 29 – Processo de carbonatação.....	55
Figura 30 – Processo de corrosão na armadura exposta.....	57

Figura 31 – Processo de ataque biológico em junta de dilatação .....	57
Figura 32 – Cidade de Jundiaí (SP) .....	58
Figura 33 (a) e (b) – Fachada da torre e área interna do edifício garagem .....	59
Figura 34 – Detalhamento da avaliação técnica utilizada .....	61
Figura 35 – Detalhamento da avaliação financeira utilizada .....	61
Figura 36 (a) e (b)– Presença de umidade nos rodapés (Brinquedoteca).....	62
Figura 37 (a) e (b)– Presença de umidade nos rodapés (Espaço Teen e Hall) .....	63
Figura 38 (a) e (b) – Presença de umidade nos rodapés (Espaço Fitness) .....	63
Figura 39 – Ausência de impermeabilização das vigas baldrame (Espaço Teen, Brinquedoteca e Hall) .....	64
Figura 40 – Ausência de impermeabilização das vigas baldrame (Espaço Fitness) .....	64
Figura 41 (a) e (b) – Situações encontradas nos ambientes internos .....	65
Figura 42 – Proporção de custos do acabamento e impermeabilização .....	71
Figura 43 – Comparativo do custo da execução da impermeabilização nos baldrame com da tratativa da patologia .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos principais sistemas de impermeabilização .....	26
Tabela 2 – Parâmetros das mantas asfálticas segundo NBR 9952 (2007) .....	28
Tabela 3 – Características da argamassa polimérica.....	67
Tabela 4 – Custo total da aplicação dos acabamentos .....	68
Tabela 5 – Custo total da aplicação de argamassa polimérica .....	69
Tabela 6 – Custo total da tratativa .....	70
Tabela 7 – Custo total para realizar a aplicação devida na fase de obra.....	70
Tabela 8 – Resumo dos impermeabilizantes recomendados para cada situação .....	73

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
2.1	OBJETIVO GERAL .....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	15
3.1	ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES .....	15
<b>3.1.1</b>	<b>Definição e conceitos fundamentais dos fluidos</b> .....	15
<b>3.1.2</b>	<b>Origens das umidades nas estruturas</b> .....	19
<b>3.1.3</b>	<b>Ação da água por pressão</b> .....	20
3.2	APLICAÇÃO DE IMPERMEABILIZANTES .....	22
<b>3.2.1</b>	<b>Definição de impermeabilização</b> .....	22
<b>3.2.2</b>	<b>Projetos de impermeabilização</b> .....	22
<b>3.2.3</b>	<b>Seleção do sistema de impermeabilização</b> .....	24
3.3	CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	24
<b>3.3.1</b>	<b>Sistemas de impermeabilização flexível</b> .....	26
3.3.1.1	Manta asfáltica aderida com asfalto .....	29
3.3.1.2	Manta asfáltica aderida com maçarico .....	34
3.3.1.3	Manta alumínio (aderida com asfalto ou maçarico) .....	36
3.3.1.4	Manta autocolante .....	38
3.3.1.5	Membrana asfáltica à frio .....	39
3.3.1.6	Membrana asfáltica à quente .....	41
<b>3.3.2</b>	<b>Sistemas de impermeabilização rígido</b> .....	43
3.3.2.1	Argamassa polimérica .....	43
3.3.2.2	Argamassa impermeável (com aditivo hidrófugo) .....	46
3.3.2.3	Cimento impermeabilizante de pega ultrarápida .....	48
3.3.2.4	Bloqueador hidráulico (cristalizante) .....	50
3.4	PATOLOGIAS ASSOCIADAS AOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES .....	51
<b>3.4.1</b>	<b>Definições</b> .....	51
<b>3.4.2</b>	<b>Origens das patologias</b> .....	52
<b>3.4.3</b>	<b>Caracterização dos fenômenos relacionados as manifestações patológicas</b> .....	55
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	58
4.1	MATERIAL .....	58

4.2	MÉTODOS .....	60
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	62
5.1	RESULTADOS .....	62
5.1.1	<b>Apresentação da vistoria</b> .....	62
5.1.2	<b>Análise técnica da situação existente</b> .....	63
5.1.3	<b>Procedimento para execução dos serviços</b> .....	66
5.1.4	<b>Análise financeira da situação existente</b> .....	67
5.2	DISCUSSÕES .....	72
5.2.1	<b>Referência bibliográfica</b> .....	72
5.2.2	<b>Estudo de caso</b> .....	74
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	75
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	76

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente competição entre empresas do mercado imobiliário, associado à queda repentina da demanda, ocasionaram em uma alteração severa na postura das construtoras a fim de manter no mercado, a partir da inserção em um novo nicho de atuação e, na maioria das vezes, diminuindo os custos ao máximo para garantir uma taxa de ganho considerável.

Esta redução pode ser gerada por meio da utilização de novas tecnologias que industrializam o processo construtivo (utilização de pré-moldados, parede de concreto, entre outros) ou pela redução do cronograma (ocasionando, na maioria das vezes, a sobreposição de vários serviços ao mesmo tempo, aumentando as chances de erros) ou pela precarização dos serviços contratados (utilização de materiais de baixa qualidade). Assim, para as duas últimas medidas, a construtora torna-se mais suscetível a erros, conseqüentemente retrabalhos.

Segundo Venturi (2009) quanto maior o atraso para o planejamento e execução do processo de impermeabilização mais oneroso o mesmo ficará, chegando a custar até 15 vezes mais, quando é executado para remediar, como pode ser observado na figura 1.

Figura 1 – Custo da impermeabilização em relação à data executada.



Fonte: Adaptado de Arquitetura e construção (2005).

Assim, é fundamental a atenção, o planejamento e o acompanhamento dos serviços de impermeabilização, devido ao alto custo agregado para realizar as tratativas das suas patologias como infiltrações, por exemplo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Avaliação técnica e econômica das manifestações patológicas ocasionadas pela ausência e/ou falhas de execução na impermeabilização de obra residencial, na cidade de Jundiaí (SP).

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Definir os procedimentos operacionais dos principais sistemas de impermeabilização (manta asfáltica, cimento polimérico, argamassa elastomérica, cristalização, etc.) em construções residenciais e comerciais.

Listar as manifestações patológicas e patologias mais comuns nos sistemas de impermeabilização.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. ATUAÇÃO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

Segundo Queruz (2007), a água é um dos maiores causadores de patologias, de forma direta ou indireta, seja no estado de gelo, no líquido ou mesmo gasoso. Também conhecido como um agente de degradação ou como meio para a instalação de outros agentes.

##### 3.1.1. Definição e conceitos fundamentais dos fluidos

Segundo Fox (2006), define-se fluido como uma substância que se deforma continuamente sob a aplicação de uma tensão de cisalhamento (tangencial), não importa quão pequena ela seja.

Antes de iniciar o estudo dos sistemas de impermeabilização é fundamental compreender dois conceitos dos fluidos para entender o comportamento da água, que é o principal agente deste trabalho.

##### a) Teorema de Stevin:

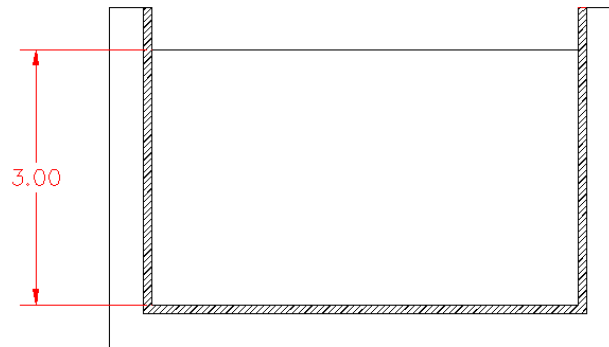
Segundo Brunetti (2005) baseia-se na diferença de pressão entre dois pontos de um fluido em repouso e é igual ao produto do peso específico do fluido pela diferença de cotas dos dois pontos.

A partir deste teorema, é possível obter a pressão exercida em um determinado ponto, que por sua vez é um dado fundamental para o dimensionamento dos sistemas de impermeabilização.

Segue-se abaixo um exemplo do uso do Teorema de Stevin na construção civil:

A figura 2 apresenta um reservatório preenchido com água, sendo aplicada resina acrílica termoplástica, conforme área hachurada, como impermeabilizante. Para selecionar o modelo adequado, necessita-se determinar a distribuição da pressão hidrostática nas laterais e no fundo do reservatório.

Figura 2 – Representação do reservatório (Hlimite água= 3,0 m).



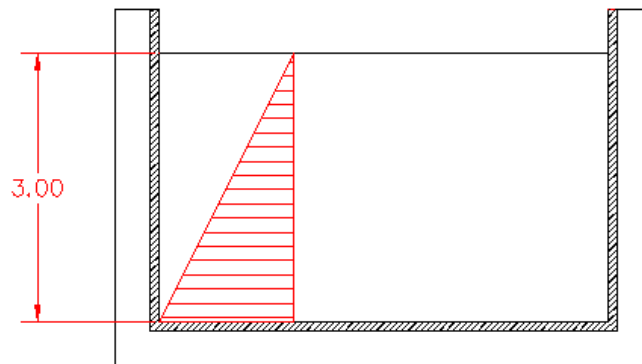
Fonte: Autor.

Por meio das equações abaixo, determina-se a máxima pressão hidrostática aplicada nas laterais do reservatório. Variando a altura, pode-se encontrar a distribuição hidrostática representada na figura 3.

$$P_{\text{lateral}} = \gamma_{\text{água}} \times H_{\text{água}} = 10 \times 3,00 = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Considerando } L_{\text{reservatório}} \text{ em } z = 1,0 \text{ m, assim } P_{\text{lateral}} = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Figura 3 – Ação da pressão hidrostática na lateral do reservatório.



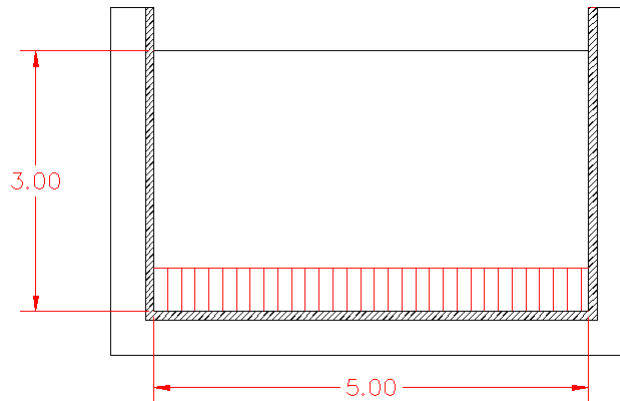
Fonte: Autor.

Por meio das equações abaixo, determina-se a máxima pressão hidrostática aplicada no fundo do reservatório e com a variação da altura, pode-se encontrar a distribuição hidrostática representada na figura 4.

$$P_{\text{fundo}} = \gamma_{\text{água}} \times H_{\text{água}} = 10 \times 3,00 = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Considerando } L_{\text{reservatório}} \text{ em } z = 1,0 \text{ m, assim } P_{\text{fundo}} = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Figura 4 – Ação da pressão hidrostática no fundo do reservatório.



Fonte: Autor.

b) Tensão Superficial:

Segundo Fox (2006), é sempre originada pelo contato de um líquido com outros líquidos ou gases, ou com uma superfície gás/sólido. Como nesse caso, uma interface se desenvolve agindo como uma membrana elástica esticada, exibindo duas características:

- Ângulo de contato  $\theta$  (°);
- Magnitude da tensão superficial  $\sigma$  (N/m ou lbf/ft).

Estas características dependem do tipo do fluido e do tipo de superfície de contato, seja sólida, líquida ou gasosa. No caso do ângulo de contato, também é afetado pela limpeza da superfície e a pureza do líquido.

Em engenharia, provavelmente o efeito mais importante da tensão superficial é a criação de um menisco curvo, causando a ascensão ou depressão capilar (FOX, 2006). Caso o líquido esteja em um tubo de diâmetro pequeno, as mísulas de um lado e outro lado se juntam, somando suas resultantes, ocasionando o efeito de capilaridade.

Fox (2006) menciona a equação abaixo para determinação da altura capilar:

$$\Delta h = \frac{4\sigma \cos \theta}{\rho g D}$$

Sendo,  $\Delta h$  = Altura capilar;

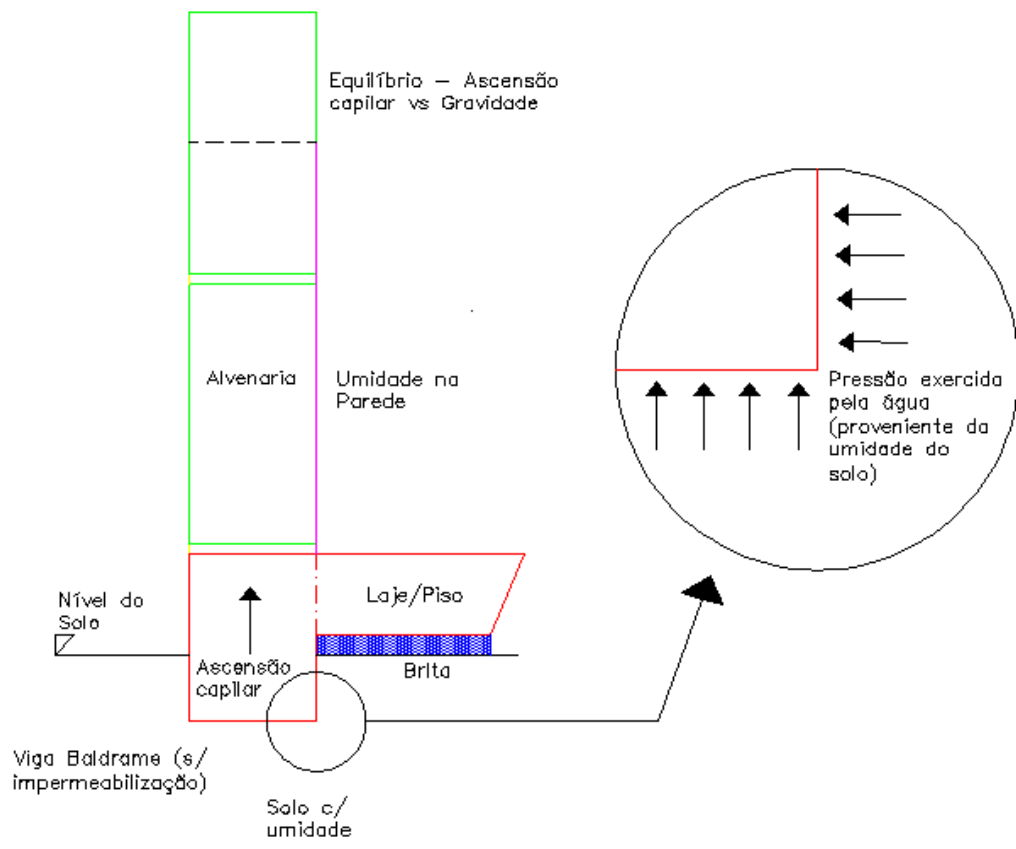
$\sigma$  = Magnitude da tensão superficial;

$\theta$  = Ângulo de contato;

$\rho$  = Peso específico;  
 $g$  = Aceleração da gravidade;  
 $D$  = Diâmetro do tubo capilar.

