

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Helena Lima da Silva**

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DAS FALHAS DE  
ESTANQUEIDADE DO SISTEMA EXECUTADO E  
RECOMENDAÇÕES PARA EVITÁ-LAS**

Porto Alegre  
dezembro 2018

**HELENA LIMA DA SILVA**

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DAS FALHAS DE  
ESTANQUEIDADE DO SISTEMA EXECUTADO E  
RECOMENDAÇÕES PARA EVITÁ-LAS**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de Graduação do curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Cristiane Sardin Padilla de Oliveira**

Porto Alegre  
dezembro 2018

**HELENA LIMA DA SILVA**

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DAS FALHAS DE  
ESTANQUEIDADE DO SISTEMA EXECUTADO E  
RECOMENDAÇÕES PARA EVITÁ-LAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) da Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2018

Profa. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Cristiane Sardin Padilla de Oliveira (UFRGS)**  
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Profa. Ana Paula Maran (UFRGS)**  
Msc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Alcício e Zelia, ao meu irmão David e ao meu noivo Lucas que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha orientadora, sempre disponível para auxiliar e esclarecer dúvidas durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus pais pelo suporte, amor, carinho e motivação durante toda minha vida.

Ao meu irmão, David, sempre tão orgulhoso e incentivador dos meus feitos.

À minha amiga Daiana, sempre presente durante a graduação, em que dividimos horas de estudos, e uma grande incentivadora nos momentos mais difíceis.

E por fim ao meu noivo Lucas, pelo carinho e amor incondicional.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

*Simone de Beauvoir*

## RESUMO

Durante a sua vida útil, grande parte dos problemas de uma edificação estão relacionados à umidade. A identificação das causas destas falhas é uma importante ferramenta de aprendizado para prevenir que procedimentos construtivos inadequados sejam realizados novamente. Partindo disso, uma edificação residencial na cidade de Porto Alegre/RS que apresentava manifestações patológicas originadas pela ação da água foi escolhida para estudo. A fachada, a piscina e a cobertura foram as regiões analisadas, já que eram os locais com ocorrência de umidade. Inicialmente, foram reunidas informações a respeito dos tipos de umidade, dos sistemas construtivos de interesse e dos tipos de impermeabilização. Possuindo o embasamento teórico, o enfoque foi na edificação do estudo de caso. Fez-se a apresentação da edificação, ilustrando e descrevendo as características de cada uma das regiões estudadas. Informações disponíveis a respeito das técnicas executivas utilizadas também foram expostas. A fachada é do tipo aderida com revestimento cerâmico. A piscina, localizada sob a laje do subsolo, é do tipo elevada. A cobertura é composta por uma laje de concreto. Em seguida, fez-se a identificação das manifestações patológicas. Conhecendo-as, foi possível estudar quais foram as falhas que as geraram. Na fachada, foram identificados deslocamento, fissuras e queda de rejunte. Internamente à fachada, foram identificados descolamento com pulverolência, infiltração e bolhas. As causas foram devido às seguintes falhas: falta de juntas movimentação, traço da argamassa inadequado ou argamassa de má qualidade, espessura de emboço imprópria, falhas de execução e/ou incompatibilidade entre materiais. Na região da piscina, foram identificados deslocamento, eflorescência, infiltração, manchamento e empolamento da pintura. As causas disso foram as seguintes falhas: presença de sais solúveis em pelo menos um dos componentes, execução da impermeabilização inadequada e/ou falha de materiais e movimentação excessiva da estrutura. Na região da laje da cobertura, verificou-se infiltração e bolhas. Os motivos disso foram falhas de execução dos detalhes da impermeabilização e descontinuidades nos revestimentos das paredes em contato com a laje. Conhecendo as falhas ocorridas, listou-se as recomendações que evitariam as suas ocorrências. Elas sugerem projeto, execução e materiais adequados. Por fim, nas considerações finais, analisou-se o fato de que os tipos de impermeabilizações utilizados são adequados, no entanto, falhas ocorreram desde as etapas de projeto até o final da execução.

Palavras-chave: Umidade. Impermeabilização. Falhas. Estudo de Caso.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa .....	11
Figura 2 – Umidade de condensação.....	14
Figura 3 – Junta de dilatação .....	19
Figura 4 – Camadas do sistema de impermeabilização .....	31
Figura 5 – Objeto de estudo .....	32
Figura 6 – Fachada do caso estudado .....	33
Figura 7 – Regularização do substrato com o uso de lixadeira .....	34
Figura 8 – Aplicação de zarcão em elementos metálicos .....	34
Figura 9 – Fixação das telas na fachada .....	35
Figura 10 – Emboço sendo reguado .....	36
Figura 11 – Emboço sendo desempenado .....	36
Figura 12 – Pontos de medida do emboço .....	37
Figura 13 – Teste de permeabilidade .....	38
Figura 14 – Juntas de movimentação .....	39
Figura 15 – Piscina do edifício .....	40
Figura 16 – Impermeabilização da piscina .....	41
Figura 17 – Laje da cobertura .....	42
Figura 18 – Bolhas em um apartamento .....	44
Figura 19 – Bolhas e pulverolência na torre dos reservatórios .....	44
Figura 20 – Fissura na fachada .....	45
Figura 21 – Descolamento na fachada .....	45
Figura 22 – Rejunte deteriorado ou ausente .....	45
Figura 23 – Possível paginação de juntas da fachada norte .....	50
Figura 24 – Possível paginação de juntas da fachada oeste .....	50
Figura 25– Possível paginação de juntas da fachada sul .....	50
Figura 26 – Possível paginação de juntas da fachada leste .....	50
Figura 27 – Resultado do ensaio a percussão .....	52
Figura 28 – Resultado da determinação da resistência de aderência à tração .....	53
Figura 29 – Eflorescência na piscina .....	55
Figura 30 – Desplacamentos na piscina .....	55
Figura 31 – Outro deslocamento na piscina .....	55
Figura 32 – Manchamento por infiltração .....	56
Figura 33 – Água no piso oriunda da infiltração.....	56



Figura 34 – Empolamento da pintura e manchamento por umidade .....	56
Figura 35 – Fissura no piso próximo à piscina .....	58
Figura 36 – Bolhas oriundas de água da laje em apartamento .....	60
Figura 37 – Infiltração oriunda de água da laje no corredor .....	60
Figura 38 – Primeira e segunda mantas aplicadas na laje .....	61
Figura 39 – Esquema das camadas de impermeabilização da cobertura .....	61
Figura 40 – Indicação de pontos críticos da cobertura .....	62
Figura 41 – Esquema de entrada de água para a laje .....	62
Figura 42 – Fissuras no encontro dos emboços antigo e novo .....	63
Figura 43 – Quatros modos de executar rodapé em cobertura .....	64
Figura 44 – Esquema de rodapé adequado .....	65

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das falhas da fachada .....	54
Quadro 2 – Resumo das falhas da piscina .....	59
Quadro 3 – Resumo das falhas da laje da cobertura .....	65
Quadro 4 – Recomendações construtivas .....	66
Quadro 5 – Recomendações sobre materiais .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo de dilatação térmica, retração por umidade e fluência .....	48
Tabela 2 – Cálculo da espessura total de juntas da fachada .....	48
Tabela 3 – Cálculo do número de juntas da fachada .....	49
Tabela 4 – Resumo comparativo da fachada .....	53

## **LISTA DE SIGLAS**

BUTIL – Poliisobutileno

EVA – Etilvinilausto

EPDM – Elastomérica de Etilenopropilenodieno-monômero

IIR – Poliisobutileno Isopreno

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policloreto de Vinila

RS – Rio Grande do Sul

TPO - Termoplásticas de Poliolefina

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\Delta l_T$  – dilatação térmica (mm)

$l$  – comprimento da fachada (mm)

$\alpha$  – coeficiente de dilatação térmica (mm/°C.mm)

$\Delta T$  – gradiente de temperatura (°C)

$\Delta l_R$  – retração devido a umidade (mm)

$\alpha_R$  – coeficiente de retração devido a umidade (mm/mm)

$\Delta l_F$  – dilatação devido a fluência (mm)

$\alpha_F$  – coeficiente de fluência (adimensional)

$\Delta l_{TOTAL}$  – movimentação total (mm)

$E_{TOTAL}$  – espessura total de juntas da fachada (mm)

$C_m$  – capacidade de movimentação do selante (adimensional)

$E_{JUNTA}$  – espessura de cada junta da fachada (mm)

$N_J$  – número de juntas da fachada (adimensional)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA .....</b>	<b>10</b>
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	10
2.2 OBJETIVO .....	10
2.3 PRESSUPOSTO .....	10
2.4 DELIMITAÇÕES .....	10
2.5 LIMITAÇÕES .....	10
2.6 DELINEAMENTO .....	11
<b>3 UMIDADE .....</b>	<b>13</b>
3.1 UMIDADE DE PERCOLAÇÃO.....	13
3.2 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO .....	13
3.3 UMIDADE DO SOLO .....	14
3.4 UMIDADE POR FLUIDO SOB PRESSÃO UNILATERAL OU BILATERAL .....	15
<b>4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS DA EDIFICAÇÃO SUJEITOS À AÇÃO DA UMIDADE .....</b>	<b>16</b>
4.1 TIPOS DE FACHADA .....	16
4.2 TIPOS DE PISCINA .....	19
4.3 TIPOS DE COBERTURA .....	21
<b>5 TIPOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....</b>	<b>23</b>
5.1 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MATERIAIS RÍGIDOS .....	23
5.2 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MATERIAIS FLEXÍVEIS .....	25
5.3 CAMADAS DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO .....	30
<b>6 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>32</b>
6.1 APRESENTAÇÃO DO CASO .....	32
<b>6.1.1 Fachada .....</b>	<b>33</b>
<b>6.1.2 Piscina .....</b>	<b>40</b>
<b>6.1.3 Laje de Cobertura .....</b>	<b>41</b>
<b>7 FALHAS: IDENTIFICAÇÃO, CONSEQUÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES PARA EVITÁ-LAS .....</b>	<b>43</b>
7.1 FACHADA .....	43
7.2 PISCINA .....	55
7.3 LAJE DE COBERTURA .....	60
7.4. RECOMENDAÇÃO PARA EVITAR FALHAS .....	65

<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>68</b>
REFERÊNCIAS .....	69
APÊNDICE A .....	73
APÊNDICE B .....	78

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade do produto sempre foi um dos critérios mais importantes para os clientes em geral. Isso não é diferente para construção civil, com isso o mercado está cada vez mais preocupado em desenvolver tecnologias e pesquisas para que tais critérios sejam alcançados.

A consequência direta desta nova postura do mercado da construção civil foi a criação de uma norma específica visando a segurança e o conforto do usuário, a partir da exigência de critérios mínimos de desempenho tal como estanqueidade à água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Fator esse indispensável para um resultado satisfatório.

Conforme Perez (1988, p. 571), “[...] os problemas de umidade, além de serem frequentes, representam quase 60% dos problemas de uma edificação durante a sua vida útil.”. Justificativa essa que torna necessário o cuidado com esse item desde o desenvolvimento de uma obra até o fim de sua vida útil.

Para impedir a existência de manifestações patológicas ocasionadas pela água é indispensável a escolha de um sistema adequado de impermeabilização. O sistema deve ser bem executado, pois qualquer intervenção necessária por falha, além de difícil realização, torna-se cara e demorada.

A investigação de casos que falharam também é importante como objeto de estudo, pois servem de referência para outras situações semelhantes. A partir dessa análise, pode-se identificar os pontos críticos de ocorrência desse tipo de manifestação patológica em uma edificação, sendo esses pontos os de maior preocupação no desenvolvimento e execução de um projeto.

Com isso, decidiu-se estudar um caso em específico. A edificação que é o objeto de estudo desse trabalho, destaca-se pelo fato de ter sofrido várias manutenções corretivas, ainda no período da garantia. Entretanto, as tentativas de correção feitas não eliminaram o problema por completo.



A construtora – responsável pela garantia do empreendimento – optou então, por indenizar o condomínio, em vez de solucionar o problema. Essa opção não foi aceita pela outra parte, gerando, assim, um processo judicial. A Justiça, no entanto, determinou que a construtora deveria prestar a manutenção, estipulando, inclusive, o prazo para o término do serviço.

O estudo é baseado em uma análise do sistema de impermeabilização restringido às regiões da fachada, piscina e cobertura da edificação, identificando-se as possíveis falhas e apresentando recomendações para evitá-las. O trabalho aborda uma análise teórica baseada em bibliografias, normas técnicas e documentos da construtora, além de registros fotográficos.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são apresentadas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DA PESQUISA**

A questão da pesquisa a ser respondida é: quais são as possíveis falhas dos sistemas de impermeabilização adotados para fachada, piscina e cobertura do edifício objeto de estudo e quais seriam as recomendações para evitá-las?

### **2.2 OBJETIVO**

Identificar as possíveis falhas do sistema de impermeabilização adotado na fachada, piscina e cobertura do edifício objeto de estudo e apresentar recomendações para evitá-las.

### **2.3 PRESSUPOSTO**

O trabalho tem com pressuposto que as informações contidas nas referências bibliográficas são corretas.

### **2.4 DELIMITAÇÕES**

O trabalho delimita-se ao estudo de caso de uma edificação residencial situada na cidade de Porto Alegre/RS quanto à presença de manifestações patológicas originadas pela ação da umidade. O estudo será limitado às regiões da fachada, piscina e cobertura do edifício.

### **2.5 LIMITAÇÕES**

Não serão realizados ensaios nos sistemas de impermeabilização da edificação.

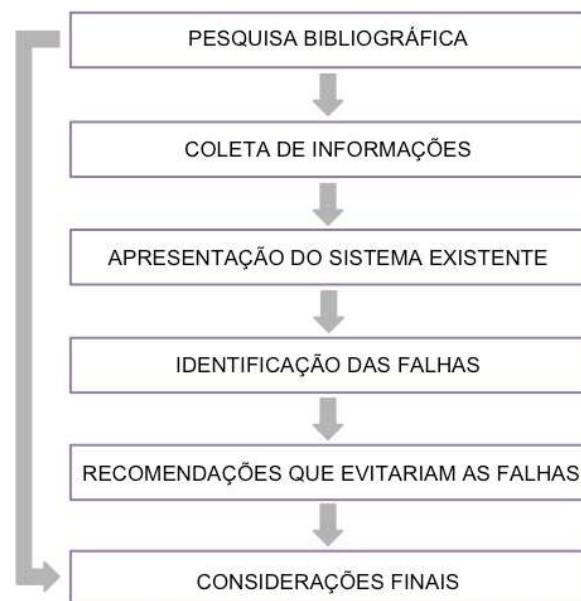
Também não serão elaborados projetos para o novo sistema proposto.

## 2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado conforme as etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e são descritas nos parágrafos seguintes:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) coleta de informações;
- c) apresentação do sistema existente;
- d) identificação das falhas;
- d) recomendações que evitariam as falhas;
- e) considerações finais.

Figura 1 – Diagrama esquemático do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

O trabalho se iniciou com a **pesquisa bibliográfica**. Consultaram-se variadas fontes de informação, como livros, revistas, trabalhos acadêmicos e normas. O objetivo desta etapa foi obter conhecimento teórico e embasamento acerca do assunto do trabalho.

Como segunda etapa, foi realizada a **coleta de informações** a respeito da edificação avaliada neste trabalho. Isso se deu através de visita ao local, registros fotográficos e consulta de dados fornecidos pela construtora.

Após, as informações a respeito da edificação foram avaliadas e compiladas para um adequado aproveitamento. Com elas, fez-se a **apresentação do sistema existente**, fornecendo os dados relevantes para esse trabalho.

Na sequência, foi feita a **identificação das falhas** que geraram falta de estanqueidade nas regiões estudadas. Para isso, foram avaliadas as manifestações patológicas originadas pela presença de umidade e quais as falhas ocorridas para que essas surgissem.

Tendo conhecimento do sistema existente, **recomendações que evitariam as falhas** foram feitas. Isso foi realizado analisando-se as causas das falhas e o que deveria ser feito para que elas não ocorressem.

Por fim, as **considerações finais** foram realizadas. Fez-se uma avaliação geral do estudo.

### 3 UMIDADE

Conforme Verçosa (1991, p. 149) “Entre os defeitos mais comuns das construções encontra-se a penetração de água ou a formação de manchas de umidade.”. Esses problemas, bem como os demais danos causados pela ação da água, dependem diretamente dos tipos de umidade a que a edificação está exposta.

Com a variação do tipo de umidade, muda também a solicitação presente no local, ou seja, o modo como a água atua. A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 10) considera que essas solicitações são impostas de quatro maneiras diferentes: percolação, condensação, umidade do solo e fluido sob pressão unilateral ou bilateral.

#### 3.1 UMIDADE DE PERCOLAÇÃO

Rodrigues *et al.* (2016, p. 23) trazem a definição de umidade de percolação: “Na construção civil, entende-se como a capacidade da água atravessar um meio, sendo capaz de encharcar uma parede inteira.”. Para Cunha e Neumam (1979, p. 14), ocorre em locais onde é permitido o escoamento da água sem que esta exerça pressão sobre a superfície. Já a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 1), coloca que é possível sim que a água exerça uma certa pressão desde que esta não seja superior a 0,1 m.c.a.

Segundo Moraes (2002, p. 16) a água pode exercer esse tipo de ação em lugares que estão sob o lençol freático ou apenas expostos à umidade do solo. O autor ainda cita alguns exemplos em uma edificação que estão sujeitos à esse tipo de ação: fundações, baldrames, subsolos, e piscinas enterradas.

#### 3.2 UMIDADE DE CONDENSAÇÃO

A água de condensação é definida pela NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 1) como “água proveniente da condensação de água presente no ambiente sobre a superfície de um elemento construtivo, sob determinadas condições de

temperatura e pressão”. Para que esse fenômeno ocorra, é necessário que exista elevada umidade no ar e planos com temperatura inferior ao do ponto de orvalho (QUERUZ, 2007, p. 89).

Cunha e Neumann (1979, p. 122) definem o ponto de orvalho como a temperatura em que o ar atinge a saturação. Isso significa que o ar já não é mais capaz de absorver a água em vapor presente no ambiente fazendo com que o excesso comece a acumular em forma líquida sobre as superfícies, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Umidade de condensação



(fonte: foto da autora)

Na construção civil, esse fenômeno ocorre na maioria das vezes em locais que tenham temperaturas diferentes entre as superfícies e o ambiente, como banheiros, saunas e frigoríficos. A magnitude da ocorrência desse tipo de umidade irá variar com diversos fatores, tais como a ventilação do local, o isolamento térmico das paredes, as formas de ocupação e o vapor produzido.

### 3.3 UMIDADE DO SOLO

A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 6) diz que a umidade do solo é a “água absorvida pelo substrato, proveniente do solo”. Nas edificações, essa água costuma ascender pelas fundações da estrutura e chegar a variadas alturas nas paredes. Gabrioli e Thomaz (2002) expõem que o alcance dessa umidade varia de acordo com o nível do lençol freático, o tipo de solo e a porosidade dos materiais construtivos, podendo atingir alturas de até 2 metros.

A transferência da água do solo para as partes da edificação se dá através do fenômeno da capilaridade. Trata-se da movimentação da água devido a sua viscosidade e tensão superficial (CECHINEL et al. , 2011, p. 19).

### 3.4 UMIDADE POR FLUIDO SOB PRESSÃO UNILATERAL OU BILATERAL

Esse tipo de umidade ocorre quando um determinado volume de fluido provoca pressão hidrostática sobre os elementos construtivos. Quando aplicada em um sentido, chama-se de pressão unilateral, quando em mais de um sentido, de bilateral. Normalmente ocorre em reservatórios e piscinas.

## **4 SISTEMAS CONSTRUTIVOS DA EDIFICAÇÃO SUJEITOS À AÇÃO DA UMIDADE**

De acordo com Cunha e Neumann (1979, p. 13), além de se conhecer como a água age sobre os elementos da construção, é também importante conhecer o comportamento físico desse elemento construtivo. Isso porque cada tipo de elemento tem uma conduta distinta, estando uns sujeitos a maiores deformações que outros.

Arantes (2007, p. 13) afirma que a água atua de formas variadas sobre os sistemas construtivos, como paredes, pisos e piscinas. Além de sofrerem esforços diferentes pela ação da água, esses elementos reagem também de formas distintas diante dessa ação, por terem composições diferentes.

Um mesmo sistema construtivo pode ter configurações construtivas variáveis, dependendo dos materiais utilizados e da técnica empregada a esses materiais. Sendo necessário entender a constituição de cada sistema para entender como este se comporta frente às solicitações impostas pela água. A seguir serão apresentados alguns sistemas construtivos e algumas de suas variações.

### **4.1 TIPOS DE FACHADA**

Conforme Oliveira (2009, p. 19):

A vedação vertical externa, também denominada de vedação fachada, ou simplesmente fachada, pode ser entendida como um subsistema do edifício constituído por elementos que compartimentam e definem os ambientes internos dos externos, controlando a ação de agentes indesejáveis [...].

Um dos componentes que compõe a fachada é o revestimento. A escolha dos materiais deste será responsável pela denominação do tipo de fachada. Aquelas compostas de vidro, por exemplo, são denominadas pele de vidro.

Além disso, é possível classificar as fachadas quanto à forma de fixação do revestimento. Quando este se encontra aderido ao subsistema de vedação, trata-se de fachada com



revestimento aderido. No entanto, se há um espaçamento entre a estrutura de fixação e o revestimento, denomina-se fachada com revestimento não aderido.

A fachada com revestimento não aderido, conforme citado anteriormente, apresenta um espaçamento entre o material mais externo da edificação e o seu local de fixação. Klein e Klein (2001, p. 81) explicam como funciona esse afastamento:

Este afastamento cria uma camada de ar entre os dois paramentos que possibilita, entre outros benefícios, a passagem do ar produzindo a ventilação da parede do prédio, facilitando a evaporação e transporte de água, tanto na forma líquida, como em forma de vapor, pelo “efeito chaminé”.

A estrutura do revestimento não aderido é colocada em uma base suporte; uma camada de material isolante pode ser aplicada, se desejado; faz-se a instalação de subestrutura auxiliar de fixação e do material de revestimento; conforme o especificado para o revestimento, aplica-se material nas juntas entre as placas ou não.

Já as fachadas aderidas, aquelas que possuem revestimento aderido ao substrato, são constituídas de modo variado, conforme exigência do revestimento. Os revestimentos mais comuns nesse tipo de fachada são os cerâmicos e os argamassados. Ambos são compostos das seguintes camadas: base, chapisco e emboço. Porém, no argamassado, a camada final é de reboco, enquanto no cerâmico há camada de fixação e placas cerâmicas.

A base costumeiramente é formada pelos blocos de vedação juntamente com a estrutura de concreto da edificação. O chapisco é uma camada de argamassa com grande rugosidade utilizada para garantir a aderência. E o emboço, também constituído de argamassa, tem como função a regularização dessa superfície para receber as camadas finais.

Nos revestimentos argamassados, aplica-se o reboco. Esse tem como função dar acabamento à fachada. Pode-se, também, dar o acabamento apenas através do alisamento da camada superficial do emboço, técnica denominada como revestimento de massa única. Acima do revestimento argamassado, ainda podem ser aplicadas outras camadas, como tinta e textura. No caso dos revestimentos cerâmicos, há a camada de fixação que é aplicada para unir o emboço à cerâmica. Após, aplica-se rejunte entre as placas, que serve para vedar o espaço existente e auxiliar na absorção da variação de dimensão das placas.

Conforme Ribeiro (2006, p. 14), a grande variedade e quantidade de materiais sobrepostos traz a exigência de alguns cuidados. Isso porque, por possuírem composições diferentes, se comportam de modos diferentes. Além disso, fatos como a exposição a intempéries, cargas e outros agentes influenciam diretamente no sistema.

Para garantir que a fachada possua um desempenho satisfatório, é preciso que cuidados sejam tomados durante todo o processo de execução da mesma. Destacam-se os seguintes:

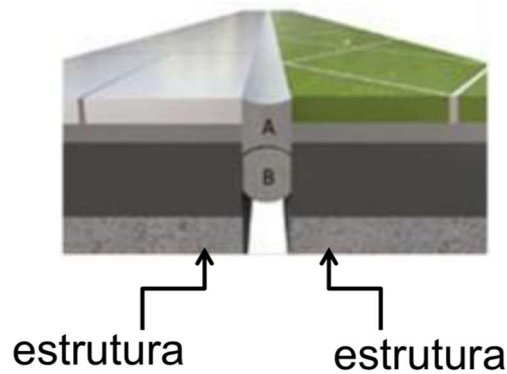
- a) na base, finalizado o assentamento da alvenaria, o encunhamento só deve ser feito após prazo exigido para a acomodação da estrutura;
- b) na base, é preciso que a mesma esteja limpa e sem corpos estranhos, para garantir a aderência da camada seguinte; além disso, a realização de apicoamento ou escovação é também indicada;
- c) na base, é importante que sejam preenchidas as juntas verticais entre os blocos ou tijolos;
- d) no chapisco, bem como no emboço e no reboco, é importante que o traço esteja adequado;
- e) no chapisco, bem como no emboço e no reboco, é importante que se aguarde o prazo de espera entre aplicação de cada camada;
- f) na camada de fixação de elementos cerâmicos, não deixar ultrapassar o “tempo em aberto”, ou seja, o período entre aplicação da camada de fixação e a colocação da placa cerâmica.

Esses cuidados são essenciais para que não ocorram manifestações patológicas indesejadas, como fissuras e deslocamentos. Isso porque, além de prejudicarem a estética, costumam trazer problemas como falta de estanqueidade.

Outro elemento construtivo essencial para o sistema de fachada é a junta. Existem as juntas de dilatação e as juntas de movimentação. Além disso, há as juntas entre componentes, existentes no caso de revestimentos cerâmicos.

As juntas de dilatação, também chamadas de juntas estruturais, são aquelas responsáveis por absorver tensões oriundas de movimentações da edificação como um todo. (MEDEIROS, 1999). Conforme ilustrado na figura 3, consiste em um espaçamento que forma um vão na estrutura e é posteriormente preenchido com material flexível.

Figura 3 – Junta de dilatação



(fonte: trabalho não publicado<sup>1</sup>)

As juntas entre componentes, também chamadas de juntas de assentamento, são o afastamento entre as placas, que aumentam a capacidade do revestimento em absorver deformações. Além disso, essas juntas garantem higiene, geometria adequada e acabamento entre componentes.

Já as juntas de movimentação são definidas pela NBR 13755 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017, p. 5) como:

espaço regular, normalmente mais largo que o da junta de assentamento, cuja função é subdividir o revestimento externo para aliviar tensões provocadas pela movimentação da base ou do próprio revestimento, podendo ou não ser preenchido por selantes ou outro material com propriedades específicas

Os principais critérios a serem definidos a respeito das juntas são a sua espessura e o seu posicionamento. Essas definições ficam no projeto da fachada e são personalizadas para cada edificação. A dimensão e o material da edificação, da fachada e dos componentes de revestimento influenciam. Junto a isso, condições externas, como clima, edificações do entorno e vibrações também devem ser levadas em conta para o dimensionamento.

## 4.2 TIPOS DE PISCINA

Piscinas se assemelham a reservatórios, a principal diferença está na funcionalidade de ambos. Costumeiramente, reservatórios são utilizados para armazenamento, tratamento e/ou distribuição de variados fluidos, enquanto as piscinas são destinadas para o uso humano. O

<sup>1</sup> Notas de aula Juntas de Movimentação da disciplina ENG 01051- Especificação de Materiais e Projeto de Revestimentos Cerâmicos da professora Ana Luiza Raabe Habitante disponível no site <<http://moodleinstitucional.ufrgs.br>> para alunos do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Rio Grande do Sul que cursaram a disciplina em 2016.

principal ponto em comum entre ambos é o fato de suas estruturas estarem sujeitas a pressão hidrostática dos líquidos.

Esses elementos construtivos podem apresentar variadas configurações. As diferenças costumam ser quanto ao método construtivo, material empregado, localização e forma. Podem ser pré-moldados ou moldados *in-loco*; constituídos de concreto armado ou alvenaria, etc.; localizados interna ou externamente à edificação; enterrados ou apoiados e com variadas formas, conforme arquitetura desejada.

As piscinas apoiadas são aquelas que são construídas sobre o solo ou sobre uma estrutura de concreto armado, como, por exemplo, um subsolo. Já as enterradas são aquelas construídas dentro de um buraco no solo.

Carvalho (2002) explica que todas as piscinas “[...] devem suportar a pressão estática e dinâmica da água quando estiverem cheias e com lotação máxima de banhistas.”. Porém, o autor salienta que, para o caso da piscina estar enterrada, ela deve suportar também a carga imposta pelo terreno e pelo lençol freático. Para isso, conforme ele:

Caso o solo não tenha resistência adequada, pode ser feita a troca de solo, compactação da base ou reforço, por exemplo, com solo-cimento; em situações mais desfavoráveis de suporte, ou mesmo no caso de pressão negativa, deve-se recorrer a fundações com estacas.

Para o caso de piscinas apoiadas sobre uma estrutura, esta deverá ser compatível. Caso esteja apoiada no solo, recomenda-se a execução de fundações, evitando-se, assim, grandes deformações da piscina e consequentes surgimentos de fissuras na estrutura.

Por estar permanentemente em contato com a água, a estrutura da piscina requer atenção especial quanto a garantia de estanqueidade. As piscinas, durante a sua construção, devem ser impermeabilizadas, com especial cuidado nos locais onde se encontram esperas para instalações hidráulicas e elétricas.

As piscinas com revestimento cerâmico tem como ponto crítico as placas cerâmicas. Estas devem ter características adequadas para esse tipo de estrutura. Além disso, é muito importante que sua fixação seja feita seguindo rigorosamente os procedimentos corretos, que incluem os seguintes aspectos: produtos em quantidades corretas, tempos de aplicação adequados, utilização dos métodos construtivos ideais e inclusão de juntas.

### 4.3 TIPOS DE COBERTURA

Cardoso et al. (2000, p. 2) separam os tipos de coberturas em dois: lajes de concreto impermeabilizadas e coberturas em telhado. Embora sejam compostos por materiais e técnicas de execução diferentes, conforme a NBR 15575-5 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 19) esses subsistemas tem a mesma função:

[...] de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, proteger os demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais, e contribuir positivamente para o conforto termoacústico da edificação habitacional

Cardoso *et al.* (2000, p. 2) ainda dizem que os telhados são formados pelas seguintes partes: telhas, trama, estrutura de apoio e sistemas de captação de águas pluviais. Essas partes podem variar tanto nos materiais de que são formadas, quanto nas configurações dos elementos que formam o sistema do telhado.

Para Silva *et al.* (2012, p. 374), embora existam várias outras formas de se executar lajes, a laje maciça é o sistema mais comumente utilizado. As lajes desse tipo têm espessura variável entre 7 e 15 cm e são utilizadas em edifícios de pavimentos e obras de grande porte. Silva et al. ainda explicam como esse elemento é executado: “[...] são lajes feitas totalmente “*in loco*”, normalmente a partir de formas de madeira, onde é colocada a armadura e feito a concretagem.”.

A laje de cobertura requer um sistema de impermeabilização para garantir a sua estanqueidade, já que a estrutura de concreto não é capaz de garantir esse requisito sem tal sistema, conforme explica Picchi (1984, p. 17). Para a melhor escolha do tipo de impermeabilização, deve-se analisar antes o tipo de laje que receberá tal sistema e o uso ao qual se destina, conforme orienta Nakamura (2018):

[...] é muito importante levar em consideração o tipo de laje que será impermeabilizada, bem como analisar o projeto estrutural para saber detalhes sobre o cálculo, as flechas e as deformações admissíveis, além do uso previsto para o local. A abordagem deverá ser diferente se, por exemplo, a laje receber tráfego de veículos ou se tiver de suportar equipamentos pesados e com altas vibrações.

As deformações citadas por Nakamura (2018) também podem ser provocadas pela ação do vento e da variação de temperatura. A magnitude dessas deformações depende diretamente dos materiais empregados ao sistema bem como a amplitude de tais ações. Além disso,

devem-se observar cuidados como cura, vibração e resistência do concreto, pois contribuem diretamente para deformações e conseqüentemente para o surgimento de fissuras, por onde penetra a água.

Para Picchi (1986, p. 28) o fator que se deve levar em consideração para escolha do sistema de impermeabilização de uma cobertura é a sua forma bem como sua acessibilidade. Segundo o autor, as formas implicam diretamente nos tipos de tensão que surgem decorrentes da atuação das cargas.