A figura 5 apresenta a ausência da impermeabilização de uma viga baldrame, ocasionando a ascensão da água por meio desta peça até atingir o equilíbrio.

Figura 5 – Representação do processo de ascensão capilar em vigas baldrames sem impermeabilização.



Fonte: Autor.

No caso de paredes de tijolos ou concreto, a umidade geralmente sobe até 70 a 75 cm. Em casos especiais, entretanto, pode alcançar alturas bem maiores (VERÇOZA, 1987).

### 3.1.2. Origem das umidades nas estruturas

A atuação da água em uma estrutura é devida a diferentes mecanismos, que estão definidos abaixo:

a) Umidade de infiltração:

Por meio de trincas, aberturas ou falhas de interfaces entre elementos (vedação insuficiente em caixilhos, por exemplo), há a percolação da água e, conseqüentemente, surge a umidade de infiltração.

Deve-se atentar que com o aumento da pressão de infiltração (vento, acréscimo da coluna d'água, etc.), há uma intensificação dos efeitos.

b) Umidade ascensional:

Por meio da capilaridade, a água percola pela descontinuidade dos materiais, como espaços ou poros (que atuam como pequenos canais), em sentido ascendente até atingir o equilíbrio. Este equilíbrio é atingido quando a resultante das somatórias das mísulas é igual à força da gravidade.

Na construção civil, esta umidade está ligada ao contato de um elemento (tijolos, concretos porosos, etc.) a um solo úmido, assim com o acréscimo nas precipitações, há uma intensificação da umidade ascensional.

c) Umidade por condensação:

Quando a temperatura de condensação é atingida, variando-se para cada grau de pressão e umidade atmosférica, o gás condensa-se em névoa e em seguida atinge o ponto de orvalho, assim surgindo o fenômeno de condensação.

A umidade por condensação ocorre em ambientes com uma alta taxa de concentração de umidade no ar e a existência de superfícies com temperatura de condensação (sempre com temperaturas inferiores ao do ambiente).

d) Umidade de obra:

Este tipo de umidade ocorre a partir dos próprios materiais que compõem a construção (alvenaria, madeira, argamassa, etc.), nos quais a água presente internamente se exteoriza devido a um equilíbrio estabelecido entre o material e o

ambiente. Um exemplo desta situação é a umidade retida em madeiras “verdes” (segundo Verçozza (1987), varia entre 15 a 40% de seu peso em água) que ocasiona o descolamento da pintura devido exteorização desta água do material.

e) Umidade acidental:

É ocasionada por vazamentos em sistemas de tubulação (águas pluviais e recalque, esgoto, gás), reservatórios ou canalizações. Este tipo de umidade está ligado diretamente com a idade destes elementos e o ciclo de manutenções preventivas, caso não seja realizado estas manutenções, há uma grande possibilidade do surgimento deste tipo de umidade.

### 3.1.3. Ação da água por pressão

Além da determinação da pressão hidrostática, também é preciso considerar outro aspecto para a escolha correta da impermeabilização:

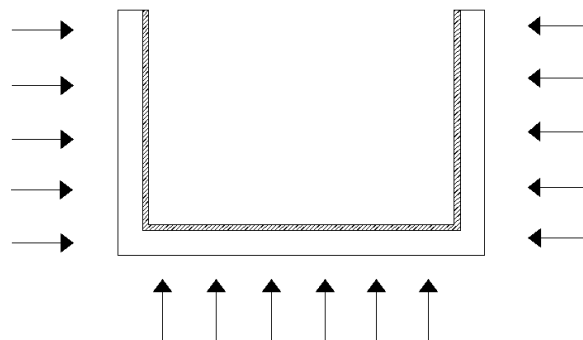
a) Pressão negativa:

A ABNT (2013) define água sob pressão negativa como sendo:

“Água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma inversa à impermeabilização.” (NBR 9575, 2013).

Na figura 6, encontra-se uma representação da pressão negativa atuando em um reservatório sob a ação de um lençol freático.

Figura 6 – Representação da pressão negativa em um reservatório sob ação de um lençol freático.



Fonte: Autor.

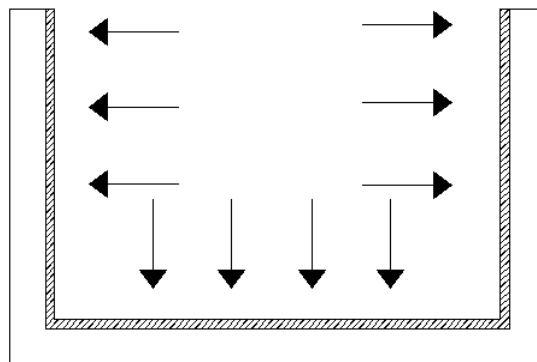
b) Pressão positiva:

A ABNT (2013) define água sob pressão positiva como sendo:

“Água confinada ou não, exercendo pressão hidrostática superior a 1 kPa de forma direta à impermeabilização.” (NBR 9575, 2013).

Encontra-se uma representação da pressão negativa atuando em um reservatório com água, conforme figura 7.

Figura 7 – Representação da pressão positiva em um reservatório com água.



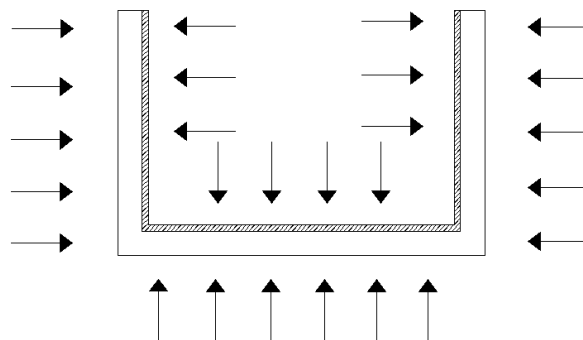
Fonte: Autor.

c) Pressão bilateral:

Esta pressão atuará de forma direta e indireta à impermeabilização, simultaneamente.

Na figura 8 é representada a pressão bilateral que atua em um reservatório com água sob a ação de um lençol freático.

Figura 8 – Representação da pressão bilateral em um reservatório.



Fonte: Autor.

## 3.2. APLICAÇÃO DE IMPERMEABILIZANTES

Na construção, há diversas aplicações para os sistemas de impermeabilização, por exemplo, piscinas, reservatórios, etc., assim é importante a presença de um projeto específico que descreva os detalhes construtivos para cada situação.

### 3.2.1. Definição de impermeabilização

Impermeabilização, segundo a NBR 9575 (2013), é um produto resultante de um conjunto de componentes e/ou elementos construtivos que tem a finalidade de proteger as construções contra a ação degradante dos fluídos, de vapores e da umidade. Geralmente, a impermeabilização é composta de um conjunto de camadas, com funções específicas.

### 3.2.2. Projetos de impermeabilização

Sendo um processo imprescindível para assegurar uma construção duradoura, a impermeabilização dispõe tanta importância quanto qualquer serviço básico, como instalações, estrutura, entre outros, assim requer a presença de um projeto específico para garantir a correta exequibilidade.

Segundo a NBR 9575 (2013), o projeto de impermeabilização é constituído de dois projetos que se complementam:

a) Projeto básico:

Fornece as informações gráficas e descritivas das soluções de impermeabilizações a serem adotadas, sendo executado durante a coordenação geral das atividades de projeto, compondo os documentos do projeto básico de arquitetura. Nesta etapa, há uma grande preocupação com a compatibilização com os demais projetos, a fim de equacionar as possíveis interferências. (NBR 9575, 2013).

b) Projeto executivo:

Fornece integralmente as informações gráficas e descritivas das soluções de impermeabilizações a serem adotadas numa dada construção, podendo ser executado

pós-liberação do projeto legal de arquitetura, mas antes do início da execução das fundações da construção. (NBR 9575, 2013).

De acordo com a NBR 9575:2013, o projeto executivo de impermeabilização deve ser feito de acordo:

a) Desenhos:

- Plantas de localização e identificação das impermeabilizações, bem como dos locais de detalhamento construtivo;
- Detalhes genéricos e específicos que descrevam graficamente todas as soluções de impermeabilização.

b) Textos:

- Memorial descritivo dos materiais e camadas de impermeabilização;
- Memorial descritivo de procedimentos de execução;
- Planilha de quantitativos de materiais e serviços;
- Metodologia para controle e inspeção dos serviços.

Complementando as prescrições da NBR 9575:2013, Souza e Melhado (1998), descrevem as principais informações necessárias em um projeto de impermeabilização:

- Os sistemas a serem adotados em cada uma das áreas;
- A espessura total do sistema de impermeabilização (incluindo-se a regularização);
- As alturas e espessuras necessárias dos eventuais rebaixos necessários na alvenaria para a execução dos rodapés;
- Desníveis necessários para a laje;
- Corte típico de cada sistema a ser empregado, identificando as camadas e suas respectivas espessuras mínimas e declividades;
- Lista com os pontos críticos dos demais projetos que possam comprometer o sistema de impermeabilização, juntamente com as justificativas e as alterações propostas.

Assim, com o intuito de garantir o bom desempenho da impermeabilização, deve-se associar a presença de projetos detalhados com um rigoroso controle de execução,

verificando se os procedimentos, materiais e detalhes utilizados atendem as especificações de projeto, bem como a sua preservação, a fim de garantir que a impermeabilização não seja danificada.

### **3.2.3. Seleção do sistema de impermeabilização**

Atualmente, há uma ampla gama de materiais e sistemas utilizados na impermeabilização, sendo necessário avaliar as condições de contorno (local de aplicação, solicitação aplicada, etc.) que permeiam cada caso, a fim de garantir a escolha adequada.

Segundo a NBR 9575 (2010), a escolha do tipo adequado de impermeabilização a ser empregado deve ser determinada segundo a solicitação imposta pelo fluido nas partes construtivas que requeiram estanqueidade, ocorrendo de quatro formas distintas, conforme a seguir:

- Imposta pela água de percolação;
- Imposta pela água de condensação;
- Imposta pela umidade do solo;
- Imposta pelo fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

Complementando as prescrições da NBR 9575:2013, podemos citar Sabbatini (2006), que além da solicitação imposta pelo fluido, considera a exposição ao sol, exposição a cargas, movimentação da base e extensão da aplicação como principais fatores para a escolha da impermeabilização adequada.

### **3.3. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO**

Na literatura, a abordagem dos sistemas de impermeabilização é separada em algumas classificações quanto as suas características físico-químicas (aderência e flexibilidade), composição e método de execução.

Inicialmente, serão apresentadas as classificações existentes para os materiais impermeabilizantes, segundo referências normativas e orientações de especialistas do ramo, sendo encontradas abaixo:

a) Aderência:

Podem ser classificados de acordo com a aderência (entre a impermeabilização e o substrato) em tipos aderido (totalmente fixado ao substrato por fusão do material impermeabilizante ou colagem de adesivos) e independente (ausência da fixação ao substrato para estruturas com grandes deformações).

b) Flexibilidade:

Segundo a NBR 9575 (2010), os tipos de impermeabilização devem ser classificados de acordo com a flexibilidade em tipos rígidos (comportamento rígido aplicado nas partes construtivas não sujeitas à movimentação) e flexíveis (comportamento flexível aplicado nas partes construtivas sujeitas à movimentação).

Alguns fabricantes classificam alguns impermeabilizantes em tipo semi-flexível devido a adição de elastômeros, garantindo uma maior flexibilidade comparado ao tipo rígido. Entretanto, não se recomenda a utilização em regiões sujeitas à fissuração.

c) Método de execução:

Podem ser classificados em relação ao método de execução em tipos produzidos in loco (grande parcela dos impermeabilizantes) e pré-fabricados (manta asfáltica, por exemplo).

d) Material:

Segundo Souza (1994) e Picchi (1984), os sistemas de impermeabilização podem ser classificados de acordo com a composição do material como: argamassas, cristalizantes, asfálticos e poliméricos.

Na tabela 1, são apresentadas as informações relacionais aos diferentes tipos de classificações dos sistemas de impermeabilização, mais comuns.

Tabela 1 – Classificação dos principais sistemas de impermeabilização.