Outro quesito julgado importante por Picchi (1986) para que seja possível garantir a estanqueidade são os detalhes. Segundo o autor, detalhes, como rodapé, ralos, juntas e peças que atravessem a laje de cobertura são pontos críticos quando o assunto é impermeabilização.

## 5 TIPOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A classificação do tipo ou sistema de impermeabilização é dada a partir da escolha de diferentes parâmetros. O nome adotado para a impermeabilização depende ou dos materiais empregados, ou dos tipos de aderência entre esse material e a base ou ainda pela técnica de execução.

Picchi (1986, p. 76) classifica os sistemas de impermeabilização a partir da sua flexibilidade, como rígidos e flexíveis. As mantas asfálticas e concretos impermeáveis são exemplos de sistemas flexíveis e rígidos, respectivamente.

Já a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 7) resume os tipos de impermeabilização em cimentícios, asfálticos e poliméricos. Essa definição é em função do material utilizado na camada impermeável do sistema.

A classificação utilizada pela NBR 9575/2010 e por Picchi (1986) não são excludentes. Pode-se classificar os tipos de impermeabilização pelo material da camada impermeável e por sua flexibilidade, conforme apresentado abaixo.

### 5.1 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MATERIAIS RÍGIDOS

São considerados materiais rígidos aqueles que não permitem deformações. Esse tipo de material não é capaz de acompanhar as deformações sofridas pelas estruturas.

Moraes (2002, p. 20) explica que sistemas considerados rígidos são adequados para estruturas onde não ocorrem fissurações. Esses elementos normalmente não sofrem grandes movimentações o que viabiliza o uso deste tipo de material.

Mariane (2014) diz que as movimentações nos elementos da edificação podem ser provocadas por grandes variações de temperatura diárias. Segundo a autora, é por esse motivo que normalmente materiais rígidos são utilizados em impermeabilização de estruturas como piscinas enterradas, fundações, subsolos, e etc.

Estruturas que estão abaixo do solo, estão sujeitas a menores variações de temperatura e consequentemente a pequenas movimentações. Já que ambientes sob o solo não tem oscilações de temperatura, por não estarem expostos ao sol.

No mercado existem alguns materiais do tipo rígido que permitem uma certa flexibilidade. Porém ainda assim, essa flexibilidade é muito menor que as deformações sofridas por uma estrutura.

Dentre os materiais referenciados pela NBR 9575/2010, aqueles que possuem características de materiais rígidos são os do tipo cimentícios. Basicamente são compostos por aglomerantes mais agregados, acrescido de aditivo. É esse aditivo que fornece a característica impermeável ao material.

Eles podem ser feitos no local, ou ainda serem industrializados. A argamassa e concreto, feitos em obra, adicionando-se o aditivo, são exemplos de feitos no local. Os pré-fabricados, podem ser em bicomponentes ou já vir pronto de fábrica.

Conforme Ferreira (2012) “Cada produto tem seus próprios métodos de preparo e aplicação”. Porém, alguns tipos são aplicados em 3 demãos com sentidos intercalados, de modo a formar uma camada fina.

Alguns ainda, necessitam de estruturação em alguns pontos. O estruturante mais comum é a tela de poliéster. A utilização se faz necessária em rodapés e entradas de tubulações, facilitando assim a aplicação nesses locais.

Os materiais do tipo cimentício constantes na NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 7) variam quanto ao tipo de aglomerante e ao tipo de aditivo, conforme abaixo:

- a) argamassa com aditivo impermeabilizante;
- b) argamassa modificada com polímero;
- c) argamassa polimérica;
- d) cimento modificado com polímero.



## 5.2 IMPERMEABILIZAÇÃO COM MATERIAIS FLEXÍVEIS

Se os sistemas rígidos são conhecidos por não permitirem deformações, os flexíveis são exatamente o contrário. Rodrigues et al. (2016, p. 25) explicam que os sistemas flexíveis, normalmente, “São utilizados em áreas externas, onde há muita variação de temperatura e trabalhabilidade da estrutura [...]”.

Rodrigues et al. (2016, p. 25) citam como exemplo de materiais flexíveis os formados por componentes asfálticos. Esses materiais podem ser estruturados, quando armados com algum tipo de material, ou não estruturados quando sem estruturação. Além disso, podem possuir mais de uma camada.

São exemplos de impermeabilizantes asfálticos, citados pela NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 7):

- a) membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;
- b) membrana de asfalto elastomérico;
- c) membrana de emulsão asfáltica;
- d) membrana de asfalto elastomérico, em solução;
- e) manta asfáltica.

Aplicadas com o uso de um rolo, as membranas se assemelham a uma pintura, porém, são aplicadas com demãos alternadas, ou seja, intercalando a direção dos movimentos. As membranas são classificadas quanto a aplicação como *in loco*. Schreiber (2012, p. 30) explica sobre isso:

O sistema moldado no local pode ser aplicado a quente, como os asfaltos em bloco, ou aplicado a frio, como as emulsões e soluções, em espessuras variadas. Exigem aplicação em camadas superpostas, sendo observado para cada produto um tempo de secagem diferenciado.

Ainda, por serem moldadas no local, as membranas são facilmente aplicadas, podendo ser utilizadas em várias áreas de uma edificação. Nakamura (2014) exemplifica esses locais:

[...] as membranas aplicadas a frio são utilizadas na impermeabilização de áreas como pequena laje horizontal ou abobadada, banheiro, cozinha, área de serviço, terraço, sacadas etc. As membranas moldadas a quente são indicadas para a impermeabilização de áreas como muro de arrimo, cozinhas, áreas de serviço, lajes externas, piscinas etc.

Os tipos de membrana citados variam quanto a adição ou não de polímeros, o tipo de asfalto e sua composição e sua técnica de aplicação. A membrana de emulsão asfáltica, por exemplo, “É um impermeabilizante produzido através da emulsificação do asfalto em água através de um agente emulsificador.” (CARLOS; SILVA, 2015, p. 32).

Normalmente embaladas na forma de rolos, “As mantas são prontas para uso, necessitando a soldagem ou colagem, entre elas, com processos indicados pelo fabricante.” (MORAES, 2002, p. 21). Sendo consideradas como sistemas pré-fabricados, devido ao seu método de execução.

As mantas são normalmente indicadas para grandes áreas e que, preferencialmente, sejam sem interferências. Isso em função das suas emendas, que não são facilmente executadas em lugares não planos, conforme explica Nora (2015, p. 26):

As juntas são o ponto mais frágil das mantas, é nelas onde ocorrem a maioria dos defeitos. As mantas também se mostram especialmente problemáticas nos encontros entre a laje e outros elementos construtivos como paredes, platibandas, bases de antenas e para-raios..., por este motivo elas não são muito indicadas para terraços com grande número destes elementos, pois além do problema nos encontros, esses elementos normalmente exigem que se façam recortes na manta, o que acaba resultando em desperdícios.

Pezzolo (2007) explica que há vários tipos de mantas no mercado, sendo espessura, tipo de estrutura e composição as principais diferenças entre elas, sendo a manta asfáltica a mais conhecida.

Ferreira<sup>2</sup> (2013 apud GNOATTO; NUERNBERG, 2014, p. 23) explica que as mantas asfálticas são compostas de um estruturante central, normalmente de filamentos de poliéster ou véu de fibra de vidro, recoberto por um composto asfáltico. Segundo o autor é esse estruturante o responsável por dar resistência mecânica ao material.

Já o acabamento da manta é responsável pelo efeito estético e também pela funcionalidade, podendo ser, para o caso de mantas asfálticas, conforme Gnoatto e Nuernberg (2014, p. 24), dos seguintes materiais: polietileno, areia, alumínio, geotêxtil, ardoziado ou antirraiz.

A NBR 9952 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014, p. 4) diz que as mantas asfálticas também podem variar quanto à resistência à tração, alongamento e

---

<sup>2</sup> FERREIRA, R. Conhecendo os impermeabilizantes. Equipe de obra, São Paulo, n. 65, p. 16-20, nov. 2013.

flexibilidade a baixas temperaturas. A Norma orienta que a escolha do tipo mais adequado deve ser da seguinte forma:

[...] deve ser em função dos locais e estruturas a serem impermeabilizados, da carga atuante sobre a manta asfáltica, grau de fissuração previsto, flecha máxima admissível, exposição às intempéries e forma de aplicação aderida ou não ao substrato. Cabe ao responsável técnico definir o tipo de manta asfáltica a ser indicado para cada obra, de acordo com a ABNT NBR 9575.

A NBR 9952 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) ainda salienta que a aplicação desse sistema deve ser de acordo com o tipo de manta e as orientações do fabricante, a fim de garantir a integridade e estanqueidade do material. Sobre a execução das emendas, a mesma Norma recomenda um transpasse de 10 cm em ambos os sentidos. Esse tipo de sistema requer ainda especial atenção durante a execução em locais como: ralos, rodapé e encontros de planos.

Pichi (1986, p. 51) recomenda para regiões dos rodapés que a manta suba até a altura de 20cm acima da última camada do piso. Além disso nas mudanças de planos, o autor recomenda o arredondamento dos cantos. Para os elementos que atravessem a cobertura, uma das soluções possíveis, é a execução de um mastique. Nos ralos, a impermeabilização deve ir até o seu interior. Ainda é recomendado a execução de juntas perimetrais para este sistema.

Além dos impermeabilizantes asfálticos, o uso dos materiais poliméricos é frequente. Os impermeabilizantes flexíveis poliméricos podem existir na forma de membranas e mantas. Picchi (1986, p. 95) destaca, entre as mantas poliméricas, as de Poliisobutileno (Butil) e Policloreto de Vinila (PVC).

A manta de Butil, conforme Picchi (1986, p. 133), é um sistema sem estruturante aplicada em uma única camada. O autor ainda explica que as emendas são executadas com adesivos auto-vulcanizantes e fitas do mesmo material da manta, só que em estado cru, com largura de 4 a 5 cm. Leal (2003) diz que este tipo de sistema é comumente indicado para “[...] estruturas sujeitas a intensos esforços ou deformações, como lajes muito esbeltas, [...]”.

Picchi (1986, p. 137-138) explica que, em geral, o sistema manta de PVC é muito parecido com a manta Butil, a diferença está no modo como são feitas as emendas. Moraes (2002, p. 24) explica que essas emendas são feitas com pistola de ar quente. O autor ainda detalha que a fixação dos rodapés é feita com cola para PVC.

Conforme Oliveira (2006), a manta de PVC é formada por um composto virgem de PVC, aditivos, estabilizantes, plastificantes entre outros elementos. São esses plastificantes que conferem flexibilidade ao material.

Esse tipo de manta são considerados elementos pré-fabricados e tem espessuras uniformes de 0,08 e 1,0mm. A NBR 9690 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007, p. 2) estabelece de acordo com essas espessuras, critérios como resistência à tração e ao rasgamento.

Moraes (2002, p. 28) destaca como uma das vantagens deste tipo de impermeabilização o fato de ser do tipo não aderida. O que faz com que as variações térmicas, sofridas pelo elemento impermeabilizado, sejam independente do sistema impermeabilizante.

Outra característica desse tipo de impermeabilizante, é a durabilidade, que costuma ser muito maior do que as dos comumente utilizados. Conforme afirmam Silva e Oliveira (2006, p.1):

[...] sistemas de impermeabilização de alto desempenho em membranas flexíveis de PVC têm uma expectativa de vida útil superior a 30 anos, com praticamente nenhuma intervenção de manutenção ao longo desse período, mesmo em aplicações extremas, em que se exige ao máximo o sistema instalado. Isso se deve às características físicoquímicas e mecânicas do material e à confiabilidade na tecnologia proporcionada pelo sistema [...]

Além disso as mantas em PVC, podem contribuir quando o assunto é conforto térmico, quando aplicadas sem a camada de proteção mecânica. Ferreira (2012) explica, que por serem fabricadas em cores clara elas ajudam a refletir os raios solares. O que faz que quando aplicadas em áreas como coberturas, não absorvam o calor ajudando assim a manter a temperatura do interior. Com isso, pode diminuir o consumo de energia da edificação, tornando assim esse tipo de manta ideal para edificações sustentáveis.

Ferreira (2012) ainda diz que também existem mantas de PVC específicas para resistir à raízes de plantas e microorganismos, sendo apropriadas para o uso em locais como jardins. Leal (2003) recomenda o a utilização desse tipo de sistema em locais de ambientes agressivos, como por exemplo esgotos.

A NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 8) ainda cita outros tipos de mantas poliméricas: manta de acetato de etilvinila (EVA), manta de polietileno de alta densidade (PEAD), manta elastomérica de etilenopropilenodieno-

monômero (EPDM) e manta de poliisobutileno isopreno (IIR). Nakamura (2014) diz que essas mantas, assim como as demais mantas poliméricas, são indicadas para locais como lagos artificiais, aterros sanitários e tanques, por protegerem o solo da contaminação, através de uma barreira física.

Ferreira (2012) explica que as mantas tipo PEAD tem em sua composição polietileno virgem, fuligem e ainda substâncias químicas. Sendo o polietileno virgem e a fuligem os responsáveis por conferirem ao material resistência aos raios ultravioletas. Já as substâncias químicas dão ao material um aumento de resistência à intempéries, ao calor e à degradação.

Quanto às membranas poliméricas, são vários os tipos existentes no mercado. A principal diferença entre elas está no polímero de que são feitas. Nora (2015) generaliza essas membranas em 5 grandes grupos: Neoprene e Hypalon, acrílicas, poliuretanos, poliureia e epóxi.

Nora (2015) ainda explica que as membranas de Neoprene e Hypalon, as acrílicas e de poliuretano, são resistentes aos raios ultravioletas, ideais para lajes expostas à ação do sol. Porém Ferreira (2012) salienta que essas lajes devem ser do tipo inacessíveis.

Righi (2009, p. 35), explica que as resinas acrílicas são aplicadas, colocando-se uma tela de poliéster. Portanto, são materiais que necessitam de estruturação. Além disso o autor salienta que este tipo de impermeabilização requer proteção mecânica para os casos em que houver trânsito de pessoas e veículos.

Ferreira (2012) ainda explica que as membranas acrílicas são produtos comumente dispersos em água, formados a partir de uma emulsão. O autor ainda destaca como locais de uso lajes inclinadas, abóbada e telhas pré-moldadas.

Já as resinas feitas de epóxi são capazes de resistir a intempéries, produtos químicos e abrasão. Sendo que resistência à abrasão é uma característica obtida com o acréscimo de agregado miúdo. Nora (2015) diz que essas resinas não resistem aos raios ultravioletas. Porém, assim como as membranas de poliureia, apresentam alta resistência mecânica, sendo o uso de ambas apropriado para ambientes industriais – onde esse quesito é exigido.

### 5.3 CAMADAS DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Além da camada impermeabilizante, um sistema de impermeabilização pode ser composto de outras camadas. A existência ou não de camadas complementares se faz em função de fatores como exigência da camada impermeabilizante e da ineficácia da camada portante de obter determinados requisitos.

As camadas complementares para um sistema de impermeabilização, citadas pela NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9) e suas definições são apresentadas a seguir:

- a) Camada de imprimação - é a camada abaixo do material impermeável. Segundo Pezzolo (2006), “Esse processo permite a selagem dos poros da argamassa e garante a aderência do impermeabilizante ao substrato”. Em alguns sistemas, a camada de imprimação ou também conhecida como primeira pintura, poderá ser dispensável.
- b) Camada-berço - adesivo elastomérico, asfáltico, geotêxtil de poliéster ou polipropileno, poliestireno expandido ou extrudado (E.P.S.) são materiais utilizados como camada-berço, conforme indicado pela NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9). Tem como função proteger a camada de impermeabilização de ações geradas pela base. Segundo a NBR 9574 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 15), a execução dessa camada também é indicada em locais onde o substrato não será regularizado.
- c) Camada de amortecimento – assim como a camada-berço, tem como objetivo proteger a impermeabilização, só que de ações provocadas acima da camada impermeabilizante. Denver (2014) dá como exemplo dessas ações a “[...] energia de deformação gerada pelo trânsito de veículos em áreas de estacionamento e/ou equipamentos instalados sobre a proteção mecânica”. Esta camada, conforme a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9), pode ser formada por um dos seguintes materiais: areia; cimento e emulsão asfáltica; geotêxtil de poliéster ou polipropileno; emulsão asfáltica com borracha moída; poliestireno expandido ou extrudado (E.P.S).
- d) Camada drenante – normalmente se faz necessária em casos em que o elemento construtivo está em contato permanentemente com a o solo como fundações, piscinas enterradas e paredes em contato com o solo. Esse tipo de camada é formada por dreno, brita, filtro e um material drenante, nessa ordem.
- e) Camada separadora – é utilizada para separar duas camadas. Conforme Picchi (1986, p. 37) é responsável por desassociar a impermeabilização ou do seu suporte ou da camada de proteção, evitando danos em função de movimentos distintos. Segundo a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 9) pode ser feita de papel kraft betumado, papel kraft sobre camada geotêxtil, ou filme polietileno.