CLASSIFICAÇÃO QUANTO				
SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO	à aderência	à flexibilidade	ao método de execução	ao material
com argamassa impermeáveis	aderente	Rígido	in loco	argamassa
com argamassa poliméricas	aderente	Rígido	in loco	argamassa
com bloqueadores hidráulicos	aderente	Rígido	in loco	cristalizante
com cimento de pega ultrarápida	aderente	Rígido	in loco	cristalizante
com membranas asfálticas	aderente	fléxivel	in loco	asfáltico
com mantas asfálticas	aderente ou independente	fléxivel	pré-moldado	asfáltico
com membrana acrílica	aderente	fléxivel	in loco	polimérico
com membrana de poliuretano	aderente	fléxivel	in loco	polimérico
com membrana polimérica	aderente	fléxivel	in loco	polimérico

Fonte: Stahlberg (2010).

### 3.3.1. Sistemas de impermeabilização flexível

Na construção civil, há uma grande utilização da manta asfáltica (independente do tipo, procedimento de execução), assim abaixo se encontra um estudo detalhado deste impermeabilizante.

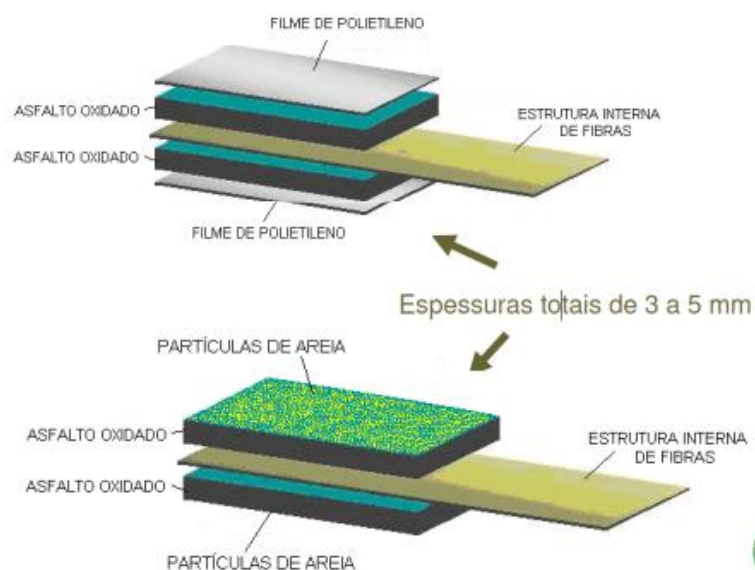
Segundo NBR 9952 (2007), é um produto pré-fabricado composto por asfalto como elemento predominante, reforçado com armadura com características definidas.

A manta asfáltica é construída a partir das seguintes camadas:

- Acabamentos superficiais;
- Asfalto oxidado;
- Estrutura interna.

A figura 9 exemplifica a construção de alguns tipos de mantas asfálticas.

Figura 9 – Representação da composição das mantas AA e PP.



Fonte: Cunha (2015).

No mercado, há uma variedade de tipos de mantas asfálticas com as mais diversas características (tipo de asfalto, resistência à tração, acabamentos superficiais, etc.), assim iremos classificar as mantas quanto às condições abaixo:

a) Tipo de asfalto utilizado:

Segundo a NBR 9952 (2007), são classificadas de acordo com a composição do asfalto utilizado em tipos elastoméricos (apresentam a adição de elastômeros em sua massa, usualmente é utilizado o SBS), plastoméricos (apresentam a adição de plastômeros em sua massa, usualmente é utilizado o APP) e oxidado (mantas de asfalto oxidado, policondensado, ou com a adição de uma mistura genérica de polímeros).

b) Resistência à tração e alongamento:

Segundo a NBR 9952 (2007), são classificadas de acordo com a tração e alongamento em tipos I, II, III e IV, e a flexibilidade a baixa temperatura em classes A, B e C, conforme indicado na tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros das mantas asfálticas segundo NBR 9952 (2007).

Ensaio	Unidade	Tipo				Método de ensaio	
		I	II	III	IV		
1. Espessura (mínimo)	mm	3 mm	3 mm	3 mm	4 mm	7.1	
2. Resistência à tração e alongamento - (longitudinal e transversal)	Tração (mínimo)	N	80	180	400	550	7.2
	Alongamento (mínimo)	%	2	2	30	35	
3. Absorção d'água – Variação em massa (máximo) <sup>6)</sup>	%	1,5	1,5	1,5	1,5	7.3	
4. Flexibilidade a baixa temperatura <sup>1), 5)</sup>	A	- 10	- 10	- 10	- 10	7.4	
	Classe B	°C	- 5	- 5	- 5		
	C		0	0	0		
5. Resistência ao impacto <sup>2)</sup> a 0°C (mínimo)	J	2,45	2,45	4,90	4,90	7.5	
6. Escorrimento (mínimo)	°C	95	95	95	95	7.6	
7. Estabilidade dimensional (máximo)	%	1%	1%	1%	1%	7.7	
8. Envelhecimento acelerado	Mantas asfálticas expostas <sup>3)</sup>	Os corpos-de-prova, após ensaio, não devem apresentar bolhas, escorrimento, gretamento, separação dos constituintes, deslocamento ou delaminação				ASTM G 154	
	Mantas asfálticas protegidas ou autoprotégidas <sup>4)</sup>					7.8	
9. Flexibilidade após envelhecimento acelerado <sup>5)</sup>	A	0	0	0	0	7.4	
	Classe B	°C	5	5	5		
	C		10	10	10		

Fonte: NBR 9952 (2007).

## c) Acabamentos superficiais:

As mantas asfálticas podem ter acabamento superficial dos seguintes tipos, por exemplo granular, geotêxtil, metálico, polietileno, areia de baixa granulometria, plástico metalizado (NBR 9952, 2007).

## d) Estruturante interno:

Podem ser classificadas em relação ao tipo de estrutura interna utilizada, por exemplo filme de polietileno, véu de fibra de vidro, não tecido de poliéster, tela de poliéster (RIGHI, 2007).

### 3.3.1.1. Manta asfáltica aderida com asfalto

#### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável;
- Camada de separação;
- Camada de proteção mecânica.

#### ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Asfalto oxidado ou modificado (plastomérico ou elastomérico);
- Papel kraft betumado ou filme de polietileno;
- Manta asfáltica (elastômericas, plastoméricas e economômicas);
- Proteção mecânica (armado ou não);
- Pintura anti-raíz (jardim);
- Feltro de lã de vidro, mástique, limitador de profundidade (junta de dilatação).

#### iii. Locais de aplicação:

- Recomendada para lajes externas, térreo, lajes de cobertura, jardins, varandas descobertas, piscinas e espelhos d'água.

#### iv. Procedimento executivo:

##### a) Camada de suporte:

Segundo NBR 9574 (2008), esta camada consiste em garantir o substrato a ser impermeabilizado firme, coeso e homogêneo, devendo estar limpo, seco, isento de corpos estranhos, restos de forma, pontas de ferragem, restos de produtos desmoldantes ou impregnados, falhas ou ninhos.

Elementos transpassantes ao substrato devem estar previamente fixados, ralos e tubulações “chumbados”.

Eventuais ninhos e cavidades que existam na estrutura, deverão ser preenchidos com argamassa.

b) Camada de regularização:

Segundo NBR 9574 (2008), deve-se garantir nas áreas horizontais uma declividade mínima de 1% em direção aos coletores; para calhas e áreas internas mínimo de 0,5%. Esta regularização é feita por uma argamassa de regularização com traço de 1:3 em volume, garantindo-se uma cura mínima prevista de 48 horas para realização da imprimação.

Segundo orientações de consultorias em impermeabilização, recomenda-se arredondar os cantos e arestas (verticais e horizontais) em meia cana e executar rebaixo na superfície ao redor das tubulações (para reforço na impermeabilização).

c) Pintura primária:

Inicia-se a limpeza do substrato, retirando-se todos os agregados soltos, bem como a poeira existente. Em seguida, aplica-se uma demão de primer com pincel rolo lã de carneiro sobre a superfície a ser impermeabilizada, aguardando 24 horas de secagem para a liberação da aplicação da manta asfáltica, conforme figura 10.

Figura 10 – Imprimação do substrato.



Fonte: Righi (2007).

d) Camada impermeável:

Segundo NBR 9574 (2008), devem-se desenrolar as bobinas, alinhando-as e rebobinando-as novamente, sobre o substrato a ser impermeabilizado. Ao longo da execução, aplicar uma demão de asfalto aquecido, com o uso de meada de fios de juta, no substrato imprimado (distância máxima de 1,0 m à frente da bobina). Este asfalto deve ser aplicado no substrato e face inferior da bobina, pressionando a manta do centro em direção às bordas de forma a expulsar eventuais bolhas de ar, conforme figura 11.

Figura 11– Aplicação da manta asfáltica.



Fonte: Autor.

e) Teste de estanqueidade:

Segundo NBR 9574 (2008), deve-se colocar barreiras na área impermeabilizada e ser executado o teste com lâmina d'água de 5 cm de espessura sobre o ponto mais alto de impermeabilização, com duração mínima de 72 horas, a fim de verificar a estanqueidade do sistema aplicado, conforme figura 12. Caso o sistema seja estanque, libera-se para a próxima etapa e se apresentar vazamentos, deve-se fazer o reparo do mesmo.

Figura 12 – Teste de estanqueidade.



Fonte: Autor.

f) Camada de separação:

Posiciona-se a camada separadora, seja ele papel Kraft betumado ou filme de polietileno, acima da camada impermeabilizante, a fim de impedir a conexão entre a impermeabilização e a proteção mecânica.

g) Camada de proteção mecânica:

Deve-se executar uma proteção mecânica sobre o sistema de impermeabilização, podendo utilizar cimento e areia ou concreto para sua composição dependendo do local de aplicação.

Para jardins, utiliza-se cimento e areia como proteção e sendo aplicada sob esta camada uma pintura anti-raíz.

Para locais de trânsito pesado, utiliza-se concreto armado com tela de aço soldada (Q92, por exemplo) com espessura mínima de 5 cm.

Para lajes inferiores, solário, acesso social, circulação de pedestres e lajes de cobertura, utiliza-se cimento e areia como proteção em quadros (normalmente, de 1,5 x 1,5 m) espaçados entre si (normalmente, 2 cm de espessura). Estas juntas perimetrais devem ser preenchidas com mástique asfáltico (areia e emulsão asfáltica), conforme figura 13.

Figura 13 – Proteção mecânica da laje da cobertura.



Fonte: Autor.

v. Detalhes construtivos:

- Sobreposição de mantas: segundo a NBR 9574 (2008), as sobreposições deverão ser no mínimo de 10 cm, executando o selamento das emendas através da aplicação de banho de asfalto, com o uso de meada de fios de juta (horizontal e vertical), conforme figura 14 (a) e (b).

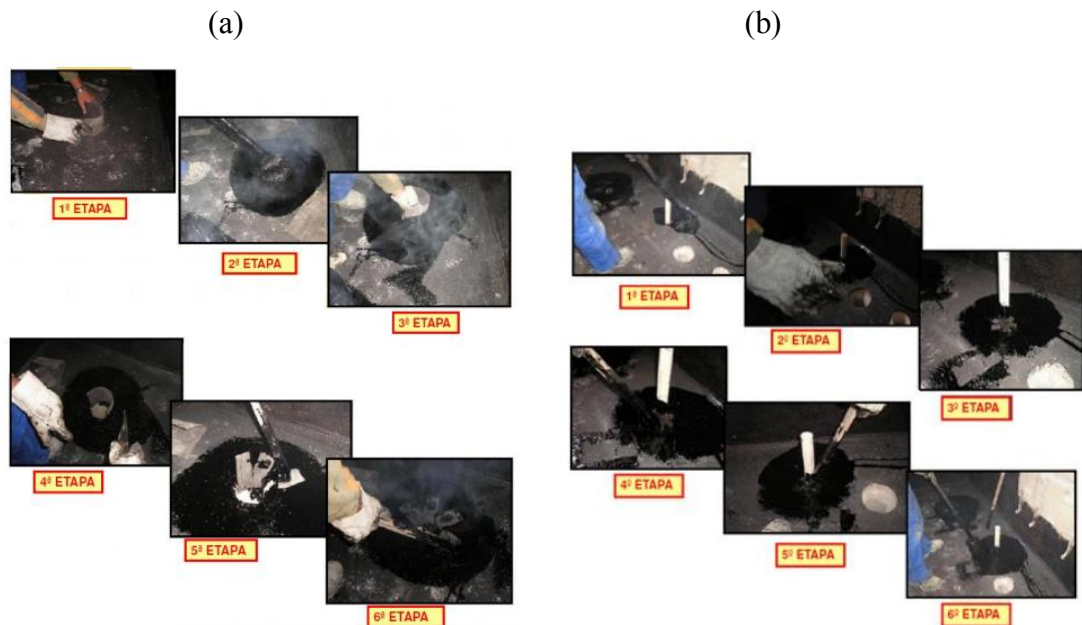
Figura 14 (a) e (b) – Detalhe da sobreposição de mantas asfálticas.



Fonte: Autor.

- Ralos: a partir de orientações de consultorias de impermeabilização, recomenda-se que a impermeabilização entre na superfície interna dos tubos de drenagem aproximadamente 10 cm, garantindo a perfeita aderência entre a manta e a tubulação, conforme figura 15 (a).
- Tubos emergentes: segundo orientações de consultorias de impermeabilização, recomenda-se que a manta asfáltica suba aproximadamente 20 cm na tubulação, garantindo a perfeita aderência entre a manta e a tubulação, conforme figura 15 (b).

Figura 15 (a) e (b) – Detalhes da execução do ralo e tubo emergente com manta asfáltica.



Fonte: Autor.

- Juntas de dilatação: é executada a partir de várias camadas, sendo que a 1º camada é sanfonaada dentro da junta e colocada lã de vidro sobre esta camada, em seguida aplicada outra faixa de manta sobre esta lã, conforme figura 16.