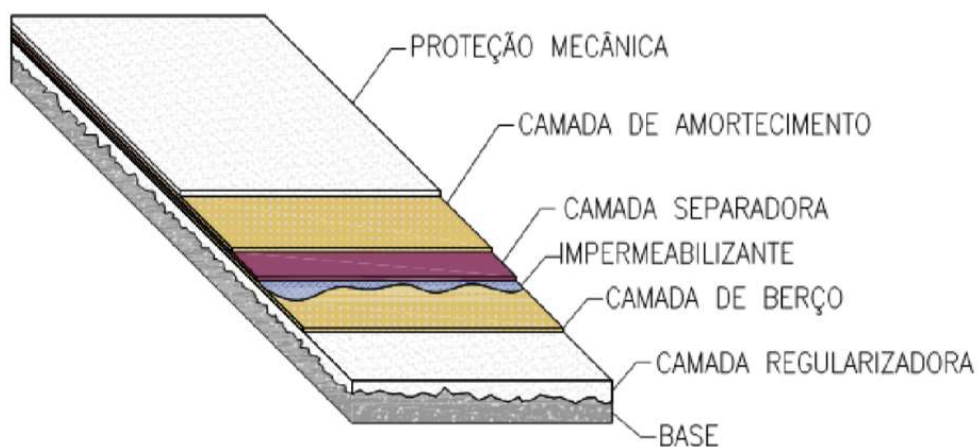
f) Camada de proteção mecânica – tem o objetivo de proteger a camada impermeabilizante de danos, como o rompimento da camada impermeabilizante. Normalmente é um contrapiso.

g) Camada de proteção térmica – Conforme a NBR 9575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010, p. 3) essa camada tem como função “[...] reduzir o gradiente de temperatura atuante sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra os efeitos danosos do calor excessivo”. Com isso, a execução desta camada, amplia a vida útil da camada impermeabilizante. Além de melhorar o conforto térmico da edificação.

Existe também a camada de regularização, que embora não mencionada pela norma, tem grande importância para alguns sistemas. É sobre essa camada que será executada a camada impermeabilizante. Rodrigues *et al.* (2016, p. 25) explicam que os passos para preparo dessa superfície “Consistem em: limpeza; contrapiso de regularização de superfície, dando declividade para o sistema de drenagem do ambiente; boleamento dos vértices com ângulo de 90° e regularização [das] estruturas verticais (alvenaria, mureta ou pilares) [...]”.

A figura 4, exemplifica um sistema de impermeabilização e suas respectivas camadas. É válido salientar que nem todas as camadas necessariamente se fazem presentes.

Figura 4 – Camadas do sistema de impermeabilização



(fonte: SOARES, 2014)

## 6 ESTUDO DE CASO

Será apresentado a seguir o estudo do desempenho quanto a estanqueidade de um edifício residencial localizado na cidade de Porto Alegre. O estudo será concentrado nas regiões específicas dos sistemas de impermeabilização da fachada, cobertura e piscina.

Primeiramente o caso será apresentado e após serão avaliadas as manifestações patológicas que ocorreram em função da umidade. A partir disso, serão identificadas as falhas que geraram tais manifestações e fornecidas recomendações que as evitariam.

### 6.1 APRESENTAÇÃO DO CASO

A edificação objeto de estudo foi construída no ano de 2007, na cidade de Porto Alegre/RS. Localizada no bairro Bela Vista, a edificação possui uso multifamiliar, 16 pavimentos e foi construída com estrutura de concreto armado moldada *in loco* e lajes protendidas. Sua infraestrutura conta com piscina, jardim, estacionamento e depósitos, sendo os dois últimos localizados em dois pavimentos de subsolo. Possui uma área construída de 8.938,40 m<sup>2</sup>. A figura 5 ilustra o prédio.

Figura 5 – Objeto de estudo



(fonte: imagem não publicada<sup>3</sup>)

---

<sup>3</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.



As regiões de enfoque do estudo são a fachada, a piscina e a laje da cobertura. As mesmas são descritas a seguir.

### 6.1.1 Fachada

A fachada da edificação é apresentada na figura 6. Seu revestimento é do tipo aderido, com pastilhas cerâmicas e elementos de basalto.

Através de registros fotográficos feitos durante a execução da obra, pôde-se conhecer de modo geral o processo de constituição da fachada. Esta é constituída de blocos cerâmicos fixados por telas nos elementos estruturais de concreto. Além de chapisco, emboço e, conforme já mencionado, pastilhas cerâmicas.

Figura 6 – Fachada do caso estudado



(fonte: foto da autora)

Tanto o chapisco quanto o emboço foram produzidos a partir de argamassas industrializadas e aplicados através do método de projeção. Esse método consiste no lançamento da argamassa na parede através do uso de um equipamento, garantindo assim uma certa homogeneidade ao processo. Isso porque, na argamassa projetada, é possível padronizar a quantidade de massa, bem como a velocidade com a qual ela está sendo aplicada ao substrato, quando lançadas por força humana, não se tem o controle desses parâmetros.

Antes da aplicação do chapisco, porém, foi realizado o preparo da base, a fim de garantir a aderência com a camada de chapisco. Esse preparo incluiu a regularização do substrato, que foi feita com o uso de uma lixadeira, removendo-se as irregularidades dos elementos de concreto, conforme figura 7, além de proporcionar uma certa porosidade a base, necessária para permitir as pontes de aderência.

Além das irregularidades, removeu-se também as pontas salientes dos elementos metálicos fixados anteriormente na fachada, com a função de fixar equipamentos de segurança, como bandejas e andaimes. Na superfície remanescente desses elementos metálicos, aplicou-se tinta zarcão para evitar o surgimento de ferrugem e conseqüentemente o surgimento de manifestações patológicas, como vesículas. A pintura dos elementos metálicos pode ser verificada na figura 8.

Figura 7 – Regularização do substrato com o uso de lixadeira



(fonte: foto não publicada<sup>4</sup>)

Figura 8 – Aplicação de zarcão em elementos metálicos



(fonte: foto não publicada<sup>5</sup>)

Outro procedimento realizado, que também garante a aderência entre as camadas, foi o preenchimento de furos e vãos existentes na estrutura e na alvenaria. Os vãos, quando não

<sup>4,5</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

preenchidos, além de comprometerem a capacidade de aderência, também podem ser pontos críticos para futuros surgimentos de umidade.

A lavagem do substrato, igualmente contribui para a aderência, permitindo a remoção das sujidades, como desmoldante e poeira. A limpeza foi realizada com a utilização de equipamento lava-jato.

Então, como finalização do preparo da base, fez-se a projeção do chapisco. Conforme a NBR 13529 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 3), essa camada tem a função de padronizar a superfície sob o aspecto da absorção, além de proporcionar melhor aderência. Para que a aderência seja efetiva é necessário que esta camada tenha uma certa rugosidade, o que não ocorreu, já que a superfície apresentada na figura 9 mostra que o chapisco executado tem um aspecto quase liso.

Sobre a superfície chapiscada foram fixadas telas com finca pinos na alvenaria, nas vigas e nos pilares, conforme figura 9. Segundo Corsini (2011, p. 3) “As telas de reforço são elementos que absorvem e dissipam as tensões provocadas no revestimento, evitando a formação de fissuras.”.

Figura 9 – Fixação das telas na fachada



(fonte: foto não publicada<sup>6</sup>)

---

<sup>6</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Com a tela fixada, iniciou-se o procedimento de execução do emboço. Para execução dessa camada foram realizados o mapeamento da fachada, o taliscamento e a execução de mestras. Após, projetou-se a argamassa sobre a superfície da fachada. O emboço foi, então, reguado e desempenado, conforme figuras 10 e 11, respectivamente. A régua conferiu o alisamento da camada, enquanto a desempenadeira forneceu o acabamento final à superfície.

Figura 10 – Emboço sendo reguado



(fonte: foto não publicada<sup>7</sup>)

Figura 11 – Emboço sendo desempenado



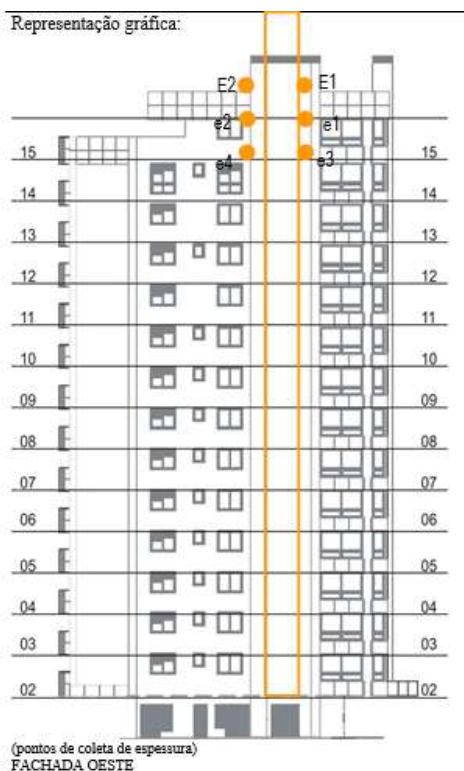
(fonte: foto não publicada<sup>8</sup>)

Quanto às espessuras da camada de emboço, essas foram medidas nas fachadas sul, e oeste. Escolheu-se faixas do revestimento, onde foram coletadas as espessuras de 4 pontos por andar, a exemplo da figura 12. Não foram encontradas informações sobre o motivo da escolha de tais pontos.

<sup>7,8</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.



Figura 12 – Pontos de medida do emboço

(fonte: imagem não publicada<sup>9</sup>)

As menores e maiores espessuras encontradas de emboço, dentre todas as fachadas, foram de 1,4 e 7,3 cm, respectivamente, comprovando uma grande variação de espessura. Essa variação não é comum nos processos de projeção. Uma hipótese para a ocorrência deste fato é a existência de possíveis irregularidades da base, que normalmente são compensadas na camada de emboço. Os resultados de todas as medidas são apresentados no Apêndice A.

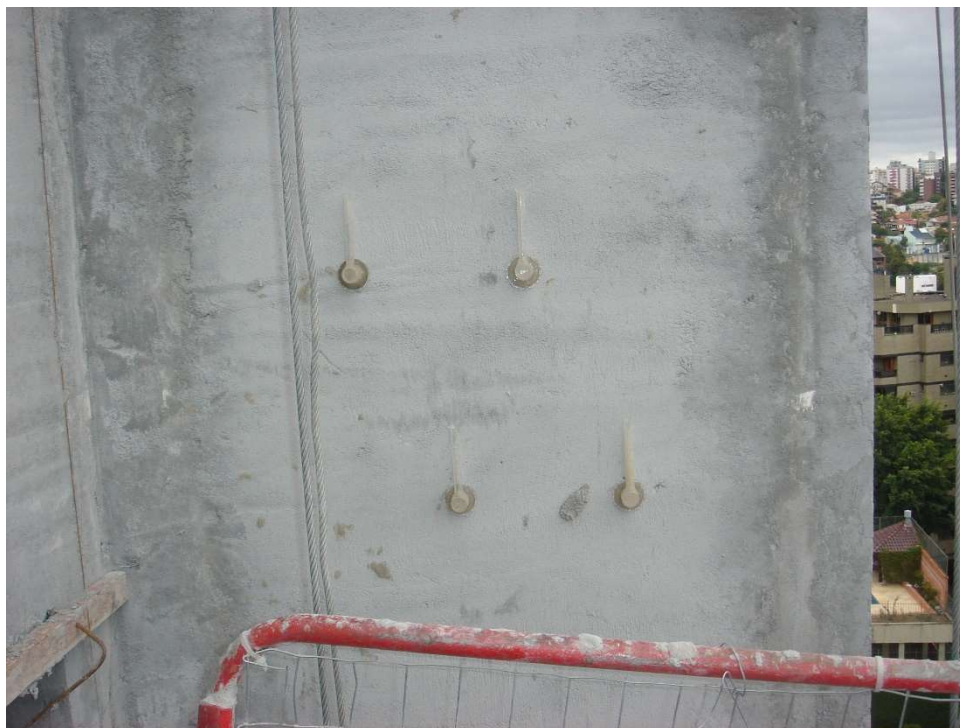
Além das espessuras, verificou-se também a permeabilidade do emboço, através do método dos cachimbos, conforme figura 13. O método consiste em medir a absorção e a permeabilidade da argamassa.

Os cachimbos são fixados com selante na superfície e preenchidos com água, de modo a provocar uma pressão de 92 mm de altura de coluna de água. Então é controlada a diminuição da altura da coluna de água, durante um período de até 60 minutos, com no mínimo 30 observações. Embora não normatizado, este método é bastante utilizado pela facilidade de aplicação, porém, não é considerado exato. Sua falta de precisão é em virtude da temperatura do local, que pode provocar a evaporação da água.

<sup>9</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

O teste foi aplicado nas fachadas Sul e Oeste, em pontos do substrato de elementos de concreto e de substrato de blocos cerâmicos. A fachada sul teve os maiores valores de permeabilidade que variaram de 1,10 a 3 mL de coluna de água.

Figura 13 – Teste de permeabilidade



(fonte: foto não publicada<sup>10</sup>)

Sobre a camada de fixação do revestimento cerâmico, não se obtiveram informações de materiais e registros de execução. Apenas localizou-se um documento orientativo com os seguintes procedimentos:

- a) o verso das peças cerâmicas devem ser limpas com trincha ou brocha para retirada do “engobe” (quando houver);
- b) aplicar argamassa colante no verso da peça e na parede rebocada (dupla colagem). Os frisos da desempenadeira dentada na parede devem ser na horizontal;
- c) execução da junta de movimentação no nível do encunhamento de cada pavimento.

Os procedimentos relatados, quando executados, garantem a boa aderência da camada de revestimento, evitando assim futuros deslocamentos.

<sup>10</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

As pastilhas cerâmicas utilizadas são de marca nacional, com dimensões de 5 x 5 cm, nas cores bege e cinza. São teladas em conjuntos de 48 unidades de pastilha. Devido às suas características técnicas, são indicadas para áreas externas, com presença de umidade. Sobre o rejunte utilizado não se obtiveram informações.

As juntas de movimentação da fachada foram executadas logo após o desempenho da superfície com equipamento específico. Foram executadas na horizontal a cada pavimento, logo acima da viga. Não foi possível medir a espessura das mesmas por razão do difícil acesso. Porém, conforme figura 14, pode-se observar que essas tem espessuras muito próximas às do rejunte, que é de 5 mm, sendo muito difícil diferenciar os tipos de junta.

Figura 14 – Juntas de movimentação



(fonte: foto da autora)

O tratamento das juntas de movimentação foi realizado com os seguintes materiais: fita crepe, tarucel (delimitador de profundidade) e selante. As propriedades do selante bem como a profundidade da junta são desconhecidos.

### 6.1.2 Piscina

A piscina do edifício do caso de estudo é do tipo elevada e está localizada no jardim do edifício, sobre a laje do subsolo. Construída em concreto armado moldado *in loco*, é revestida por pastilhas cerâmicas, conforme figura 15. A piscina tem uma cascata em uma das laterais, em forma de borda infinita, com volume total de 53 m<sup>3</sup>.

Figura 15 – Piscina do edifício



(fonte: foto da autora)

A impermeabilização foi realizada com manta asfáltica de 4 mm. Não se têm informações sobre o transpasse das emendas, sobre os detalhes como ralos e mudanças de planos e sobre a camada de imprimação. Na figura 16 é possível visualizar a execução da impermeabilização.

Acima da camada de impermeabilização, foi executada uma camada de proteção de argamassa, sendo revestida com pastilhas cerâmicas nacionais, de dimensões 5 x 5 cm, em dois tons de azul. Não foram obtidas informações a respeito dos materiais e técnicas utilizados na camada de proteção, na camada de fixação do revestimento e nas juntas existentes.



Figura 16 – Impermeabilização da piscina



(fonte: foto não publicada<sup>11</sup>)

### 6.1.3 Laje de Cobertura

A cobertura do edifício é do tipo laje de concreto, plana e acessível, conforme figura 17. Sua acessibilidade é apenas técnica, ou seja, é utilizada principalmente para a fixação de equipamentos, sendo eles antenas e para-raios. Além de equipamentos, há tubulações de ventilação e exaustão que atravessam a laje, ralos e caixas sifonadas. A torre dos reservatórios nasce na laje de cobertura, estando localizada na parte central, conforme planta do Apêndice B.

---

<sup>11</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Figura 17 – Laje da cobertura



(fonte: foto da autora)

Quanto ao método construtivo da laje da cobertura é do tipo protendido, moldada *in loco*. O concreto utilizado foi de 30 MPa, sendo sua espessura de 17 cm e área de 297 m<sup>2</sup>.

Através de planilhas de medições para pagamento de empreiteiras, verificou-se que no interior da torre dos reservatórios foram executadas camada de isolamento térmico e vedação acústica. O material utilizado como isolante acústico é desconhecido. Já o material utilizado como isolamento térmico são blocos de EPS.

Atualmente, após algumas intervenções, na laje da área externa da cobertura existe manta asfáltica geotêxtil de 4 mm, com transpasse de 15 cm. Houve rebaixo dos rodapés e teste de estanqueidade foi feito.

## **7 FALHAS: IDENTIFICAÇÃO, CONSEQUÊNCIAS E RECOMENDAÇÕES PARA EVITÁ-LAS**

Os sistemas descritos no capítulo 6 falharam quanto ao requisito de estanqueidade. Essas falhas provocaram manifestações patológicas devido a passagem da água para o interior da edificação.

A seguir serão apresentadas tais manifestações patológicas e os possíveis motivos de falha do sistema de impermeabilização. Também serão apresentadas recomendações de boas práticas construtivas que teriam evitado essas ocorrências.

As intervenções visando recuperar desempenho, realizadas na edificação, também falharam, comprovando a ineficácia do sistema e tipo de intervenções corretivas. As causas de reincidência do problema também serão apresentadas a seguir.

### **7.1 FACHADA**

Na fachada, a entrada de umidade provocada pela falta de estanqueidade do sistema gerou infiltração em duas regiões da edificação. Essas infiltrações são devidas a umidade de percolação. A primeira é no encontro de planos das fachadas norte e leste do prédio, onde encontram-se suítes dos apartamentos. Ali, a ação da água afetou um dos cantos das suítes, conforme figura 18. A segunda região afetada foram as paredes da torre dos reservatórios. Nelas, a entrada de umidade foi muito mais severa, conforme ilustra a figura 19.

A constatação de problemas nos apartamentos ocorreu a partir do surgimento de bolhas no revestimento interno. Elas surgiram devido ao fato do revestimento da parede ser em massa corrida com acabamento final em pintura que, quando na presença de umidade, expande, formando tensões superficiais e, conseqüentemente, bolhas.

Já na torre dos reservatórios, as manifestações patológicas identificadas foram bolhas na pintura e o descolamento com pulverulência. A pulverulência é a desagregação do material, sendo muitos os motivos de sua ocorrência. Dentre esses possíveis motivos está a ação de

microorganismos que se desenvolvem na presença de umidade, conforme explica Marques (2009, p. 40):

[...] através dos microorganismos, por meio da secreção de ácidos orgânicos das reações de seu metabolismo ou pelo consumo dos aglomerantes desse reboco, entre eles o cimento, desencadearam o processo de biodeteriorização da argamassa de revestimento, cuja consequência foi o seu descolamento com pulverulência.

Outros motivos para o surgimento da pulverulência, segundo Bauer<sup>12</sup> (1997 apud SEGAT, 2005, p. 23), são os seguintes: o uso de componentes que substituem a cal e que não possuem características aglomerantes; a hidratação errada do cimento da argamassa; argamassas aplicadas após o tempo de pega; e argamassas vencidas ou mal armazenadas.

Figura 18 – Bolhas em um apartamento



(fonte: foto não publicada<sup>13</sup>)

Figura 19 – Bolhas e pulverulência na torre dos reservatórios



(fonte: foto não publicada<sup>14</sup>)

Diante desses problemas, a construtora responsável pela edificação optou por reparar a fachada nas regiões externas àquelas que apresentavam problemas e, internamente, os locais onde as manifestações patológicas se iniciaram. Na fachada, o reparo se deu através da reaplicação do rejunte, com objetivo de cessar a entrada de água pelas juntas de assentamento.

<sup>12</sup> BAUER, R. J. F. Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. Simpósio Brasileiro de Tecnologia das argamassas, 2., 1997, Salvador. Anais...Salvador: CETA/ANTAC, 1997. P. 321-333.

<sup>13,14</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.



Nos ambientes internos, corrigiu-se a massa corrida e a pintura. Porém, após um curto espaço de tempo, os defeitos reincidiram.

Após a ineficiência do reparo realizado, verifica-se a necessidade de uma análise aprofundada da situação. Para isso, é preciso, a partir da identificação dos locais e problemas de umidade, buscar os possíveis motivos para isso.

Conforme já citado, os problemas apresentados são bolhas e pulverulência devido à ação da água. A partir disso, é importante visualizar a situação da fachada nos pontos em que ocorreram manifestações patológicas. Conforme as figuras 20 e 21 ilustram, as fachadas apresentam fissuras e início de descolamento, respectivamente. Na figura 22, verifica-se ainda a existência de locais sem rejuntamento ou com rejunte deteriorado.

Figura 20 – Fissura na fachada



(fonte: foto da autora)

Figura 21 – Descolamento na fachada



(fonte: adaptada de foto não publicada<sup>15</sup>)

Figura 22 – Rejunte deteriorado ou ausente



(fonte: foto não publicada<sup>16</sup>)

<sup>15,16</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Na posse das informações a respeito de materiais e execução utilizados na construção, juntamente com o histórico de correções e o estado atual da fachada, é possível apontar possíveis causas da falta de estanqueidade. Essas causas podem ter diferentes origens, podendo ser devido a inadequação de projeto, execução, materiais, *etc.*

Quanto às especificações de projeto, verificou-se a existência de algumas recomendações a respeito dos prazos de execução, detalhamentos e procedimentos construtivos. No entanto, o projeto de fachada, item obrigatório para construção de uma edificação, não foi elaborado. Com isso, constata-se que juntas de movimentação não foram dimensionadas.

As regras para determinação de juntas de movimentação de fachada são previstas pela NBR 13755 (2017). Essa Norma indica que as juntas devem possuir uma largura mínima de 15 mm e distanciamento máximo entre elas de 3 m na horizontal e 6 m na vertical. Junto a isso, na mudança de plano ou em até 3 m da mesma, também deve haver juntas. Além disso, essas devem ser executadas abaixo da viga, permitindo a movimentação dos elementos, enquanto na região acima deve-se unir a alvenaria à estrutura através de tela, fazendo com que se movimentem de maneira igual. No entanto, a fachada do prédio estudado não cumpre esses critérios, já que possui apenas as juntas horizontais acima da viga e as mesmas não possuem a espessura mínima exigida. Com isso, a absorção das movimentações entre componentes não é garantida, podendo acarretar os problemas apresentados de fissura e perda de aderência.

Para evitar esses problemas, é necessária a especificação das juntas de movimentação. Essa especificação pode ser feita através da determinação das movimentações máximas das fachadas do prédio, devidas a dilatação térmica, retração por umidade e fluência. Para isso, utilizam-se as equações 1, 2 e 3 indicadas por Masuero<sup>17</sup>:

$$\Delta l_T = l \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (\text{equação 1})$$

Sendo:

$\Delta l_T$  = dilatação térmica;

$l$  = comprimento da fachada;

$\alpha$  = coeficiente de dilatação térmica;

<sup>17</sup> Anotações de aula da disciplina de ENG 01023 - Patologia dos Revestimentos e Umidade ministrada pela professora Angela Borges Masuero na Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2018/2.

$\Delta T$  = gradiente de temperatura.

$$\Delta l_R = l \cdot \alpha_R \quad (\text{equação 2})$$

Sendo:

$\Delta l_R$  = retração devido a umidade;

$l$  = comprimento da fachada;

$\alpha_R$  = coeficiente de retração devido a umidade.

$$\Delta l_F = l \cdot \alpha_F \quad (\text{equação 3})$$

Sendo:

$\Delta l_F$  = dilatação devido a fluência;

$l$  = comprimento da fachada;

$\alpha_F$  = coeficiente de fluência.

Em posse dos resultados, somam-se os três valores, conforme equação 4 a seguir, para descobrir o quanto o selante deverá trabalhar (expandindo ou contraindo). Os resultados para o estudo de caso, são apresentados na tabela 1.

$$\Delta l_{TOTAL} = \Delta l_T + \Delta l_R + \Delta l_F \quad (\text{equação 4})$$

Sendo:

$\Delta l_{TOTAL}$  = movimentação total;

$\Delta l_T$  = dilatação térmica;

$\Delta l_R$  = retração devido a umidade;

$\Delta l_F$  = dilatação devido a fluência.

Tabela 1 – Cálculo de dilatação térmica, retração por umidade e fluência

Dados		$\Delta T$	$\alpha$	$\alpha_R$	$\alpha_F$	Movimentação Total (mm)
		°C	mm/°C.mm	mm/mm		
		60	0,000006	0,00055	0,00065	
Fachadas Norte/Sul	Juntas Horizontais	$l$	$\Delta l_T$	$\Delta l_R$	$\Delta l_F$	$\Delta l_{TOTAL}$
		46020	16,567	25,311	29,913	71,791
	Juntas Verticais	$l$	$\Delta l_T$	$\Delta l_R$		$\Delta l_{TOTAL}$
		30020	10,807	16,511		27,318
Fachadas Leste/Oeste	Juntas Horizontais	$l$	$\Delta l_T$	$\Delta l_R$	$\Delta l_F$	$\Delta l_{TOTAL}$
		46020	16,567	25,311	29,913	71,791
	Juntas Verticais	$l$	$\Delta l_T$	$\Delta l_R$		$\Delta l_{TOTAL}$
		21940	7,898	12,067		19,965

(fonte: elaborado pela autora)

Define-se que será utilizado selante com capacidade de movimentação,  $C_m$ , de 25%, já que selantes comerciais possuem 20% ou 25% de capacidade de movimentação. Com esse dado e com os resultados da tabela 1, é possível definir a espessura total de junta da fachada,  $E_{TOTAL}$ . Faz-se isso com a equação 5. Os resultados são apresentados na tabela 2.

$$E_{TOTAL} = \Delta l_{TOTAL} * C_m \quad \text{(equação 5)}$$

Sendo:

$E_{TOTAL}$  = espessura total de juntas da fachada;

$\Delta l_{TOTAL}$  = movimentação total;

$C_m$  = capacidade de movimentação do selante.

Tabela 2 – Cálculo da espessura total de juntas da fachada

Dados		Movimentação Total mm	$C_m$	$E_{TOTAL}$ mm
Fachadas Norte/Sul	Juntas Horizontais	$\Delta l_{TOTAL}$	0,25	287,164
		71,791		
	Juntas Verticais	$\Delta l_{TOTAL}$		109,272
		27,318		

continua



continuação

Dados		Movimentação Total mm	$C_m$	$E_{TOTAL}$ mm
Fachadas Leste/Oeste	Juntas Horizontais	$\Delta l_{TOTAL}$		287,164
		71,791		
	Juntas Verticais	$\Delta l_{TOTAL}$		79,861

(fonte: elaborado pela autora)

Por fim, para obter o número de juntas da fachada, arbitra-se a espessura que cada junta terá e utiliza-se a equação 6. Os resultados são apresentados na tabela 3.

$$N_J = E_{TOTAL} / E_{JUNTA} \quad (\text{equação 6})$$

Sendo:

 $E_{TOTAL}$  = espessura total de juntas da fachada; $E_{JUNTA}$  = espessura de cada junta da fachada; $N_J$  = número de juntas da fachada.

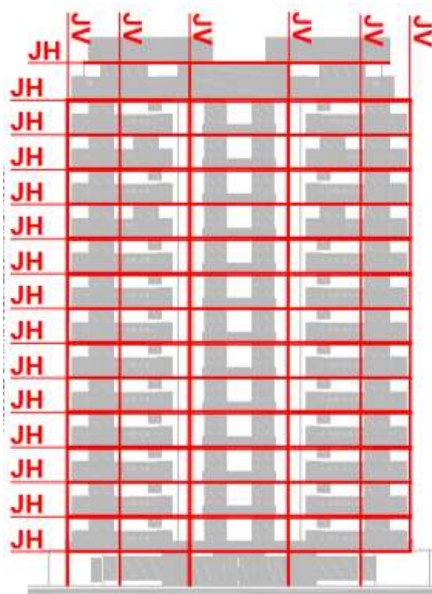
Tabela 3 – Cálculo do número de juntas da fachada

Dados		$E_{TOTAL}$ mm	$E_{JUNTA}$ mm	$N_J$
Fachadas Norte/Sul	Juntas Horizontais	287,164	20	15
	Juntas Verticais	109,272		6
Fachadas Leste/Oeste	Juntas Horizontais	287,164		15
	Juntas Verticais	79,861		4

(fonte: elaborado pela autora)

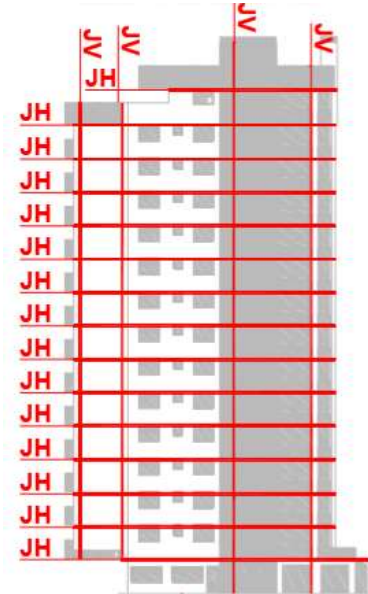
Conforme calculado, considerando juntas de 20 mm, todas as fachadas devem possuir 15 juntas horizontais. As fachadas norte e sul devem ter 6 juntas verticais de 20 mm cada. As fachadas leste e oeste, 4 juntas de 20 mm cada. Uma possível paginação dessas juntas é apresentada nas figuras 23, 24, 25 e 26.

Figura 23 – Possível paginação de juntas da fachada norte



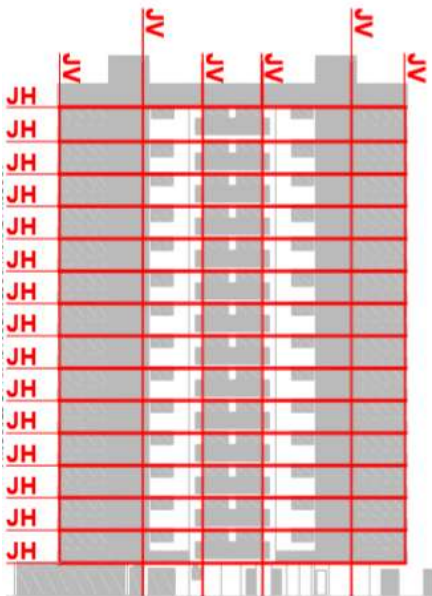
(fonte: adaptada de imagem não publicada<sup>18</sup>)

Figura 24 – Possível paginação de juntas da fachada oeste



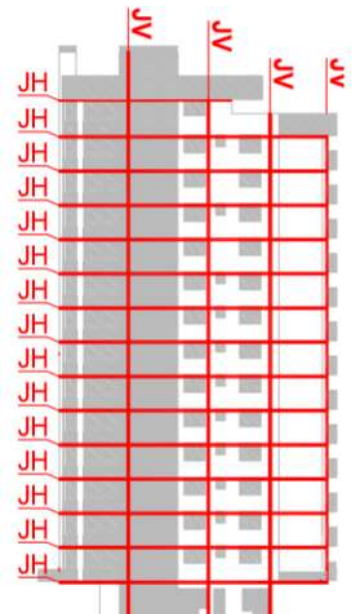
(fonte: adaptada de imagem não publicada<sup>19</sup>)

Figura 25 – Possível paginação de juntas da fachada sul



(fonte: adaptada de imagem não publicada<sup>20</sup>)

Figura 26 – Possível paginação de juntas da fachada leste



(fonte: adaptada de imagem não publicada<sup>21</sup>)

<sup>18,19,20,21</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Quanto à execução da fachada, conforme descrito anteriormente, foram fornecidas informações que indicam que métodos corretos foram utilizados. No entanto, é válido ressaltar que não é possível garantir a uniformidade e padronização dos processos executivos, visto que trata-se de trabalhos manuais realizados por diferentes profissionais. Portanto, as atividades de limpeza, lixação, aplicação de telas, cumprimento de prazos, mistura de materiais, intervalo de aplicação das camadas e encunhamento não serão analisadas e julgadas, sendo, nesse trabalho, consideradas sem falhas executivas.