Figura 16 – Detalhe da junta de dilatação.



Fonte: Autor.

### 3.3.1.2. Manta asfáltica aderida com maçarico

#### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável;
- Camada de separação;
- Camada de proteção mecânica.

#### ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Papel Kraft betumado ou filme de polietileno;
- Manta asfáltica (elastômericas, plastoméricas e economômicas);
- Proteção mecânica (armado ou não);
- Pintura anti-raíz (jardim);
- Feltro de lã de vidro, mástique, limitador de profundidade (junta de dilatação).

iii. Locais de aplicação:

- Recomendada para lajes externas, térreo, lajes de cobertura, jardins, varandas descobertas, piscinas e espelhos d'água.

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

c) Pintura primária:

A execução da pintura primária deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item c.

d) Camada impermeável:

Segundo NBR 9574 (2008), devem-se desenrolar as bobinas, alinhando-as e rebobinando-as novamente, sobre o substrato a ser impermeabilizado. Ao longo da execução, direciona a chama do maçarico de forma a aquecer simultaneamente o substrato imprimado e a face de aderência da manta, pressionando a manta do centro em direção às bordas de forma a expulsar eventuais bolhas de ar, conforme figura 17.

Deve-se ter cuidado para que a intensidade não danifique a manta asfáltica (diminuição da espessura) e proporcione a adequada aderência da manta ao substrato.

Figura 17 – Aplicação de manta asfáltica com maçarico.



Fonte: Stahlberg (2010).

e) Teste de estanqueidade:

A execução do teste de estanqueidade deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item e.

f) Camada de separação:

A execução da camada de separação deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item f.

g) Camada de proteção mecânica:

A execução da camada de proteção mecânica deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item g.

### 3.3.1.3. Manta alumínio (aderida com asfalto ou maçarico)

i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável;

ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Asfalto oxidado ou modificado (plastomérico ou elastomérico);
- Manta asfáltica alumínio;

iii. Locais de aplicação:

- Recomendada para calhas, viga-calha, telhado, abóboda, marquise, beiral.

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1. item iv. sub item a.

b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

c) Pintura primária:

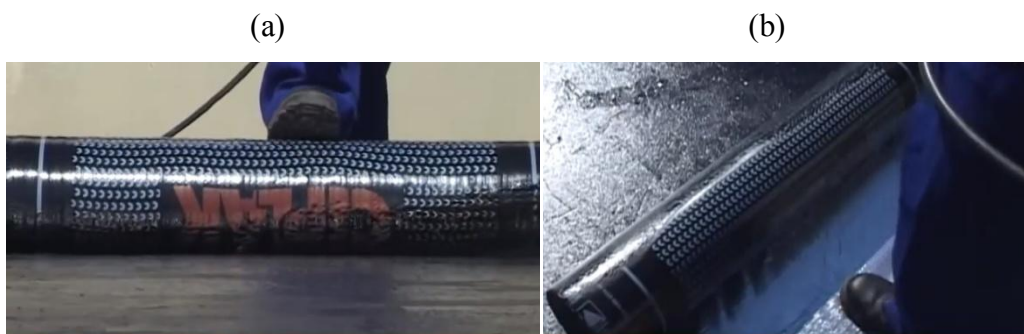
A execução da pintura primária deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item c.

d) Camada impermeável:

Segundo Ciplak (2015), inicialmente abre-se totalmente a primeira manta, deixando-a alinhada, e em seguida enrole-a novamente. Fixe a manta utilizando o sistema de aplicação com maçarico ou com asfalto derretido, desenrolando-a aos poucos, apertando bem para evitar bolhas ou enrugamentos, conforme figura 18 (a) e (b).

Recomenda-se aplicar a manta sempre no sentido contrário ao do caimento das águas (do ponto mais baixo para o mais alto).

Figura 18 (a) e (b) – Aplicação da manta alumínio com maçarico.



Fonte: <<http://www.ciplak.com.br/p/manta-aluminio>> acesso em: 20 out. 2015.

e) Teste de estanqueidade:

A execução do teste de estanqueidade deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item e.

### 3.3.1.4. Manta autocolante alumínio

#### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável.

#### ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Manta asfáltica autocolante.

#### iii. Locais de aplicação:

- Manta autocolante: recomendada para áreas frias tais como: banheiros, lavabos, cozinhas, áreas de serviço.
- Manta autocolante alumínio: recomendada para calhas, viga-calha, telhado, abóboda, marquise, beiral.

#### iv. Procedimento executivo:

##### a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

##### b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

##### c) Pintura primária:

A execução da pintura primária deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item c.

##### d) Camada impermeável:

Segundo a NBR 9574 (2008), deve-se remover o elemento antiaderente promovendo a adesão inicial ao substrato e continuar o processo removendo o filme e

aderindo a manta simultaneamente, conforme figura 19. Recomenda-se executar lentamente e ir pressionando do centro em direção às bordas de forma a expulsar eventuais bolhas de ar.

Figura 19 – Aplicação da manta autocolante alumínio.



Fonte: <[http://www.viapol.com.br/media/97303/ft-manta-autocolante-viapol-jan\\_2015.pdf](http://www.viapol.com.br/media/97303/ft-manta-autocolante-viapol-jan_2015.pdf)> acesso em: 10 out. 2015.

e) Teste de estanqueidade:

A execução do teste de estanqueidade deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item e.

### 3.3.1.5. Membrana asfáltica a frio

i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável;
- Camada de separação;
- Camada de proteção mecânica.

ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Membrana asfáltica a frio (emulsão asfáltica);
- Papel Kraft betumado ou filme de polietileno;
- Material estruturante (tela de poliéster, por exemplo);
- Proteção mecânica.

iii. Locais de aplicação:

- Recomendado em sacadas e floreiras, marquises e lajes de cobertura, áreas molhadas.

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

c) Pintura primária:

Inicia-se a limpeza do substrato, retirando-se todos os agregados soltos, bem como a poeira existente. Em seguida, aplica-se uma demão de primer com pincel rolo lã de carneiro sobre a superfície a ser impermeabilizada, aguardando 24 horas de secagem para liberação da membrana asfáltica.

d) Camada impermeável:

Segundo a NBR 9574 (2008), deve-se aplicar uma demão com rolo de lã de carneiro, trincha ou brocha, de forma homogênea e estender o estruturante com sobreposição mínima de 10 cm, aguardando a secagem, conforme figura 20. Em seguida, aplicam-se as demãos subsequentes, respeitando o tempo de secagem, até atingir o consumo recomendado e garantindo o total recobrimento do estruturante.

Viapol (2015) complementa o procedimento descrito na NBR 9574 (2008), recomendando-se que a aplicação da membrana asfáltica seja feita em sentido cruzado e assim sucessivamente.

Figura 20 – Aplicação da membrana asfáltica a frio acima do estruturante.



Fonte: <Google Imagens> acesso em: 15 out. 2015.

e) Teste de estanqueidade:

A execução do teste de estanqueidade deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item e.

f) Camada de proteção mecânica:

A execução da camada de proteção mecânica deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item f.

### 3.3.1.6. Membrana asfáltica a quente

i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Pintura primária;
- Camada impermeável;
- Camada de separação;
- Camada de proteção mecânica.

ii. Materiais empregados:

- Primer;
- Membrana asfáltica a frio (emulsão asfáltica);
- Papel Kraft betumado ou filme de polietileno;
- Asfalto oxidado ou modificado (plastomérico ou elastomérico);

- Material estruturante (tela de poliéster, por exemplo);
- Proteção mecânica.

iii. Locais de aplicação:

- Recomendado em sacadas e floreiras, marquises e lajes de cobertura, áreas molháveis como banheiros e cozinhas.

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

c) Pintura primária:

A execução da pintura primária deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item c.

d) Camada impermeável:

Segundo a NBR 9574 (2008), deve-se aplicar uma demão do asfalto aquecido com o uso de meada de fios de juta, em seguida estender o estruturante com sobreposição mínima de 10 cm aplicando sobre este as demãos necessárias de asfalto aquecido até a saturação do mesmo, conforme a figura 21. Caso haja mais um estruturante, repetir o processo.

Verçoza (1987) recomenda-se a aplicação de um maior número de camadas finas do que menor número de camadas grossas para obter uma dada espessura.

Figura 21 – Aplicação da membrana asfáltica a quente.



Fonte: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-i.aspx>> acesso em: 15 out. 2015.

e) Teste de estanqueidade:

A execução do teste de estanqueidade deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item e.

f) Camada de proteção mecânica:

A execução da camada de proteção mecânica deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item f.

### **3.3.2. Sistemas de impemeabilização rígido**

#### **3.3.2.1. Argamassa polimérica**

É um revestimento impermeabilizante composto por cimentos especiais e látex de polímeros, sendo aplicados sob a forma de pintura (com a broxa) ou de revestimento (com a desempenadeira), garantindo a estanqueidade sob a ação de pressões positivas e/ou negativas. Geralmente, é um sistema bi-componente (A+B), composto pelo componente A, que é uma mistura de cimento e agregados minerais, e um composto B, que é um componente polimérico. Há também sistema mono-componente no mercado.

i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada de regularização;
- Camada impermeável.

ii. Materiais empregados:

- Argamassa polimérica;
- Tela de poliéster ou poliestileno.

iii. Locais de aplicação:

- Recomendada para banheiros (área do box e todos os ralos), varandas cobertas (todos os ralos) e sauna úmida.

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

b) Camada de regularização:

A execução da camada de regularização deve estar de acordo com as recomendações capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item b.

c) Camada impermeável:

Segundo NBR 9575 (2010), a argamassa polimérica é constituída de agregados mineira inerte, cimento e polímeros, formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes. Considerado um material bi componente, constituído do componente A e B, sendo o componente em pó (cimento + agregados mineiras inertes) e a resina, deve ser misturados de forma homogênea, de forma manual ou mecânica, dissolvendo os possíveis grumos (atentando-se com o tempo de mistura limite, conhecido como *pot life*).

Segundo NBR 9574 (2008), pós a mistura, deve-se aplicar sobre o substrato as demãos em sentido em sentido cruzado da argamassa polimérica, com intervalos de 2 a 6 horas entre demãos, dependendo da temperatura ambiente, conforme figura 22.

Figura 22 – Aplicação da argamassa polimérica com broxa.



Fonte: Sayegh (2001).

Quando utilizado o reforço (em tela poliéster ou polietileno), esta deve estar posicionada após a primeira demão e ser totalmente recoberta pelas demãos subsequentes, conforme figura 23.

Figura 23 – Utilização da tela de poliéster em tubulação emergente.



Fonte: Stahlberg (2010).

Para áreas abertas ou sob ação solar, deve-se hidratar a argamassa polimérica por no mínimo 72 horas.

v. Detalhes construtivos:

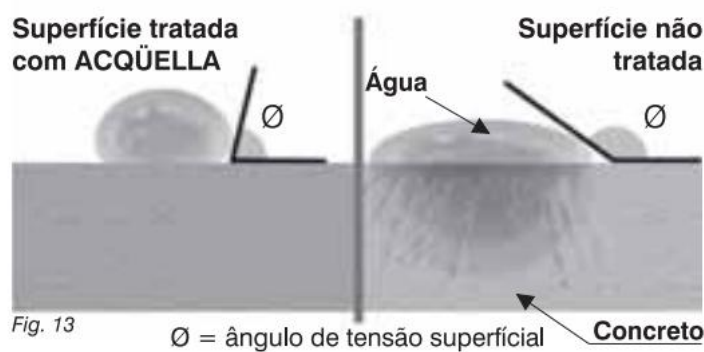
- Ralos: a partir de orientações de consultorias de impermeabilização, recomenda-se que a tela de poliéster “vire” dentro dos ralos aproximadamente 10 cm, garantindo a perfeita aderência.
- Tubos emergentes: segundo orientações de consultorias de impermeabilização, recomenda-se que a tela de poliéster suba aproximadamente 20 cm na tubulação, garantindo a perfeita aderência.
- Cantos: segundo orientações de consultorias de impermeabilização, recomenda-se a aplicação da tela de poliéster nestas regiões.

### 3.3.2.2. Argamassa impermeável (com aditivo hidrófugo)

Segundo a NBR 9575 (2010), é um tipo de impermeabilização não industrializada aplicada em substrato de concreto ou alvenaria, constituída de areia, cimento, aditivo hidrófugo e água formando um revestimento com propriedades impermeabilizantes.

Estes aditivos hidrófugos reagem com a cal livre do cimento formando sais cálcios insolúvel (ação química), reduzindo o ângulo de tensão superficial dos poros do substrato, conforme a figura 24 (VEDACIT, 2015).

Figura 24 – Comparativo do efeito do aditivo.



Fonte: Vedacit (2015).

#### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada impermeável.

#### ii. Materiais empregados:

- Argamassa impermeável (com aditivo hidrófugo).

#### iii. Locais de aplicação:

- Recomendada em pisos em contato com o solo, paredes de encosta, subsolos, muros de arrimo.

#### iv. Procedimento executivo:

##### a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

b) Ponte de aderência:

Segundo a NBR 9574 (2008), o substrato deve ser umedecido e receber uma camada de chapisco, composto de cimento e areia, no traço de 1:3, atuando como ponte de aderência.

Este chapisco tem como finalidade de proporcionar uma ancoragem adequada da argamassa e o substrato. Segundo Vedacit (2015), recomenda-se adicionar resina sintética na água, no traço de 1:2 para intensificar esta aderência.

Recomenda-se um tempo de cura mínimo de 24 horas para liberar a aplicação da argamassa impermeável. Também, é interessante arredondar os cantos, em formato de meia-cana.

c) Camada impermeável:

Segundo a NBR 9574 (2008), recomenda-se a aplicação da argamassa impermeável de forma contínua, com espessura de 30 mm, sendo a aplicação em camadas sucessivas de 15 mm, evitando-se a superposição das juntas de execução. A primeira camada deve ter acabamento sarrafeado, a fim de oferecer superfície de ancoragem para camada posterior, à próxima camada deve ter acabamento desempenado por questões estéticas, conforme figura 25. Recomenda-se que a argamassa seja adensada manualmente contra a superfície para minorar o índice de vazios.

As duas camadas devem ser executadas no mesmo dia, caso contrário, a última camada deve ser precedida de chapisco. Caso haja uma interrupção da execução, a junta deve ser previamente chanfrada e chapiscada.

Figura 25 – Aplicação da argamassa impermeável.



Fonte: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/legislacao/nova-norma-de-argamassa-impermeavel-entra-em-vigor-262284-1.aspx>> acesso em: 10 nov. 2015.

### 3.3.2.3. Cimento impermeabilizante de pega ultrarápida

Segundo o IBI (1995), são formados por dois tipos de cimentos especiais com aditivos minerais, com tempo de pega acelerado, utilizados em conjunto com o líquido selador, que aplicados sequencialmente, ocasionam no tamponamento da porosidade da estrutura, suportando altas pressões hidrostáticas negativas, conforme figura 26.

Segundo Sika (2008), o aditivo de pega ultrarápida é uma solução aquosa de silicato modificado, quando misturado com a água e o cimento, que é um produto de alta alcalinidade, transforma-se em hidrosilicato, que tem como principais características ser um cristal insolúvel em água, que preenche os poros da argamassa.

Figura 26 – Aplicação do cimento impermeabilizante de pega ultrarápida.



Fonte: Adaptado de Denver (2008).

#### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada impermeável.

#### ii. Materiais empregados:

- Cimento impermeabilizante de pega ultrarápida (A+B+Líquido Selador);
- Componente A: Material de base cimentícia, minerais e aditivos, com pega rápida;
- Componente B: Cristalizante ultrarápido, com início de pega em 7 segundos e endurecimento em até 90 segundos, isento de cloretos;
- Líquido Selador: Selador mineral, à base de silicatos.

iii. Locais de aplicação:

- Recomendado em áreas sujeitas à pressão hidrostática negativa proveniente do lençol freático, como: solos, reservatórios de água e piscinas, túneis, silos enterrados, poços de elevador, galerias, etc. (VIAPOL, 2015).

iv. Procedimento executivo:

a) Camada de suporte:

A execução da camada de suporte deve estar de acordo com as recomendações do capítulo 3.3.1.1. item iv. sub item a.

Obrigatoriamente, deve haver a presença de água.

b) Camada impermeável:

Será executado a partir do tratamento especial hey'di, que é o resultado de aplicações sucessivas de 03 componentes (A+B+Líquido Selador). Este procedimento é descrito pela Viapol (2015) abaixo:

Inicialmente, deve-se estancar e vedar as infiltrações/vazamentos com o cristalizante ultrarápido, logo após misturar o componente A com água, com proporção 2:1 em volume, até apresentar uma consistência fluída (com moderada viscosidade) e realizar uma demão com este material na região a ser tratada (com uma trincha).

Imediatamente, sobre a camada do componente A ainda úmida, esfregar o cristalizante ultrarápido a seco sobre a superfície tratada, forte e repetida vezes, até que se forme uma camada fina de cor escura e uniforme. Este processo é repetido até que esta região encontre-se estanque.

Por fim, em seguida, aplicar uma demão do líquido selador até que a superfície fique brilhante. A última etapa é a aplicação de duas demãos do componente A, a primeira sobre o líquido selador, ainda brilhante, a segunda após 20 minutos (em sentido cruzado à primeira).

Caso ainda continue algum ponto de infiltração, deve-se retirar a impermeabilização realizada e executar novamente.

#### 3.3.2.4. Bloqueador hidráulico (cristalizante)

Segundo o IBI (1995), define-se como líquidos de base mineral que, injetados em estruturas de concreto ou alvenaria de tijolos maciços, penetram por osmose nos capilares da estrutura, formando um gel que se cristaliza, incorporando ao elemento compostos cristalinos estáveis e insolúveis, assim bloqueando a passagem da água.

##### i. Camadas constituintes:

- Camada de suporte;
- Camada impermeável (injeção).

##### ii. Materiais empregados:

- Líquidos de base mineral.

##### iii. Locais de aplicação:

- Recomendada em áreas sujeitas à infiltração por lençol freático e infiltrações de contrapressão, por exemplo, poços de elevadores, reservatórios enterrados, etc.

##### iv. Procedimento executivo:

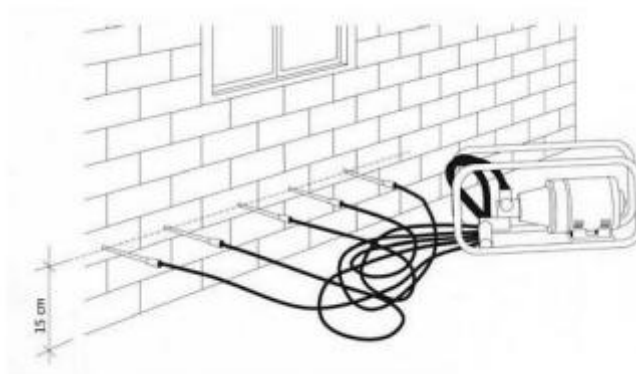
###### a) Camada de suporte:

Segundo Abatte (2003), inicia-se com a remoção dos acabamentos na área a ser tratada (reboco, por exemplo), desde o piso até a altura de 1 m. Em seguida, executam-se duas linhas de furos (com inclinação de 45°) intercaladas entre si, sendo a primeira a 10 cm do piso e a segunda a 20 cm.

###### b) Camada impermeável (injeção):

Com a saturação destes furos, injeta-se o impermeabilizante por gravidade, sem a necessidade de pressão, percolando através do processo osmótico, conforme figura 27.

Figura 27 – Injeção do cristalizante em parede com umidade ascendente.



Fonte: Abatte (2003).

### 3.4. PATOLOGIAS ASSOCIADAS AOS SISTEMAS IMPERMEABILIZANTES

#### 3.4.1. Definições

Comumente, há uma compreensão errônea do conceito de patologia, atribuindo os efeitos de uma ocorrência (umidade, trincas, etc.) o que efetivamente é a manifestação patológica. Assim, define-se patologia e manifestação patológica abaixo:

a) Patologia:

Segundo Silva (2011), a patologia é uma ciência que estuda e procura explicar os mecanismos de degradação, anomalias ou problemas, de uma construção. Estes mecanismos podem ser ocasionados na concepção do projeto (ausência de detalhes), durante a execução da obra (má execução, material inadequado, etc.) ou mesmo ao longo da sua vida útil (ausência de manutenções preventivas).

Sucintamente, a patologia é a causa/motivo de uma determinada ocorrência.

b) Manifestação patológica:

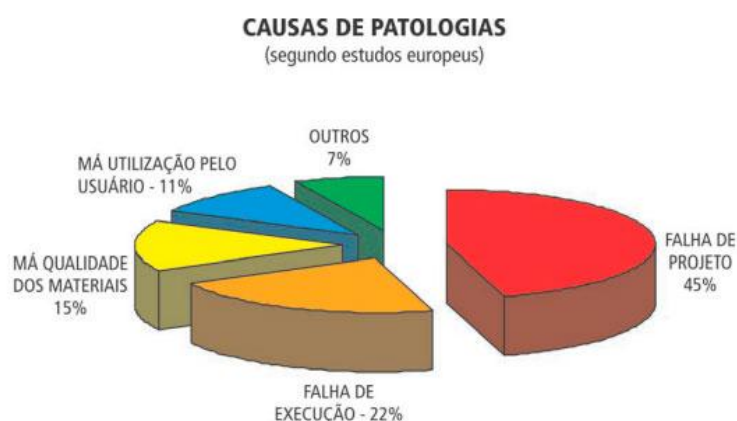
Manifestação patológica, segundo Silva (2011), é a expressão resultante de um mecanismo de degradação (eflorescências, fissuras, etc.).

Sucintamente, a manifestação patológica é o efeito de uma determinada ocorrência.

### 3.4.2. Origens das patologias

IBAPE-RS (2013) menciona um estudo europeu, realizado na década de 70, sobre a origem das patologias mais comuns: falha de projeto, falha de execução, má qualidade dos materiais, má utilização pelo usuário, outros, em ordem decrescente. Este resultado é mostrado graficamente, conforme figura 28.

Figura 28 – Análise gráfica das causas de patologias.



Fonte: <<http://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>> acesso em 12 out. 2015.

No Brasil, Yoshimoto (1986) realizou uma pesquisa sobre os problemas patológicos encontrados em 36 conjuntos habitacionais, visitando um total de quase 500 habitações, entre casas e apartamentos. Este estudo verificou patologias referentes à umidade, trincas e deslocamentos de revestimentos.

Yoshimoto (1986) conclui que a maior parcela de patologias presentes está associada à umidade; as origens destas patologias são devidas a deficiência de projetos ou má execução de obras; cita também sobre o cuidado quanto os pequenos detalhes construtivos.

Através destas referências literárias, dividem-se as origens das patologias de impermeabilização em três grupos:

a) Concepção do projeto:

Segundo Moraes (2002), as origens das patologias associadas a projetos podem ser: pela ausência do projeto de impermeabilização, especificação inadequada de

materiais, falta de dimensionamento, previsão do número de coletores pluviais para escoamento d'água, interferência de outros projetos na impermeabilização, falta de previsão de desnível junto à soleira, em função da planta baixa do terraço apresentar apenas uma cota indicando o nível da área externa, ausência do isolamento térmico.

Complementa-se que a ausência dos detalhes construtivos, que ilustram condições específicas (presença de tento compensador, por exemplo), ocasiona em falhas no sistema de impermeabilização, conseqüentemente a perda da estanqueidade.

b) Execução:

Podem ser ocasionados devido a dois pontos principais: falhas na execução, devido a um procedimento executivo inadequado, e a qualidade dos materiais. Abaixo serão detalhados estes dois pontos:

Segundo Godóy e Barros (1997 apud Moraes 2002), destacam as principais origens das patologias devido à má execução:

- Falta de argamassa de regularização que ocasiona a perfuração da impermeabilização;
- Não arredondamento de cantos e arestas;
- Execução da impermeabilização sobre a base úmida, no caso de aplicações de soluções asfálticas, comprometendo a aderência e podendo gerar bolhas que ocasionarão deslocamento e rupturas da camada de impermeabilização;
- Execução da impermeabilização sobre base empoeirada, comprometendo a aderência;
- Juntas travadas por tábuas ou pedras, com cantos cortantes que podem agredir a impermeabilização;
- Uso de camadas grossas na aplicação da emulsão asfáltica, para economia de tempo, dificultando a cura da emulsão;
- Falhas em emendas;
- Perfuração de mantas pela ação de sapatos com areia, carrinhos entre outros.

Verçoza (1987) também cita que as maiorias das falhas construtivas estão nos rodapés (ausência ou altura menor do que 20 cm; ausência da meia cana), nas juntas de dilatação e nas bocas de ralos ou outros encanamentos (ausência da “virada” da

impermeabilização dentro dos ralos e encanamentos; falha na aderência entre o ralo e o material impermeabilizante).

c) Utilização e manutenção:

Segundo Cantu (1997 apud Moraes, 2002), destacam as principais origens das patologias devido à má utilização e/ou manutenção:

- Danos causados na obra em função da colocação de peso excessivo (entulho e equipamentos) e trânsito de pessoas sem a presença da proteção mecânica;
- Perfuração da impermeabilização, sem qualquer reparo, após a instalação de antenas, varais, grades e outros (em conjunto da aplicação do rodapé protetor);
- Troca de pisos e azulejos;
- Instalação de floreiras na cobertura de modo a possibilitar a penetração de água por cima do rodapé impermeabilizado.

IBI (2009) menciona sobre as providências necessárias para a manutenção do sistema de impermeabilização, sendo exercidas pelos usuários do imóvel:

- Executar inspeções periódicas;
- Evitar perfurações sem um posterior reparo;
- Executar limpeza interna nos reservatórios;
- Reparar vazamentos de tubulações furadas ou rachadas;
- Executar limpeza de ralos para evitar o entupimento;
- Quando houver a troca de revestimentos, cuidar para não haver ruptura da impermeabilização;
- Cuidar os ralos para evitar quebras;
- Executar reparo das fissuras de movimentação;
- Evitar o entupimento do sistema de drenagem.

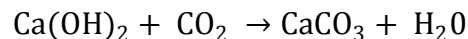
### 3.4.3. Caracterização dos fenômenos relacionados às manifestações patológicas:

As patologias dos sistemas de impermeabilização manifestam-se, normalmente, através dos fenômenos, de natureza química, eletroquímica e biológica. Em seguida, serão caracterizados estes fenômenos:

a) Carbonatação:

No concreto armado, ocorre através da reação química entre o anidrido carbônico ( $\text{CO}_2$ ) proveniente da atmosfera, em conjunto do hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) presente dentro dos poros do concreto, há a formação do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que ocasiona no processo de carbonatação do concreto. Este fenômeno causa uma redução do pH de 13,5-12,5 para  $< 9,0$ , conseqüentemente a alteração do meio básico para ácido.

Encontra-se abaixo a reação química de carbonatação no interior dos elementos de concreto armado:



Caso haja a percolação da água no interior do concreto, há o surgimento de eflorescências na superfície, ocasionadas pela lixiviação do hidróxido de cálcio, presentes nos poros do concreto, até a superfície e posteriormente, a reação entre o hidróxido de cálcio com o gás carbônico, formando o carbonato de cálcio, conforme figura 29. Este fenômeno é conhecido como eflorescência, sendo uma formação de sais nas superfícies dos elementos, intensificando o processo de corrosão da armadura, conseqüentemente o deslocamento do cobrimento da região afetada.