Diante dos dados de execução da camada de emboço, verificou-se que nem todos os locais possuem espessuras dentro do intervalo recomendado pela NBR 13755 (2017, p. 10), que é de 2 a 5 cm, podendo chegar a 8 cm, se executadas em mais de uma camada e com a aplicação de tela. Isso porque, conforme já descrito, os valores amostrais da edificação variaram de 1,4 a 7,3 cm. Como consequência, nos locais que extrapolam inferiormente os limites, a camada pode, por ser muito fina, ser mais suscetível a variações higrotérmicas. Já nos locais de camada muito espessa, essa pode ficar pouco aderida, gerando descolamentos. Ambas as consequências facilitam a passagem de água da fachada para dentro da edificação.

Para evitar espessuras inadequadas, é fundamental que não seja necessário realizar correções de prumo e alinhamento da edificação através do emboço. Isso porque, durante a realização dessas compensações, camadas muito finas ou espessas acabam sendo executadas. Para isso, a estrutura de concreto da edificação e a alvenaria de vedação, desde o início, deveriam ser executadas sem erros de prumo. Além disso, os diferentes materiais que compõem a fachada devem estar todos aproximadamente alinhados.

O método do cachimbo executado nas fachadas sul e oeste apresentou valores entre 1,1 e 3 mL de coluna de água. Conforme Lima (2008, p. 57), valores entre 0,5 e 2 mL são os adequados para revestimentos argamassados. Comparando os valores obtidos nesse estudo de caso com os valores de Lima, verifica-se que existem pontos no emboço da edificação mais permeáveis do que o ideal, contribuindo para a entrada de água na edificação.

Para que não haja problemas com permeabilidade, é preciso evitar o uso de argamassas de baixa qualidade. Para isso, deve-se ter atenção para que elas não estejam fora do prazo de validade, não sejam de marcas classificadas como inferiores (através de ensaios ou pela ausência destes) e não estejam sob más condições de conservação. Junto a isso, é preciso que o traço utilizado seja feito com controle, conforme recomendação do fabricante.

Existe a possibilidade de utilização de aditivo na argamassa para melhorar a permeabilidade. No entanto, outras propriedades da argamassa são afetadas e, por isso, a indicação do seu uso deve ser estudado caso a caso.

Dentre as informações fornecidas para esse trabalho, estão as relacionadas à aderência. Na figura 27, são apresentadas as conclusões a respeito do ensaio a percussão<sup>22</sup> na fachada leste, descrevendo que existem pontos problemáticos. Já na figura 28 são mostrados os pontos em que foi feita a determinação da resistência de aderência à tração<sup>23</sup> na fachada leste e os respectivos valores obtidos. Conforme a NBR 13749 (2013, p. 3), para paredes externas com cerâmica, de 12 pontos avaliados, 8 devem ter valores iguais ou superiores a 0,30 Mpa. Portanto, já que, conforme a figura 30, 9 pontos não alcançam o valor mínimo, existem problemas de aderência na fachada leste. É válido ressaltar que esses problemas de aderência entre as camadas são possíveis causas de comprometimento da estanqueidade.

Figura 27 – Resultado do ensaio a percussão

- Ensaios realizados na fachada Leste.
- Verificou-se, através de ensaio a percussão, que não existe aderência do revestimento ao substrato em duas áreas:
  - Ao nível do 3º pav. no 5º pano numa área de aproximadamente 1,60 x 1,10 m
  - Ao nível do 6º pav. no 2º pano numa área de aproximadamente 1,10 x 0,90 m

(fonte: imagem não publicada<sup>24</sup>)

A tabela 4 apresenta um resumo dos resultados dos ensaios, das espessuras medidas na camada de emboço e das juntas de movimentação fazendo um comparativo com os valores recomendados por normas e bibliografias. Conforme já mencionado, os valores de permeabilidade e estanqueidade não obedecem os limites recomendados. Para o ensaio à percussão, não é aceitável que se obtenha som cavo, contudo, esse foi encontrado em uma área de 2,45 m<sup>2</sup> da região ensaiada. Já para a resistência de aderência à tração, essa foi medida em 20 pontos, mais do que os 12 que a NBR 13749/2013 recomenda, fez-se então uma proporção para poder fazer um comparativo, sendo que apenas 55% dos pontos ensaiados apresentaram a resistência adequada, enquanto o ideal seria que 66% destes pontos tivessem

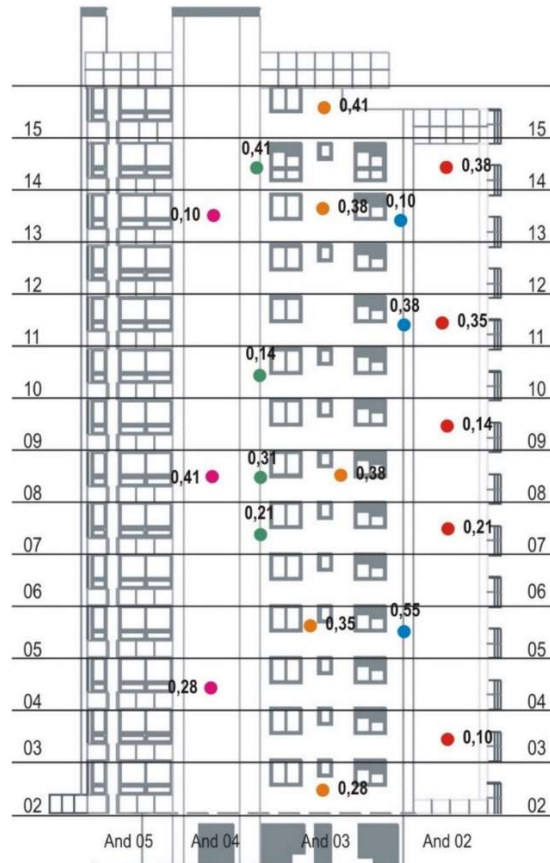
<sup>22</sup> Ensaio para avaliar a aderência, em que com o uso de um martelo de madeira se promovem impactos leves sobre a superfície com o objetivo de se identificar um som cavo. Esse som é um indicativo de falta de aderência do revestimento (NBR 13749/2013).

<sup>23</sup> Ensaio através do qual é medida a tensão máxima suportada por um corpo de prova, quando submetido a um esforço normal de tração (NBR 13528/2010).

<sup>24</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

resistido. Quanto as juntas, essas possuem espessuras insuficientes, além de não existirem todas as necessárias.

Figura 28 – Resultado da determinação da resistência de aderência à tração



(fonte: imagem não publicada<sup>25</sup>)

Tabela 4 – Resumo comparativo da fachada

	Espessura	Permeabilidade	Ensaio à percussão	Ensaio da resistência de aderência à tração	Juntas de movimentação
Existente	1,4 a 7,3 cm	1,1 a 3 mL	2,75 m <sup>2</sup>	11 de 20 pts (55%)	horizontais e= 5 mm
Adequado	2 a 5 cm ou 8 cm <sup>(a)</sup>	0,5 a 2 mL	-	8 de 12 pts (66,6%)	horizontais, verticais e de desolidarização e=15 mm

a) desde que executados em mais de uma camada e com a utilização de telas

(fonte: elaborado pela autora)

<sup>25</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

As causas da baixa aderência podem ser diversas, as principais são a incompatibilidade entre materiais e técnicas mal executas. As etapas construtivas já apresentadas precisam ser realizadas seguindo as boas práticas de engenharia, pois influenciam diretamente na aderência entre camadas. Limpar as superfícies, retirar elementos metálicos desnecessários da estrutura, lixar elementos estruturais e respeitar tempos em aberto são exemplos de atividades essenciais para que os materiais fiquem adequadamente aderidos.

As informações existentes a respeito do sistema de fachada permitiram a confirmação de problemas de umidade causados por um conjunto de diferentes fatores. O resumo da análise feita é apresentado no quadro 1, relacionando as falhas, modos de identificação das mesmas e as suas consequências.

Quadro 1 – Resumo das falhas da fachada

Falhas	Modo de Identificação das Falhas	Consequências
Falta de adequadas juntas de movimentação.	Não cumprimento das exigências mínimas previstas na NBR 13775 (2017).	Não absorção de movimentações e consequentes fissuras, deslocamentos e queda de rejuntas.
- Traço da argamassa inadequado e/ou - Argamassa de má qualidade.	Não cumpriu requisitos estabelecidos para o Método dos Cachimbo.	Camadas do revestimento mais permeáveis do que o adequado, facilitando passagem da água.
Espessuras elevadas de emboço.	Dados fornecidos pela construtora comparados aos de referência da NBR 13775 (2017).	Pouca aderência do emboço, gerando descolamentos.
Espessuras reduzidas de emboço.	Dados fornecidos pela construtora comparados aos de referência da NBR 13775 (2017).	Suscetibilidade a variações higrótérmicas, propiciando movimentações entre camadas e consequentes fissuras, deslocamentos e queda de rejuntas.
- Falhas de execução e/ou - Incompatibilidade entre materiais.	Ensaio à percussão e determinação da resistência de aderência à tração insatisfatórios.	Pouca aderência da argamassa, gerando descolamentos.

(fonte: elaborado pela autora)

## 7.2 PISCINA

A piscina vem apresentando três falhas. A primeira, apresentada na figura 29, é a eflorescência. A segunda é o deslocamento do revestimento cerâmico, conforme figuras 30 e 31. E a terceira é a infiltração de água para o pavimento inferior, gerando manchamentos e empolamento, conforme figuras 32, 33 e 34.

Figura 29 – Eflorescência na piscina



(fonte: foto da autora)

Figura 30 – Desplacamentos na piscina



(fonte: foto da autora)

Figura 31 – Outro deslocamento na piscina



(fonte: foto da autora)

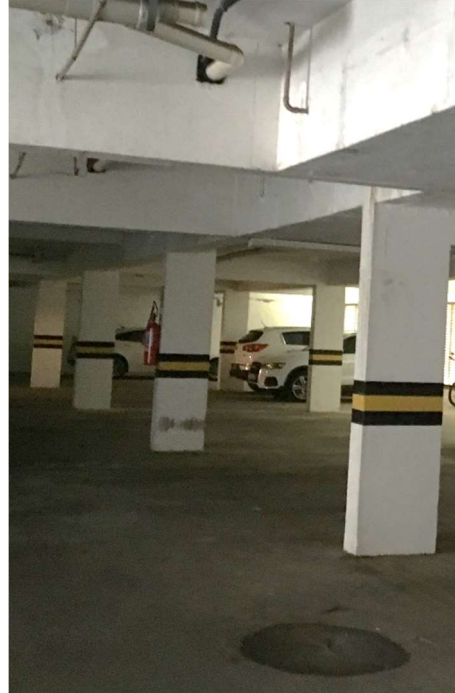


Figura 32 – Manchamento por infiltração



(fonte: foto da autora)

Figura 33 – Água no piso oriunda da infiltração



(fonte: foto da autora)

Figura 34 – Empolamento da pintura e manchamento por umidade



(fonte: foto da autora)

A eflorescência é uma manifestação patológica que se apresenta como depósitos de pó branco pulverulento. Surge quando os três seguintes fatores ocorrem concomitantemente em um local: a presença de sais solúveis, a ocorrência de umidade e a existência de uma força agindo



de forma a levar os sais para a superfície. Como trata-se de uma piscina, a água é um fator inerente. Portanto, a principal causa dessa manifestação é a existência dos sais solúveis.

Sabe-se que geralmente as consequências dessa falha são problemas estéticos, no entanto, algumas vezes, o resultado pode ser uma degradação profunda devido à agressividade química. No caso estudado, a eflorescência se apresenta de forma proeminente somente em um local. Porém, é possível que esteja presente em outros pontos da piscina, mas ainda não estejam visíveis devido a lavagem dos sais pela água. Os sais solúveis responsáveis pela eflorescência podem ter como origem as placas cerâmicas, os agregados, os aglomerantes, a água de amassamento, a poluição atmosférica ou, ainda, a interação entre eles.

Para evitar eflorescência é preciso que sejam respeitados os tempos necessários para secagem de todas as camadas do revestimento. Sobre as placas cerâmicas, é importante que as mesmas sejam queimadas em altas temperaturas, já que isso elimina os sais solúveis e a umidade residual. Existe ainda a sugestão de consumo reduzido de cimento Portland na argamassa ou uso de cimento com teor de álcalis baixo (CAMPANTE; BAÍA, 2003, p. 93).

Os deslocamentos, segunda falha identificada, ocorrem em pontos variados da piscina, nos locais onde a água corre verticalmente, por se tratar de uma piscina de borda infinita, é possível considerar que a movimentação da água e a alternância entre momentos com e sem água possam colaborar para maiores esforços no local, já que haverá maiores tensões verticais e variações térmicas, respectivamente. Contudo, tratam-se apenas de agravantes, não se tratando do motivo principal para o surgimento da falha.

As principais possíveis causas para esses deslocamentos são as seguintes: a ocorrência de eflorescência, pois, com a expansão do sal, rompe-se a aderência entre a camada de fixação e as pastilhas; problemas executivos e nos materiais, como colocação de pastilhas após o tempo em aberto, sendo pouco prováveis, já que a obra foi acompanhada com bastante atenção por ser objeto de pesquisa<sup>26</sup>; e movimentação excessiva da estrutura como um todo, que torna insuficiente a capacidade de suporte de deformações do revestimento.

O problema de infiltração ocorre na garagem, localizada abaixo da laje do térreo, onde se encontra a piscina. Como consequência dessa infiltração, a pintura está apresentando empolamento e machamento. Essas manifestações patológicas, além de serem um incômodo

---

<sup>26</sup> Como nesta obra foram utilizadas novas técnicas de execução de revestimento (revestimento argamassado projetado), houve um controle maior nos processos executivos.

estético, prejudicam a edificação. Em um dos locais com manchamento, a coloração alaranjada pode indicar que já estão ocorrendo danos na armadura.

Com a infiltração, fica claro que há um problema de falha na impermeabilização, caso contrário, não haveria a passagem de água. Ao realizar a busca sobre os motivos dessa falha, os problemas executivos são as principais suspeitas. Itens como não executar imprimação, fazer transpasses insuficientes, realizar detalhamentos inadequados em tubulações, ralos e mudanças de plano, *etc.* são os principais erros que podem ter sido cometidos. No entanto, conforme já dito, a construção da piscina foi bastante fiscalizada, diminuindo a possibilidade de que essas sejam as causas.

Os materiais utilizados para impermeabilização foram mantas asfálticas de 4 mm, ou seja, mantas adequadas para locais como piscinas suspensas. Portanto, não há indícios importantes de que os materiais utilizados sejam os responsáveis pela falha.

Avaliando a situação de forma mais ampla, verifica-se uma fissura de grandes dimensões no piso próximo à piscina, conforme apresenta a figura 35. Essa fissura é um indício de movimentações da estrutura da edificação, que geram deformações não previstas. A origem disso pode estar ligada a fatores como vibrações externas, recalque do solo ou fluência do concreto.

Figura 35 – Fissura no piso próximo à piscina



(fonte: foto da autora)

Considerando a existência de deformações por movimentação da estrutura, essas podem ter gerado o rompimento da impermeabilização da piscina e conseqüente infiltração. Isso pode

explicar também o deslocamento das pastilhas. Uma sugestão válida é a realização de ensaios específicos para confirmação do possível movimento da estrutura.