Figura 29 – Processo de carbonatação.



Fonte: Ferreira (2005).

Este fenômeno também é apresentado em situações de umidade ascensional, ocasionada pela lixiviação de sais presentes no solo, concreto e/ou alvenaria, sendo manifestado pelo surgimento de manchas na pintura, deslocamento do reboco, etc.

Verçoza (1987) exemplifica os principais sais causadores de eflorescências: nitratos alcalinos (cristais brancos, vitrificados, volumosos), carbonato de cálcio (pó branco), sulfatos (névoa esbranquiçada), sais de ferro (cor ferruginosa), sulfoaluminato de cálcio (crosta esbranquiçada).

Verçoza (1987) define a criptoflorescência como sendo as formações salinas com grandes cristais, que se fixam no interior da própria parede ou estrutura. Estas formações apresentam as mesmas causas e mecanismos que as eflorescências.

Este fenômeno é manifestado pela desagregação dos materiais, principalmente na camada superficial, e o surgimento de fissuras. Normalmente, é causado pelo sulfato e com a presença de água, ocasiona o aumento volumétrico e conseqüentemente o acréscimo da pressão interna.

b) Corrosão:

Segundo Righi (2007), é um fenômeno de natureza eletroquímica, em que a presença de água, conduz a formação de óxido de ferro hidratado ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ). Este fenômeno é só ocorre nas seguintes condições:

- Deve existir um eletrólito (representado pela água);
- Deve existir uma diferença de potencial (obtido pela tração nas barras de aço);
- Deve existir oxigênio.

Segundo Souza e Ripper (2009), este fenômeno ocasiona a troca de seção de aço resistente por óxido de ferro hidratado, ou seja, a diminuição da capacidade resistente da armadura pela diminuição da área de aço, conforme figura 30. Através desta troca, surgem outros mecanismos de degradação de estrutura:

- Perda de aderência entre o aço e o concreto;
- Desagregação da camada de concreto envolvente da armadura, ocasionado pela pressão exercida do óxido sobre o concreto, na ordem de 15 MPa, sendo suficiente para fraturar o concreto;
- Fissuração devida a continuidade do processo de desagregação do concreto.

Figura 30 – Processo de corrosão na armadura exposta.

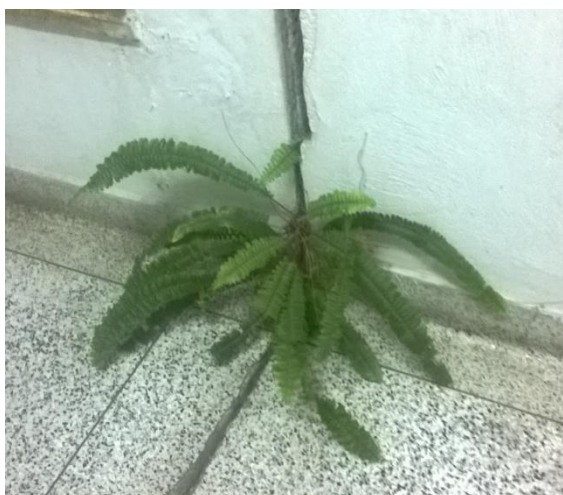


Fonte: Autor.

c) Ação biológica:

Através da presença de fungos vegetais, plantas cujas raízes, penetram as fissuras, aberturas ou aderem ao substrato úmido, ocasionando o escurecimento da região afetada e posteriormente a desagregação, nas alvenarias, e corrosão da estrutura interna devido a ação das enzimas ácidas, conforme figura 31.

Figura 31 – Processo de ataque biológico em junta de dilatação.



Fonte: Autor.

É evidente que a água é o principal causador das manifestações descritas, ocasionando uma diminuição da vida útil da estrutura pela deterioração dos materiais afetados. Assim, a impermeabilização tem uma grande importância para impedir a ação da água na construção e conseqüentemente, evitar estas manifestações.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

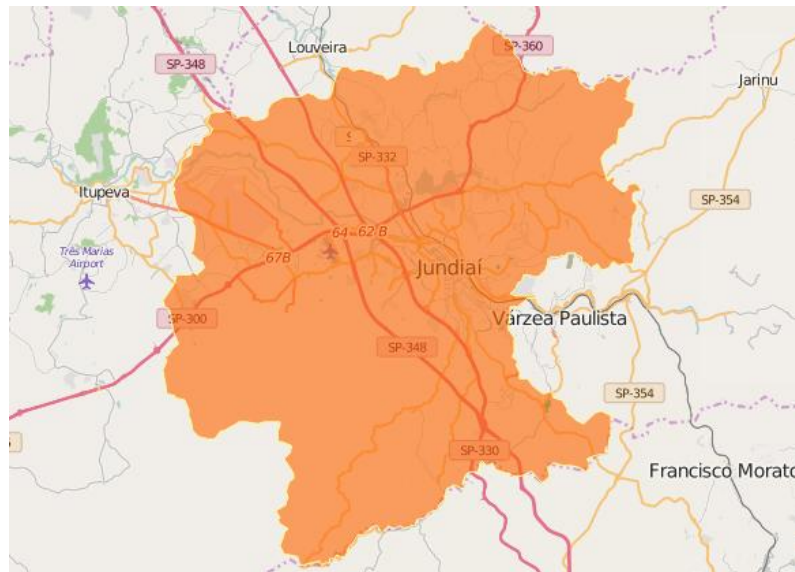
### 4.1. MATERIAL

Neste trabalho, realizou-se a coleta de dados em um empreendimento residencial localizado na cidade de Jundiaí (SP).

#### a) Descrição da cidade:

Segundo IBGE (2015), Jundiaí é um município do estado de São Paulo localizado a 23°11'11" de latitude sul e 46°53'03" de longitude oeste, a uma altitude de 761 metros, distando 57,7 quilômetros da capital do estado, conforme figura 32. Com uma área de 431,207 km<sup>2</sup> com 370.126 habitantes.

Figura 32 – Cidade de Jundiaí (SP).



Fonte: IBGE (2015).

#### b) Descrição do empreendimento:

Trata-se de um empreendimento residencial de padrão emergente localizado próximo a rodovia Anhanguera, apresentando as principais características construtivas desta construção abaixo:

Características gerais:

- Número de torres – 02 un.;

- Número de pavimentos tipo – 18 un. por torre;
- Total de apartamentos por pavimento tipo – 08 un.;
- Área privativa – 51 a 60 m<sup>2</sup>;
- Áreas comuns – Brinquedoteca, Playground, Espaço Teen, Salão de Jogos, Salão de Festas, Espaço Fitness, Espaço Gourmet, Quadra Recreativa, Redário, Piscina, Churrasqueira e forno de pizza.
- Número de sobressolos (garagem) – 03 un.

#### Métodos construtivos:

- Fundação – Hélice Contínua;
- Sistema de contenção – Perfil metálico + Sistrel;
- Estrutura – Estrutura de concreto armado convencional;
- Alvenaria – Bloco de concreto utilizado nas paredes externas e internas;
- Utilizado sobressolo para construção do edifício garagem.
- Impermeabilização – Manta asfáltica, argamassa elastomérica, resina acrílica, cimento de pega ultra rápida.

#### Acabamentos:

- Torre – área interna: revestimento cerâmico, laminado e vinílico, gesso e dry-wall;
- Torre – área externa: emboço com textura rolada, conforme figura 33 (a);
- Edifício Garagem – área interna: bloco frisado com pintura em cal e latéx, conforme figura 33 (b);
- Edifício Garagem – área externa: bloco frisado com textura rolada.

Figura 33 (a) e (b) – Fachada da torre e área interna do edifício garagem.

(a)



(b)



## 4.2. MÉTODOS

Na primeira etapa, realizou-se um levantamento das informações através de uma pesquisa bibliográfica, sendo composta por dissertações, normas, livros, manuais técnicos, entre outros. Esta etapa teve como objetivo buscar conceitos e dados técnicos relacionados aos sistemas de impermeabilização, como por exemplo:

- Definições;
- Mecanismos atuantes;
- Tipos de impermeabilizantes, detalhando os procedimentos executivos;
- Patologias e manifestações relacionadas a impermeabilização, tratando as mais comuns.

A partir desta revisão, utilizou-se estes fundamentos como base para a avaliação patológica realizada no estudo de caso presente.

Posteriormente a referência bibliográfica, aborda-se um estudo de caso de patologia de impermeabilização encontrado em um edifício residencial, sendo realizada uma análise técnica e financeira, como detalhada abaixo:

### a) Avaliação técnica:

Inicialmente, realizou-se uma vistoria técnica no local, fotografando as manifestações patológicas presentes. Em seguida, analisou-se os projetos de impermeabilização, verificando os seguintes itens:

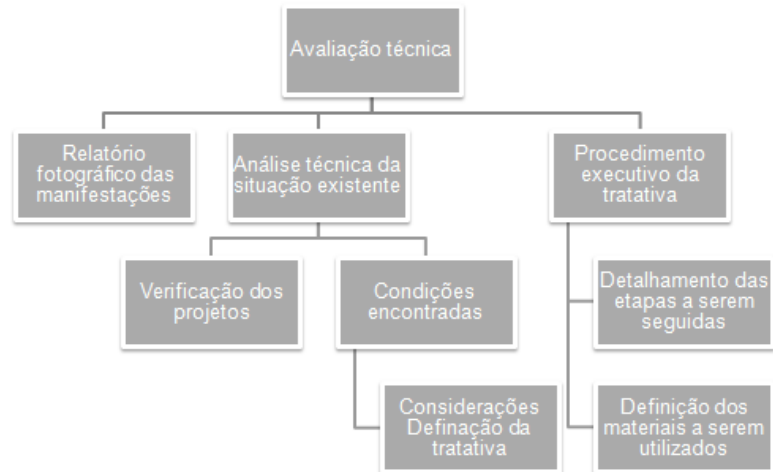
- Presença de impermeabilização no local;
- Sistema de impermeabilizante utilizado, se houver;
- Presença de detalhes construtivos, se houver.

Com estes dados, determina-se condições e causas para cada região afetada, definindo-se e detalhando a tratativa necessária. Este detalhamento divide-se em:

- Descrição das etapas a serem cumpridas;
- Materiais a serem utilizados.

Na figura 34, consta-se o procedimento utilizado para a avaliação técnica neste estudo.

Figura 34 – Detalhamento da avaliação técnica utilizada.



Fonte: Autor.

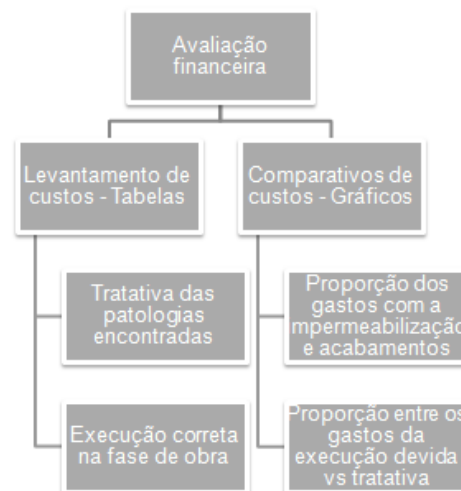
b) Avaliação financeira:

Após a determinação do sistema de impermeabilização a ser utilizado, realizou-se a composição de custo desta tratativa, incluindo os acabamentos refeitos, e da execução correta na fase de obra. Logo após, fez-se dois comparativos, em termos gráficos:

- Proporção de custos com o acabamento e impermeabilização da tratativa;
- Gastos com a execução devida comparado a tratativa.

Na figura 35, consta-se o procedimento utilizado para a avaliação financeira neste estudo.

Figura 35 – Detalhamento da avaliação financeira utilizada.



Fonte: Autor.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. RESULTADOS

#### 5.1.1. Apresentação da vistoria

Após a realização de vistoria “in loco” constatou-se a presença de umidade nos rodapés, variando entre 30 cm a 1,2 m de altura, em todo o entorno dos seguintes ambientes:

- Brinquedoteca, conforme figura 36 (a) e (b);
- Espaço Teen, conforme figura 37 (a);
- Hall social, conforme figura 37 (b);
- Espaço Fitness, conforme figura 38 (a) e (b).

Devido a essa umidade, ocasionou-se no surgimento de algumas manifestações patológicas, como por exemplo, a degradação do gesso e dry-wall, manchas e/ou descolamento da pintura e o apodrecimento dos rodapés e bancadas presentes nas áreas afetadas, sejam internas e/ou externas.

Figura 36 (a) e (b) – Presença de umidade nos rodapés (Brinquedoteca).

(a)

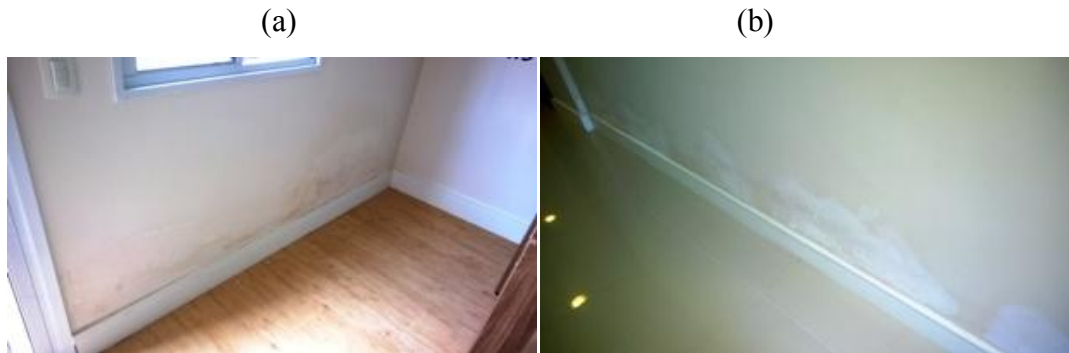


(b)



Fonte: Autor.