Para evitar que movimentações estruturais prejudiquem a estanqueidade de piscinas, é sugerido que, durante a construção da edificação, se retarde o primeiro carregamento do concreto. Isso porque, conforme França (2003), “A resposta de vigas a deformações é principalmente determinada pela sua resistência no primeiro carregamento e não tanto pela sua resistência final.”.

Além disso, Cichinelli (2016) sugere que “Após completar o ciclo de cura de 28 dias do concreto, é fundamental submeter as estruturas das piscinas e reservatórios a um teste de carga d’água por 72 horas a fim de verificar a existência de fissuras, pontos suscetíveis a futuros vazamentos.”

O quadro 2 resume as falhas, os modos de identificação das mesmas e as suas consequências. É possível observar que, para a queda de pastilhas e para a passagem de umidade, não foi possível definir quais foram exatamente as falhas ocorridas. O apresentado foi um rol de possíveis falhas que podem ter ocorrido isoladamente ou em conjunto.

Quadro 2 – Resumo das falhas da piscina

Falhas	Modo de Identificação das Falhas	Consequências
Presença de sais solúveis em pelo menos um dos componentes.	Depósito de pó branco pulverulento.	Eflorescência e consequentes problemas estéticos e de degradação.
- Presença de sais solúveis, gerando eflorescência. e/ou - Falhas de execução e/ou de materiais. e/ou - Movimentação excessiva da estrutura.	Queda de pastilhas da piscina.	Deslocamento e consequente vulnerabilidade das camadas inferiores.
-Falhas de execução da impermeabilização. e/ou - Movimentação excessiva da estrutura, rompendo a impermeabilização.	Passagem de umidade.	Infiltração, empolamento e manchamento da pintura.

(fonte: elaborado pela autora)

### 7.3 LAJE DE COBERTURA

A laje da cobertura está apresentando falhas de estanqueidade. Como resultado, no andar abaixo, surgiram bolhas nos forros dos apartamentos e infiltrações no corredor. Essas situações são apresentadas nas figuras 36 e 37.

Para descobrir a origem dos problemas, foi realizada uma investigação do histórico de intervenções na laje da cobertura. Essa laje, durante a época de sua construção, foi impermeabilizada com manta asfáltica de 4 mm e finalizada com contrapiso. Após o início da utilização do edifício, os problemas com umidade surgiram. Em menos de 2 anos da construção do prédio, então, o contrapiso foi retirado, nova manta asfáltica de 4 mm foi aplicada, conforme figura 38, e novo contrapiso foi feito, no entanto, os problemas continuaram. Com isso, uma terceira camada de impermeabilização foi feita, acima do contrapiso. Essa camada é de manta asfáltica geotêxtil de 4 mm, não exigindo proteção mecânica, somente pintura. O resultado é apresentado na figura 39.

Figura 36 – Bolhas oriundas de água da laje em apartamento



(fonte: adaptada de foto não publicada<sup>27</sup>)

Figura 37 – Infiltração oriunda de água da laje no corredor



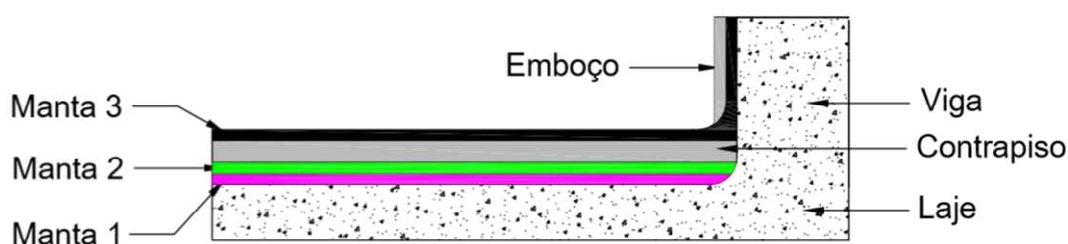
(fonte: foto não publicada<sup>28</sup>)

<sup>27,28</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Figura 38 – Primeira e segunda mantas aplicadas na laje

(fonte: adaptada de foto não publicada<sup>29</sup>)

Figura 39 – Esquema das camadas de impermeabilização da cobertura



(fonte: elaborada pela autora)

Esse acúmulo de camadas de impermeabilização gera aspectos positivos e negativos. É positivo que haja mais de uma camada impedindo a passagem de água pela laje. Entretanto, com variações de temperatura, cada um desses materiais sobrepostos se movimentam de forma diferente, fato não muito desejado para compatibilidade e durabilidade dos mesmos.

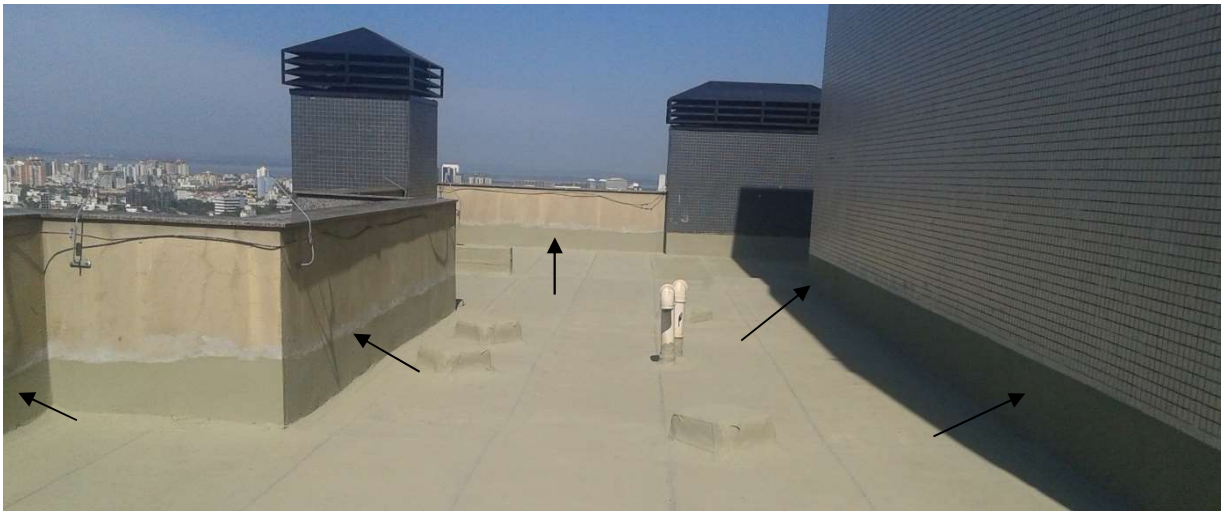
Atualmente, com essa estrutura de três camadas de impermeabilização, as falhas no sistema continuam, com isso, é fundamental uma avaliação mais aprofundada. Primeiramente, é válido destacar que essa passagem de água que vem ocorrendo não deve ser pela extensão horizontal da laje, ou seja, pelo piso da cobertura. Isso porque, trata-se de um local que está bem protegido e sem locais vulneráveis.

Locais propícios à fragilidade da impermeabilização são os itens que exigem acabamento especial, tais como antenas, tubulações de ventilação, exaustores, *etc.* No entanto, não é possível se ter uma conclusão definitiva a respeito de eles serem o local de passagem de água. Isso porque, se por um lado não é adequado que detalhes como esses sejam impermeabilizados de forma corretiva, por outro lado, eles já estão recebendo a terceira camada de proteção contra água.

<sup>29</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

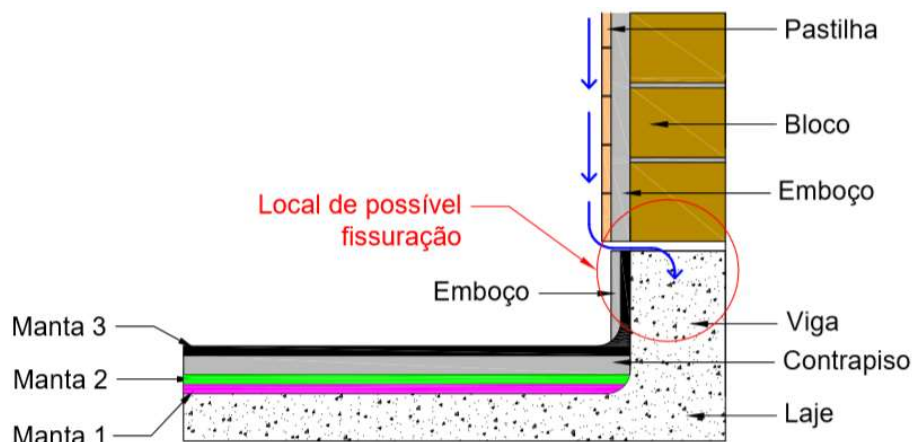
Avaliando a cobertura como um todo, os pontos mais críticos encontrados são nas paredes, a 20 cm da laje, conforme apontado na figura 40, pois são nesses locais que existem encontros de diferentes materiais. No caso da parede da torre dos reservatórios, a manta vai até a altura da viga e o revestimento cerâmico inicia exatamente junto com blocos cerâmicos. Com isso, cria-se um plano horizontal vulnerável, já que há total mudança de materiais. Nesse local há grandes possibilidades de formação de fissuras, conforme ilustra a figura 41. Como consequência, em dias chuvosos, a água que escorre na fachada pode conseguir acesso para o interior da estrutura da edificação. A consequência disso podem ser os problemas de bolhas e infiltração no pavimento inferior devido a percolação de umidade.

Figura 40 – Indicação de pontos críticos da cobertura



(fonte: adaptada de foto não publicada<sup>30</sup>)

Figura 41 – Esquema de entrada de água para a laje

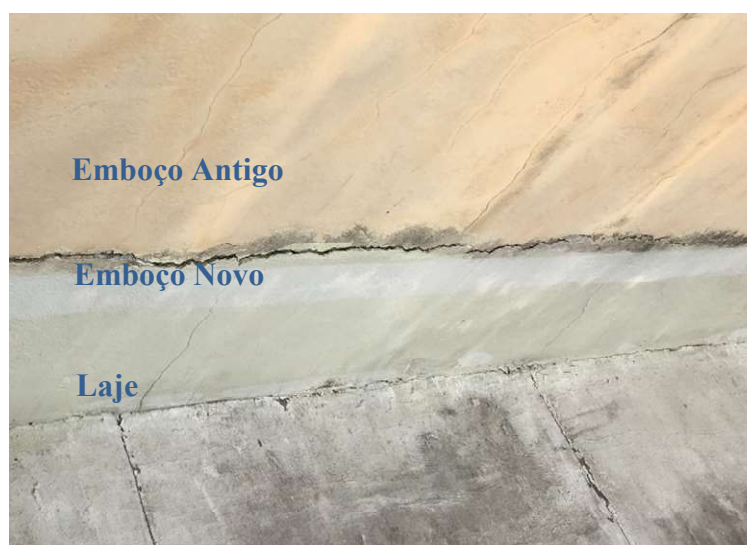


(fonte: elaborada pela autora)

<sup>30</sup> Arquivo de imagens do banco de dados cedido pela empresa construtora da edificação.

Na mesma posição, a 20 cm de altura, na platibanda que fica na laje da cobertura, também há um plano horizontal com tendência à entrada de água. Trata-se do local da parede em que termina a manta e foi feito um emboço sobre a mesma. O plano existe, pois o emboço acima dos 20 cm é da época da construção do prédio e o abaixo foi feito após a colocação da terceira manta. A figura 42 ilustra que estão surgindo fissuras no local onde se encontra a união entre esses emboços de diferentes idades. Essas fissuras, causadas pela movimentação diferencial entre os diferentes materiais, permitem que a água percole pela estrutura e chegue à laje.

Figura 42 – Fissuras no encontro dos emboços antigo e novo



(fonte: foto da autora)

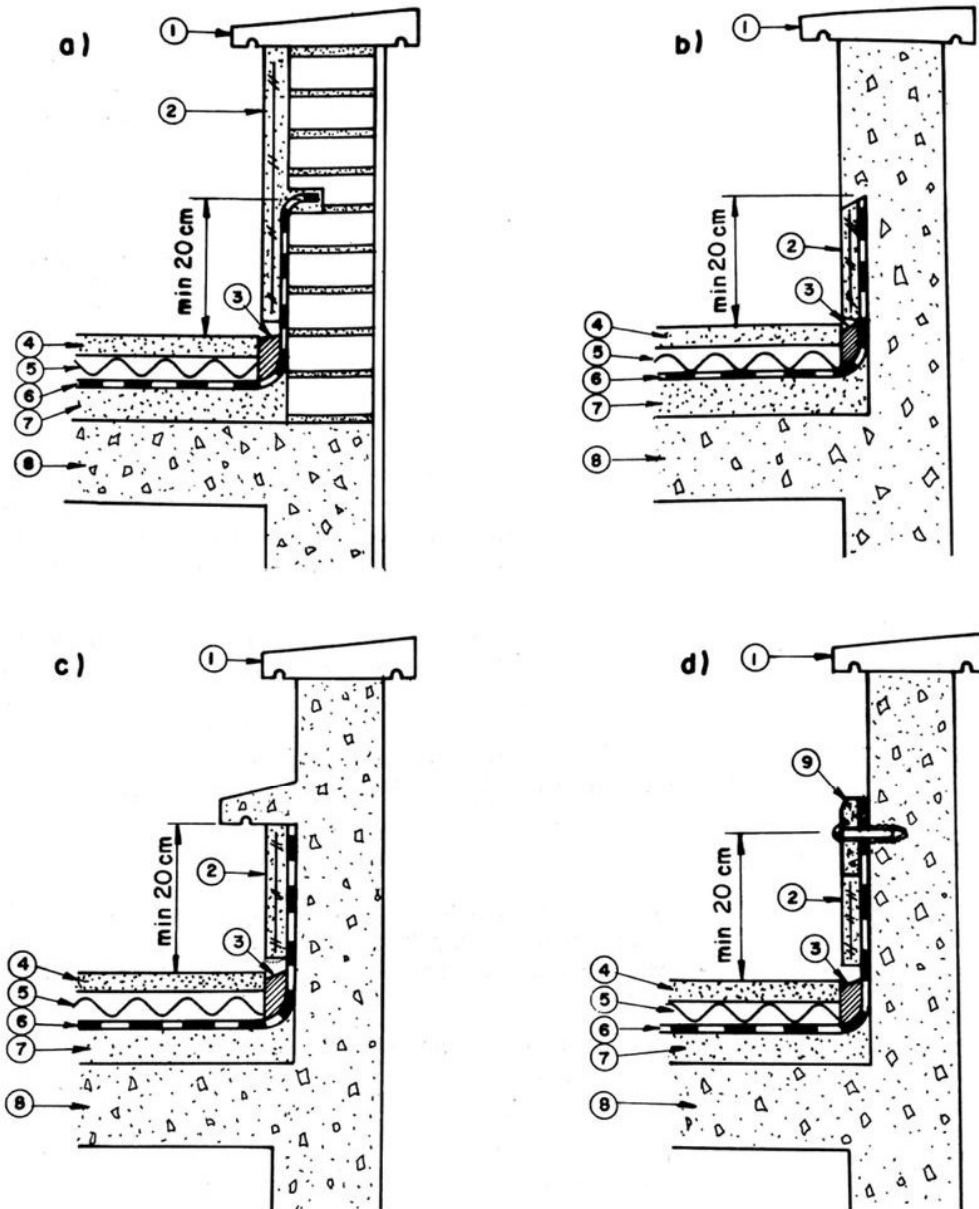
Para evitar que esses problemas de passagem de água no rodapé ocorram, Picchi (1986, p. 53) indica que a platibanda não seja feita com tijolos ou blocos vazados, mas sim com concreto ou tijolo maciço. O autor sugere quatro diferentes modos de evitar infiltração por trás da manta ou desprendimento da mesma:

- a) abrir caneleta de 2 cm x 2 cm e embutir a borda da impermeabilização na mesma;
- b) rebaixo na estrutura para proteção mecânica;
- c) uso de saliência pré-moldada ou moldada no local;
- d) uso de rodapé de concreto pré-moldado para fixação da borda da impermeabilização.

O modo como esses rodapés devem ser feitos está ilustrado nas figura 43. Nela, a legenda orienta sobre os diferentes materiais existentes.