Figura 37 (a) e (b) – Presença de umidade nos rodapés (Espaço Teen e Hall).



Fonte: Autor.

Figura 38 (a) e (b) – Presença de umidade nos rodapés (Espaço Fitness).

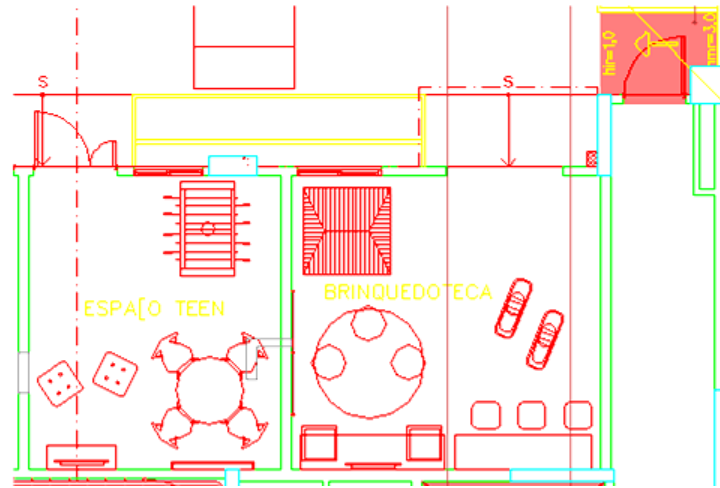


Fonte: Autor.

### 5.1.2. Análise técnica da situação existente

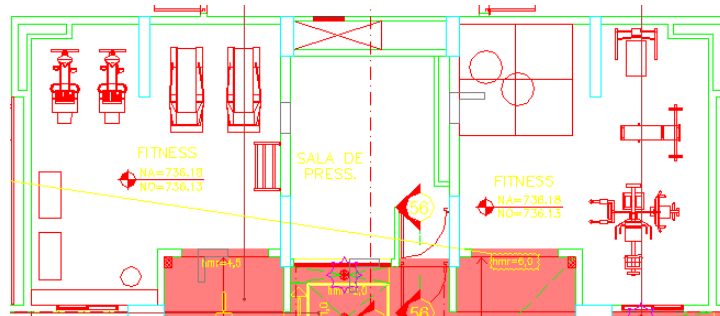
Inicialmente, analisou-se os projetos de impermeabilização do empreendimento, conforme figuras 39 e 40, verificando a ausência de qualquer detalhe de impermeabilização das vigas baldrame desta área em questão. Em seguida, cruzou-se esta informação com a equipe de obras e a empresa responsável pela impermeabilização, confirmando esta ausência por questões de procedimentos internos.

Figura 39 – Ausência de impermeabilização das vigas baldrame (Espaço Teen, Brinquedoteca e Hall).



Fonte: Autor.

Figura 40 – Ausência de impermeabilização das vigas baldrame (Espaço Fitness).



Fonte: Autor.

Assim, a ausência da impermeabilização nas vigas baldrame, permitiu-se a ascensão da água pela porosidade dos tijolos por capilaridade oriunda da umidade do solo, que está em contato com os baldrame.

Para definição das tratativas, realizou-se outra vistoria na área em questão e constataram duas situações diferentes:

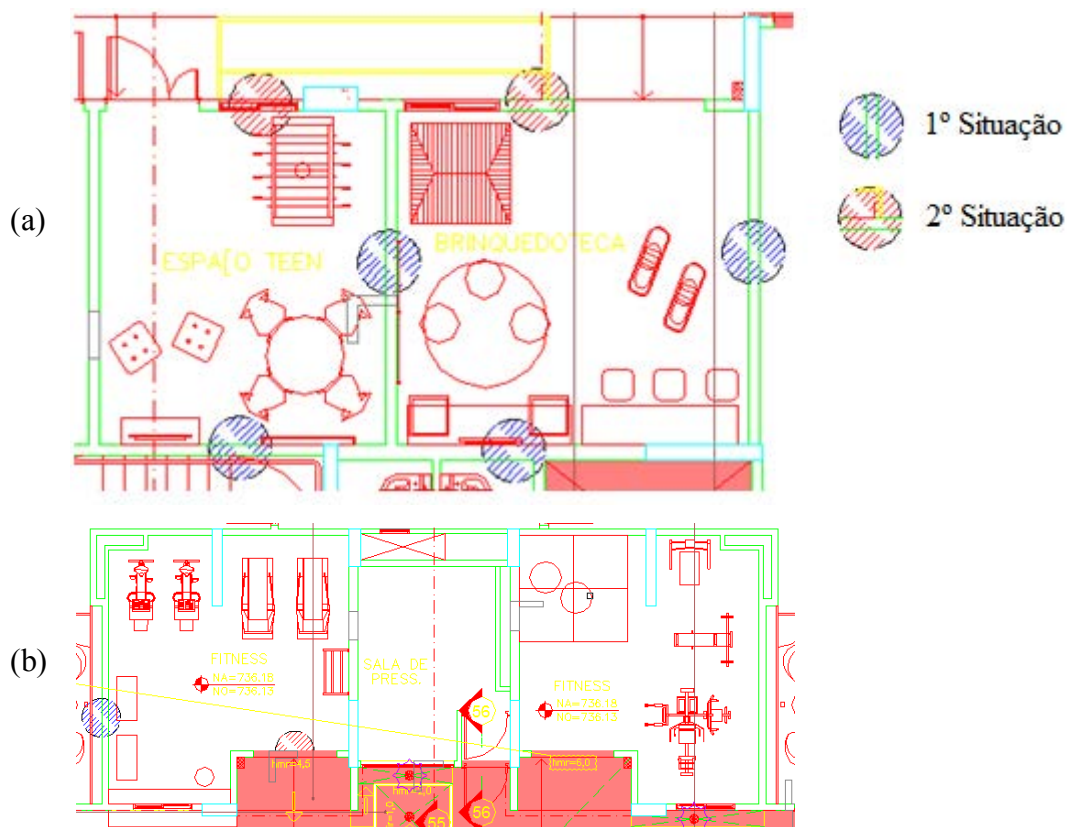
- 1º Situação: umidade nas alvenarias entre duas áreas internas, ou seja, nenhum lado recebeu impermeabilização, conforme figura 41 (a) e (b).

Considerações: para minimizar a umidade existente os dois lados dos rodapés deverão receber impermeabilização com sistema de argamassa elastomérica. Para isso o emboço deve-se remover e recompor após a execução da impermeabilização.

- 2º Situação: unidade existente na alvenaria se encontra entre uma área interna e uma área externa, onde a área externa foi impermeabilizada com sistema de manta asfáltica com asfalto oxidado e os rodapés da área interna não receberam impermeabilização, conforme figura 41 (a) e (b).

Considerações: para minimizar a umidade existente o rodapé da área interna deverá receber impermeabilização com sistema de argamassa elástomérica, já no caso da área externa deverá ser verificado se a impermeabilização existente está com aderência no substrato, em seguida executar a impermeabilização com sistema de argamassa elastomérica, sobrepondo a interface entre a manta asfáltica e a argamassa elástomérica com um cordão de adesivo epóxi em 2 cm de largura.

Figura 41 (a) e (b) – Situações encontradas nos ambientes internos.



Fonte: Autor.

A aplicação da argamassa deve-se estender na faixa de 1,0 m do ponto crítico encontrado, segundo recomendações das consultorias especializadas. Esta extensão é devida a uma possível intensificação das chuvas, nos períodos sazonais, ocasionando

no acréscimo da pressão hidrostática exercida no baldrame, conseqüentemente o aumento da altura da ação da umidade nas paredes.

### 5.1.3. Procedimento para execução dos serviços

A partir de recomendações da Bautech (2015) e consultorias, utilizaram-se as etapas abaixo para executar a tratativa necessária para as manifestações patológicas encontradas:

a) Serviços preliminares:

Preliminarmente á execução dos serviços de impermeabilização da área, deverá se proceder á remoção da argamassa existente nos rodapés, até 50 cm acima do limite dos pontos onde ocorre a umidade.

b) Execução da impermeabilização (para áreas internas):

Após a execução da remoção do emboço existente, executar o acerto de superfície com argamassa (traço 1:3 com 10% de adesivo acrílico na água de amassamento) e após a sua secagem executar a aplicação da argamassa elastomérica.

Sua aplicação é feita com demãos sucessivas (de 3 a 6) em sentido cruzado entre demãos (com intervalo entre demãos de 2 a 3 horas), conferindo um revestimento com espessura mínima de 2 mm e máxima de 4,5 mm. Para a última demão, recomenda-se a estruturação com tela de poliéster com banho de PVC para os cantos (pontos de acúmulos de tensão).

Por fim, considera-se um consumo de 4,0 kg/m<sup>2</sup> de argamassa polimérica e malhas de 1x1 m de tela de poliéster com banho de PVC (para os cantos).

c) Características dos materiais:

Argamassa polimérica – MLastic – Bautech

Segundo Bautech (2015), é uma argamassa de revestimento, mono componente, impermeável, de alta flexibilidade (com grande resistência a pressões negativas), á base de EVA, cimentos especiais, fibras e aditivos, isento de acrílico e estireno. Na tabela 3, encontram-se os dados técnicos deste produto:

Tabela 3 – Características da argamassa polimérica.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS – BAUTECH MLASTIC	
Dosagem para 1º demão	5,0 litros
Dosagem para demais camadas	4,5 litros
Resistência à pressão positiva	0,7 Mpa
Resistência à pressão negativa	0,3 Mpa
Consumo	1,5 a 4,5 kg/m <sup>2</sup>
Viscosidade na mistura	80 a 90 KU (Stomer)
Tempo de uso de mistura (pot life)	3 horas
Intervalo entre demãos	4 a 6 horas
Carga de alongamento na ruptura de tela (com tela)	
Longitudinal	330 N/5 cm
Transversal	260 N/5 cm
Longitudinal	8%
Transversal	51%
Absorção de água	Máximo de 8%

Fonte: Bautech (2015).

#### 5.1.4. Análise financeira da situação existente

Com o objetivo de precificar o tratamento da patologia apresentada, consultaram-se as empresas A, B e C, nos ramos de impermeabilização e serviços gerais, escolhendo a empresa B devido à disponibilidade imediata para a prestação destes serviços.

A partir da determinação dos quantitativos e os custos unitários, repassados pela empresa B, possibilitou-se a composição das seguintes tabelas:

- Custo total da aplicação dos acabamentos, conforme a tabela 4;
- Custo total da aplicação da argamassa polimérica, conforme a tabela 5;
- Custo total da tratativa, conforme a tabela 6;
- Custo total da aplicação da argamassa polimérica nos baldrame, em fase de obra, conforme a tabela 7.

Tabela 4 – Custo total da aplicação dos acabamentos.

EXECUÇÃO DOS ACABAMENTOS NECESSÁRIOS					
ITEM	LOCAIS / SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTOS	
				UNIT.	TOTAIS
<b>1</b>	<b>ÁREAS FRIAS INTERNAS</b>				
<b>1.1</b>	<b>Espaço Fitness aeróbico:</b>				
	Remoção (rodapé, gesso, drywall, móveis)				
	Aplicação (drywall, gesso, pintura, rodapé, móveis)	m <sup>2</sup>	5,00	312,50	1562,50
<b>1.2</b>	<b>Espaço Teen:</b>				
	Remoção (rodapé, gesso, drywall, móveis)				
	Aplicação (drywall, gesso, pintura, rodapé, móveis)	m <sup>2</sup>	6,00	312,50	1875,00
<b>1.3</b>	<b>Brinquedoteca:</b>				
	Remoção (rodapé, gesso, drywall, móveis)				
	Aplicação (drywall, gesso, pintura, rodapé, móveis)	m <sup>2</sup>	11,00	312,50	3437,50
<b>1.4</b>	<b>Hall da torre A:</b>				
	Remoção (rodapé, gesso, drywall, móveis)				
	Aplicação (drywall, gesso, pintura, rodapé, móveis)	m <sup>2</sup>	8,00	312,50	2500,00
<b>2</b>	<b>ÁREAS FRIAS EXTERNAS</b>				
<b>2.1</b>	<b>Espaço fitness aeróbico:</b>				
	Remoção (emboço)	m <sup>2</sup>	4,00	312,50	1250,00
	Aplicação (emboço, textura)				
<b>2.2</b>	<b>Espaço Teen e Brinquedoteca:</b>				
	Remoção (emboço)	m <sup>2</sup>	6,00	312,50	1875,00
	Aplicação (emboço, textura)				
<b>3</b>	<b>CUSTO TOTAL “ESTIMADO”</b>			<b>R\$</b>	<b>12.500,00</b>

Fonte: Autor.

Tabela 5 – Custo total da aplicação de argamassa polimérica.

APLICAÇÃO DA ARGAMASSA POLIMÉRICA					
ITEM	LOCAIS / SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTOS	
				UNIT.	TOTAIS
<b>1</b>	<b>ÁREAS FRIAS INTERNAS</b>				
<b>1.1</b>	<b>Espaço Fitness aeróbico:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	5,00	11,00	55,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	5,00	27,00	135,00
<b>1.2</b>	<b>Espaço Teen:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	6,00	11,00	66,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	6,00	27,00	162,00
<b>1.3</b>	<b>Brinquedoteca:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	11,00	11,00	121,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	11,00	27,00	297,00
<b>1.4</b>	<b>Hall da torre A:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	8,00	11,00	88,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	8,00	27,00	216,00
<b>2</b>	<b>ÁREAS FRIAS EXTERNAS</b>				
<b>2.1</b>	<b>Espaço fitness aeróbico:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	4,00	11,00	44,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	4,00	27,00	108,00
	Proteção primária	m <sup>2</sup>	4,00	10,00	40,00
<b>2.2</b>	<b>Espaço Teen e Brinquedoteca:</b>				
	Preparação das superfícies	m <sup>2</sup>	6,00	11,00	66,00
	Impermeabilização com argamassa polimérica	m <sup>2</sup>	6,00	27,00	162,00
	Proteção primária	m <sup>2</sup>	6,00	10,00	60,00
<b>3</b>	<b>CUSTO TOTAL “ESTIMADO”</b>			<b>R\$</b>	<b>1.620,00</b>

Fonte: Autor.

Tabela 6 – Custo total da tratativa.

CUSTO TOTAL – ACABAMENTO + IMPERMEABILIZAÇÃO					
ITEM	LOCAIS / SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTOS	
				UNIT.	TOTAIS
<b>1</b>	<b>ÁREAS FRIAS INTERNAS</b>				
<b>1.1</b>	<b>Espaço Fitness aeróbico:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	5,00	350,50	1752,50
<b>1.2</b>	<b>Espaço Teen:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	6,00	350,50	2163,00
<b>1.3</b>	<b>Brinquedoteca:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	11,00	350,50	3855,50
<b>1.4</b>	<b>Hall da torre A:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	8,00	350,50	2804,00
<b>2</b>	<b>ÁREAS FRIAS EXTERNAS</b>				
<b>2.1</b>	<b>Espaço fitness aeróbico:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	4,00	360,50	1442,00
<b>2.2</b>	<b>Espaço Teen e Brinquedoteca:</b>				
	Acabamento + Impermeabilização	m <sup>2</sup>	6,00	360,50	2163,00
<b>3</b>	<b>CUSTO TOTAL “ESTIMADO”</b>			<b>R\$</b>	<b>14.120,00</b>

Fonte: Autor.

Tabela 7 – Custo total para realizar a aplicação devida na fase de obra.

CUSTO – APLICAÇÃO DE ARGAMASSA ELASTOMÉRICA (NAS VIGAS BALDRAMES – FASE DE OBRA)					
ITEM	LOCAIS / SERVIÇOS	UNID.	QUANT.	CUSTOS	
				UNIT.	TOTAIS
<b>1</b>	<b>ÁREAS</b>				
<b>1.1</b>	<b>Espaço Fitness aeróbico:</b>				
	Impermeabilização	m <sup>2</sup>	14,86	27,00	401,22
<b>1.2</b>	<b>Espaço Teen:</b>				
	Impermeabilização	m <sup>2</sup>	9,88	27,00	266,76
<b>1.3</b>	<b>Brinquedoteca:</b>				
	Impermeabilização	m <sup>2</sup>	9,98	27,00	269,46
<b>1.4</b>	<b>Hall da torre A:</b>				
	Impermeabilização	m <sup>2</sup>	1,88	27,00	50,76
<b>2</b>	<b>CUSTO TOTAL “ESTIMADO”</b>			<b>R\$</b>	<b>988,22</b>

Fonte: Autor.

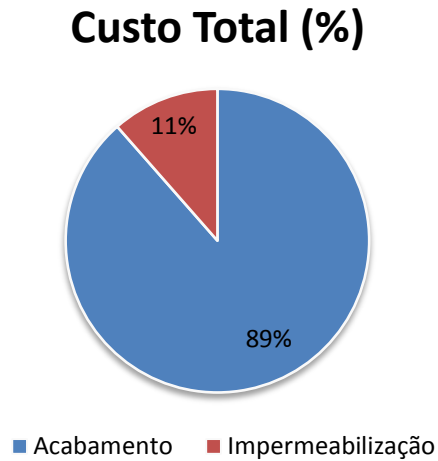
Considerou-se a aplicação de argamassa polimérica nas laterais e no topo das vigas baldramas da região afetada, executando anteriormente a concretagem do piso do edifício.

Através destes dados, compõe-se os seguintes gráficos com o objetivo de analisar, posteriormente:

- Proporção de custos do acabamento e impermeabilização, conforme figura 42;

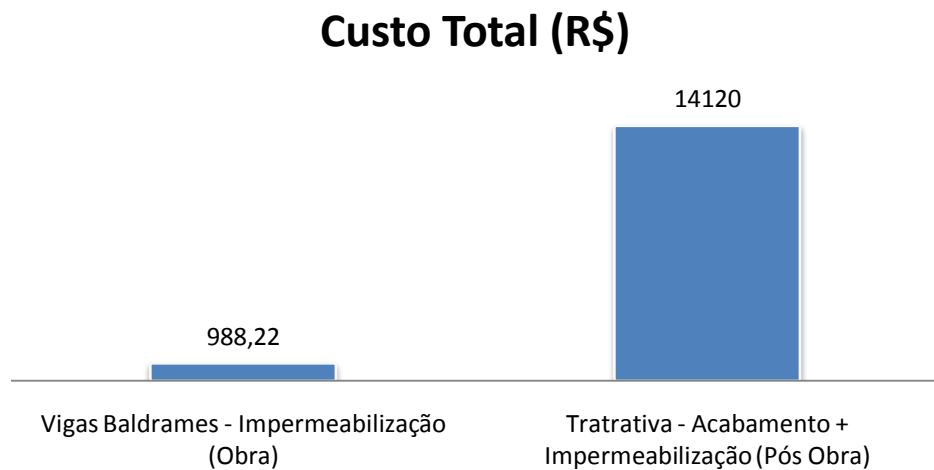
- Comparativo de custo da execução da impermeabilização nos baldrames com da tratativa da patologia, conforme figura 43.

Figura 42 – Proporção de custos do acabamento e impermeabilização.



Fonte: Autor.

Figura 43 – Comparativo do custo da execução da impermeabilização nos baldrames com da tratativa da patologia.



Fonte: Autor.

## 5.2. DISCUSSÕES

### 5.2.1. Referência bibliográfica

Através das bibliografias e estudos, percebe-se certos padrões em relação às patologias e manifestações relacionadas à impermeabilização, sendo apresentadas abaixo:

- Vários autores evidenciam que as patologias mais comuns são aquelas devido a falhas de execução, em particular, problemas em detalhes construtivos específicos, como é o caso de ralos, postes, juntas de dilatação, etc.;
- As manifestações patológicas vão intensificando ao longo do tempo, por exemplo a percolação da água em peça de concreto, inicialmente causa o surgimento de eflorescência e posteriormente o deslocamento do revestimento;
- Há uma diversidade de tipos de impermeabilização, sejam rígidas ou flexíveis, apresentando um local de aplicação recomendado para cada tipo, conforme apresentado na tabela 8. Assim, é necessário compreender o comportamento de cada sistema;
- É importante que a construção repasse orientações e/ou recomendações ao condomínio sobre as manutenções preventivas envolvendo os sistemas de impermeabilização, pois estas patologias geram um impacto direto ao usuário do empreendimento (degradação dos revestimentos verticais e horizontais, por exemplo).

Tabela 8 – Resumo dos impermeabilizantes recomendados para cada situação.

RESUMO DOS LOCAIS DE APLICAÇÃO DOS IMPERMEABILIZANTES		
Local de aplicação	Caracterização do local	Materiais
Varanda	com cobertura	Argamassa com aditivo hidrófugo Argamassa polimérica + tela de poliéster
	sem cobertura	Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico Membrana asfáltica a frio ou a quente
Laje	da cobertura	Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico Membrana asfáltica a frio ou a quente
	com trânsito	Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico Membrana asfáltica a frio ou a quente Argamassa elastomérica + tela de poliéster
Banheiro	no box	Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico Membrana asfáltica a frio ou a quente
	no ralo sem lençol freático	Argamassa polimérica + tela de poliéster Argamassa polimérica + tela de poliéster
Poço de elevador	com lençol freático	Bloqueador hidráulico (cristalizante)
	elevada	Argamassa elastomérica + tela de poliéster Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico
Piscina	enterrada	Membrana asfáltica a frio ou a quente Manta de PVC
		Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico
Espelho d'água	-	Membrana asfáltica a frio ou a quente Argamassa polimérica + tela de poliéster
		Argamassa polimérica
Viga baldrame	-	Argamassa polimérica
	elevado	Membrana acrílica Membrana polimérica Manta de PVC
Reservatório	enterrado	Argamassa polimérica + tela de poliéster Membrana acrílica Membrana polimérica Manta de PVC
		Manta asfáltica alumínio com asfalto ou maçarico Manta asfáltica alumínio autocolante
Calha	-	Manta asfáltica alumínio com asfalto ou maçarico + pintura anti-raíz
Jardim	-	Manta asfáltica com asfalto ou com maçarico + pintura anti-raíz

Fonte: Autor.

### 5.2.2. Estudo de caso:

Por meio da análise econômica, verificou-se que o custo da tratativa, realizada na fase de pós obra, ficou 14,29 vezes maior se comparado ao custo da aplicação da argamassa polimérica nos baldrames, na fase de obra. Esta diferença leva em conta apenas os custos de mão-de-obra e materiais utilizados, entretanto há outros impactos, a médio e/ou longo prazo, como é o caso:

- Perda de confiança dos usuários do imóvel em relação à construtora, diminuindo as chances destes clientes efetivarem a compra de outros imóveis;
- Marketing negativo realizado por clientes frustrados nas mídias sociais, desvalorizando a marca da construtora;
- Atrasos na entrega do empreendimento para o condomínio, postergando o recebimento do repasse à construtora (segundo profissionais deste setor, 1 mês de atraso ocasiona uma perda de 0,5 a 1% do ganho de um empreendimento);
- Prolongamento dos gastos com equipe de obra devido a atrasos da passagem do empreendimento ao condomínio;
- Aumento nos gastos de equipe especializada da área de assistência técnica para atender os possíveis problemas relacionados à impermeabilização.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este trabalho buscou-se elucidar os conceitos básicos que envolvem os sistemas de impermeabilização, tratando dos mecanismos atuantes e a caracterização destes sistemas, além de discutir as questões patológicas dos materiais impermeabilizantes. Assim, confirma-se algumas questões com este trabalho:

- Percebe-se que há poucos estudos voltados a essa área no Brasil, concentrando uma grande parcela das informações relacionadas a impermeabilização vindas de manuais técnicos de empresas do ramo;
- Nota-se problemas sistêmicos em relação a pequenos detalhes construtivos, sejam na fase de projeto e/ou na execução;
- Utilizando-se um termo técnico da computação, a impermeabilização apresenta-se um comportamento booleano, pois garante-se a estanqueidade ou não de um sistema qualquer. Assim, deve-se ter um bom controle durante a aplicação deste material.
- O custo da impermeabilização torna-se cada vez mais onerosa em relação ao atraso na intervenção, conforme mencionado por Venturi (2009) e visto no estudo de caso. Este custo também dependerá da região afetada pela patologia, de forma que quão maior a quantidade de acabamentos presentes mais dispendiosa será a tratativa.

Dessa forma, conclui-se a importância da impermeabilização para a garantia da durabilidade da construção, devendo ter diversos cuidados, desde a concepção do projeto até a manutenção do usuário final, a fim de minorar ou até cessar as patologias relacionadas a este processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABATTE, V. **Ralo é ponto vulnerável a infiltrações**. Técnica, São Paulo, n. 71 p. 70-71, fev. 2003.

ABNT NBR 9574: **Execução de Impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT NBR 9575: **Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT NBR 9952: **Manta asfáltica para impermeabilização**. São Paulo, 2007.

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo, Pearson, 2007.

CIPLAK – Disponível em: <<http://www.ciplak.com.br>>. Acesso em: 18 out. 2015.

DENVER – Disponível em: <<http://www.denverimper.com.br>>. Acesso em: 12 set. 2015.

EQUIPE DE OBRA/PINI – Disponível em: <<http://www.equipedebobra.pini.com.br>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

FERREIRA, J. B. **Patologias e recuperação de estruturas de concreto armado – Notas de aula**. Guaratinguetá, 2005.

FOX, R. W. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 6 ed. Rio de Janeiro, LTC, 2006.

HUSSEIN, J. S. M. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão – PR**. 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Pará, Campo Mourão, 2013.

IBAPE-RS – Disponível em: <<http://www.ibape-rs.org.br>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização – Disponível em: <<http://www.ibisp.org.br>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

MORAES, C. R. K. **Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre.** 2002, 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS, Porto Alegre, 2002.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil.** 2013. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PICCHI, F.A. **Impermeabilização de coberturas.** 2.ed. São Paulo, Editora Pini, 1986.

RIGHI, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização: Patologias, prevenções e correções – Análise de casos.** 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

RIPPER E SOUZA, T. E V. C. M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1 ed. São Paulo, PINI, 2009.

SAYEGH, S. **Cimentos e polímeros contra a umidade.** Téchné, São Paulo, 42-44 ed., 2001.

SIKA – Disponível em: <<http://www.sika.com.br>>. Acesso em: 07 jul. 2015.

SIKA – **Manual técnico produtos Sika.** 5 ed. Disponível em: <<http://www.sika.com.br>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil.** 2014. 120 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

STAHLBERG, F. L. B. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos.** 2010. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

VEDACIT – **Manual técnico de impermeabilização de estruturas.**6 ed. Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em: 17 ago. 2015.

VEDACIT – Disponível em: <<http://www.vedacit.com.br>>. Acesso em: 05 abr. 2015.

VIERA, E. **Impermeabilização com argamassa aditivada**. Técnica, São Paulo, ed. 99, 2005.

VERÇOZA, E. J. **Impermeabilização na Construção**. 2.ed. Porto Alegre, Sagra, 1987.

VIAPOL – Disponível em: <<http://www.viapol.com.br>>. Acesso em 18 out.2015.