Figura 43 – Quatros modos de executar rodapé em cobertura



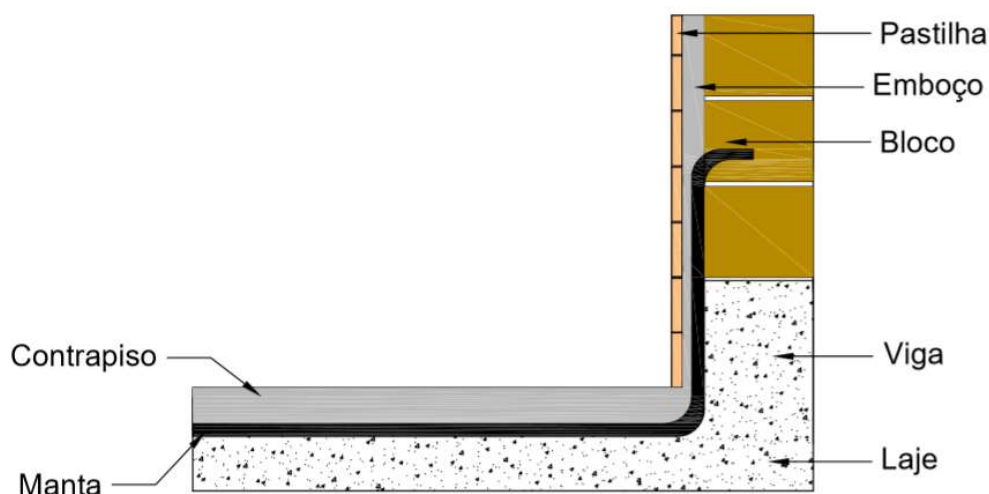
LEGENDA	
1	ACABAMENTO EM CONCRETO, CHAPA GALVANIZADA, CERÂMICA, ETC.
2	PROTEÇÃO VERTICAL (ARGAMASSA COM ARMADURA)
3	JUNTA DE DILATAÇÃO PERIMETRAL
4	ARGAMASSA DE PROTEÇÃO
5	ISOLAÇÃO TÉRMICA
6	IMPERMEABILIZAÇÃO
7	ARGAMASSA DE REGULARIZAÇÃO
8	ESTRUTURA
9	RODAPÉ DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO

(fonte: PICCHI, 1986, p. 52)



A realização de revestimento contínuo na parede também auxilia na estanqueidade. No caso estudado, para evitar problemas de entrada de água, as pastilhas cerâmicas deveriam ir até o piso. Além disso, conforme explicado, o correto seria a manta asfáltica embutida em caneleta. Isso está representado esquematicamente na figura 44.

Figura 44 – Esquema de rodapé adequado



(fonte: elaborada pela autora)

O quadro 3 resume as falhas identificadas na cobertura, bem como os modos de identificação das mesmas e as suas consequências. Visualiza-se a importância de se ater a itens considerados como pormenores mesmo em grandes sistemas de uma edificação.

Quadro 3 – Resumo das falhas da laje da cobertura

Falhas	Modo de Identificação das Falhas	Consequências
Falhas de execução da impermeabilização nos detalhes sobre a laje.	Visualização de mau acabamento da impermeabilização nos detalhes.	Infiltração e bolhas no pavimento inferior à laje.
Descontinuidade nos revestimentos das paredes em contato com a laje.	Visualização de descontinuidades entre materiais e fissuras.	Infiltração e bolhas no pavimento inferior à laje.

(fonte: elaborado pela autora)

#### 7.4. RECOMENDAÇÃO PARA EVITAR FALHAS

Com o estudo da edificação foi possível identificar as falhas ocorridas e, a partir delas, avaliar quais os modos de evitá-las. O quadro 4 a seguir reúne as recomendações construtivas para

prevenção de falhas. Os cuidados relativos aos materiais a serem empregados são apresentados no quadro 5.

Quadro 4 – Recomendações construtivas

Regiões e Sistemas	Camadas	Recomendações
Fachada com revestimento cerâmico	Substrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amarrar com tela a alvenaria à estrutura</li> <li>• Preencher as juntas verticais</li> <li>• Fazer encunhamento após o tempo suficiente para acomodação da base</li> <li>• Limpar substrato, para remover poeiras e óleos</li> <li>• Lixar os elementos de concreto</li> <li>• Remover os elementos metálicos e aplicar de zarcão</li> </ul>
	Camada de chapisco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capaz e suficiente para uniformizar a superfície</li> </ul>
	Camada de emboço	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguardar o tempo adequado após a execução do chapisco para executar o emboço</li> <li>• Estruturas não devem ter erros de prumo e os diferentes materiais que compõem a fachada devem estar todos aproximadamente alinhados.</li> <li>• Espessuras da camada entre 2 e 5 cm ou limitadas a 8 cm desde que executadas em mais de uma camada utilizando-se reforço</li> </ul>
	Camada de fixação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não ultrapassar o tempo em aberto</li> <li>• Desmanchar os sulcos formados com a desempenadeira da argamassa colante com movimentos de vaivém</li> </ul>
	Camada de revestimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover o engobe contido no tardo das peças cerâmicas</li> </ul>
	Juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Devem ter largura mínima de 15 mm</li> <li>• Devem ter distanciamento máximo de 3m na horizontal</li> <li>• Devem ter distanciamento máximo de 6m na vertical</li> <li>• Devem possuir juntas de dessolidarização e juntas de movimentação até 3m da mudança de plano.</li> <li>• Devem ser dimensionadas para cada caso específico</li> </ul>

continua

continuação

Regiões e Sistemas	Camadas	Recomendações
Piscina elevada com impermeabilização manta asfáltica 4mm	Substrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrutura capaz de receber os esforços submetidos pela carga</li> <li>• Arredondamento das arestas de plano</li> </ul>
	Camada de impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar camada de imprimação</li> <li>• Impermeabilizar até uma faixa de 10cm da linha da água</li> <li>• Transpasses em ambos os sentidos de 10 cm</li> <li>• Reforço com tela nas arestas de planos</li> <li>• Detalhes de instalações elétricas e hidráulicas</li> </ul>
	Camada de proteção mecânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de aplicação adequado</li> <li>• Utilizar placas cerâmicas de boa qualidade (queimadas em altas temperaturas)</li> </ul>
Laje de Cobertura com impermeabilização manta asfáltica 4mm	Substrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deve estar limpo e regularizado</li> <li>• Arredondamento de arestas de encontro de planos</li> </ul>
	Camada de impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar camada de imprimação</li> <li>• Rodapés com altura mínima de 20 cm acima do piso acabado</li> <li>• Transpasses em ambos os sentidos de 10 cm</li> <li>• Reforço com tela nas arestas de planos</li> </ul>
	Camada de proteção térmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executar camada de proteção térmica</li> </ul>
	Camada de proteção mecânica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclinação adequada para o escoamento da água</li> </ul>
	Juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Execução de juntas perimetrais</li> </ul>

(fonte: elaborada pela autora)

Quadro 5 – Recomendações sobre materiais

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os materiais devem estar previstos em projeto</li> <li>• Comprar materiais de boa procedência e qualidade</li> <li>• Sempre seguir recomendações do fabricante quanto a prazos e mistura de componentes</li> <li>• Somente utilizar materiais dentro do prazo de validade</li> <li>• Manter materiais sob boas condições de conservação</li> </ul>
---

(fonte: elaborado pela autora)

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A edificação estudada nesse trabalho apresenta manifestações patológicas devido a ação de umidade, indicando falha nos sistemas de impermeabilização. No passado, tentativas de soluções já foram feitas através de, por exemplo, duas novas camadas de impermeabilização na cobertura. No entanto, não foram obtidos resultados satisfatórios.

Esse trabalho teve como objetivo detectar as falhas responsáveis pela entrada de umidade e propor técnicas adequadas que as evitariam. Com ele, foi possível verificar que não houve indicação incorreta de sistema de impermeabilização. Contudo, falhas ocorreram desde a fase de projeto até a fase de execução.

Foi possível concluir que, embora definir o método de impermeabilização adequado para cada local seja essencial, não é o suficiente para garantir a estanqueidade. Todas as etapas envolvidas em um obra precisam ser realizadas de forma correta e segura. Projetos completos e adequados, materiais de boa qualidade e execuções que sigam as boas práticas de engenharia precisam existir concomitantemente para que haja sucesso na construção de uma edificação.

Conseguiu-se reunir informações sobre falhas e suas consequências. Como consequência disso, verificou-se a importância de não subestimar nenhuma das etapas construtivas, mesmo que, para quem execute, se trate de algo pouco importante. Isso porque, dentre as falhas, é possível visualizar que algumas ocorreram por itens inadequadamente ignorados, como a existência de planos de descontinuidade entre materiais.

Por fim, foi possível visualizar a importância de que os diversos projetos que fazem parte de uma obra estejam compatibilizados. Junto a isso, comprovou-se a necessidade de que protejos estruturais, de fachada e de impermeabilização sejam compatíveis para propiciar estanqueidade e conseqüente durabilidade da edificação.

## REFERÊNCIAS

- ARANTES, Y. de K. **“Uma visão geral Sobre Impermeabilização na Construção Civil”**. 2007. 67f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 9574**: Execução de Impermeabilização. Rio de Janeiro, 2008.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9690**: Impermeabilização – Mantas de cloreto de polivilina (PVC). Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- \_\_\_\_\_. **NBR 9952**: Manta asfáltica para impermeabilização. Rio de Janeiro, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10821**: Esquadrias para edificações. Parte 1: Esquadrias externas e internas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2017.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13755**: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante – Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2017.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.
- CARDOSO, F. F.; OLIVEIRA L. A. de.; MARTINS, M. G. **Cobertura em Telhados**. 2000. 30f. Notas de Aula (PCC 436 – Tecnologia da Construção de Edifícios Ilustrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- CARLOS, P. P. A.; SILVA, W. C da. **Execução de impermeabilização flexível moldada no local com membrana polimérica**. 2015. 57p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade de Santa Cecília. São Paulo.
- CARVALHO, R. **Vai entrar água**. Tecnologia Téchné. Ed.59 2002. Acesso em 20 out 10/2018. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/59/artigo285221-1.aspx> >
- CECHINEL, B. M.; VIEIRA, F. L.; MANTINELLI, P.; TONEL, S. **Infiltração em alvenaria – Estudo de caso em edifício na grande Florianópolis**. Caderno de Publicações Acadêmicas, v. 1, n. 1, p. 16, 2011.

CICHINELLI, G. **Veja os cuidados de projeto e execução de impermeabilização de piscinas e reservatórios**. Ed. 15/02/2016. 2016. Disponível em: <<https://techne.pini.com.br/2016/02/veja-os-cuidados-de-projeto-e-execucao-de-impermeabilizacao-de-piscinas-e-reservatorios/>>. Acesso em: 01/12/2018.

CORSINI, R. **Proteção nos detalhese**. Projeto. Pini. 180. 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/180/artigo287926-3.aspx>>. Acesso em: 20/11/2018.

CUNHA, A. G.; NEUMANN, W. **Manual de Impermeabilização e Isolamento Térmico como projetar e executar**. 2. ed. Rio de Janeiro: Argus, 1979.

DENVER. Camada amortecedora, necessária em locais de trânsito de veículos. **Boletim Técnico**. Fica a dica – Ed. 17/Abr/14. Disponível em: <<http://www.denverimper.com.br/novidades/detalhes/17>>. Acesso em 21/10/2018.

CAMPANTE, F. C; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico**. São Paulo. O Nome da Rosa. 2003.

FRANÇA, R. **Deformações estruturais em concreto e soluções**. Pini. 2003. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/81/artigo285621-1.aspx>>. Acesso em 01/12/2018.

FERREIRA, R. **Conhecendo os impermeabilizantes**. Materiais e Ferramentas. Como Construir na Prática Equipe de Obra. Pini. Ed. 44. 2012. Disponível em: <<http://equipedebobra17.pini.com.br/construcao-reforma/44/conhecendo-os-impermeabilizantes-veja-quais-sao-os-sistemas-de-245388-1.aspx>>. Acesso em: 24/10/2018.

GABRIOLI, J.; THOMAZ, E. **Impermeabilização de fundações e subsolos**. Pini. 2002. Disponível em: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/noticias/impermeabilizacao-de-fundacoes-e-subsolos-80712-1.aspx>>. Acesso em 19/10/2018.

GNOATTO, E. L.; NUERNBERG, J. K. **Análise da Utilização de Coberturas do Tipo Laje Impermeabilizada Executadas em Pato Branco – PR na Última**. 2014. 78p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná.

KLEIN, G. M. B.; KLEIN, D. L. **Sistema Ceusa/Leme de Fachadas Ventiladas**. 2001. Salão de Iniciação Científica. Livro de resumos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.

LEAL, U. **O que define a escolha da manta asfáltica?** 72. ed. Revista Técnica. São Paulo. Pini, mar. 2003.

LIMA, K. B. de. **Avaliação da permeabilidade em revestimentos argamassados: patologias mais frequentes e soluções**. 2008. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de São Carlos. São Paulo.

MARQUES, G. G. **Avaliação de edificações: Diagnóstico de manifestações patológicas das áreas condominiais e fachada principal de prédio residencial em Porto Alegre/RS**. 2009. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

MEDEIROS, J. S. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Tese (Doutorado). 457p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

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

NAKAMURA, J. Impermeabilização de estruturas: o mercado dispõe de uma série de soluções para proteger as edificações contra os efeitos indesejados da água. Conheça as principais características desses sistemas e em que casos eles são indicados. **Revista Construção**. Pini, Ed. 156, jul. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/156/artigo315973-2.aspx>>. Acesso em: 5 out. 2018.

\_\_\_\_\_. Impermeabilização é fundamental para garantir vida longa a lajes externas. **Revista Construção**. Pini, 2018. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizacao-e-fundamental-para-garantir-vida-longa-a-lajes-externas\\_15285\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/impermeabilizacao-e-fundamental-para-garantir-vida-longa-a-lajes-externas_15285_10_0)>. Acesso em: 19 out. 2018.

NORA, G. D. **Impermeabilização de Terraços: Materiais Utilizados e Detalhes Construtivos**. 2015. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria.

OLIVEIRA, L. A. de. **Metodologia para desenvolvimento de projeto de fachadas leves**. 2009. 267f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, P. S. F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. 111. ed. Revista Técnica. São Paulo. Pini, jun. 2006.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.

PEZZOLO, R. **Impermeabilização com manta asfáltica**. Revista Técnica. Artigo, Ed 127, out., 2007.

PICCHI, F. A. **Impermeabilização de Coberturas de Concreto – Materiais, Sistemas, Normalização**. 1984. 384p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Impermeabilização de Coberturas**. 1. ed. São Paulo: Pini, 1986.

QUERUZ, F. **Contribuição para Identificação dos Principais Agentes e Mecanismos de Degradação em Edificações da Vila Belga**. 2007. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

- RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: Levantamento do Estado da Arte**. Dissertação (Mestrado). 175p. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- RODRIGUES, R. M.; SOBRINHO JUNIOR A. da S.; LIMA E. E. P. **Erros, Diagnóstico e Soluções de Impermeabilização na Construção Civil**. Volume 4 – Nº 2 - InterScientiaRevista 2016.
- SCHREIBER, P. A. de A. **“Impermeabilização de Lajes de Cobertura: Caracterização, Execução e Patologias”**. 2012. 67f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS)**. 2005. 166p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- SILVA D. de O. da; OLIVEIRA, P. S. F. Impermeabilização com mantas de PVC. **Tecnologia**. Ed. 111. Pini. 2002. 5p. Disponível: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/111/artigo285503-5.aspx> Acesso em 25/10/2018.
- SILVA, J. G da.; MOURA M. L. de.; CAMPOS JÚNIOR, D. J. **Análise Técnica de Lajes Maciças Pré-moldadas do tipo Içada Aplicadas em Edificações de Múltiplos Pavimentos**. Volume 10 - Revista da Universidade Vale do Rio Verde. 2012. p. 369-383.
- SIQUEIRA JÚNIOR, A. A. de. **Tecnologia de fachada-cortina com placas de grês porcelanato**. 2003. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. 127p. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- VERÇOSA, Ê. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.



## **APÊNDICE A – Espessuras do emboço da fachada**

Espessura média dos 221 pontos nos 4 panos de fachada levantados = 3,02cm

Espessura do revestimento					
Empresa: XXXXX	Obra:XXXXXXXX	Subsistema: Revestimento de fachada de argamassa			
Data: 15/05/06	Turno: Tarde	Método: Mecanizado	Observador: XXXXXXXX		
Média: 2,99cm					
Espessuras					
Representação gráfica:	Pavto	e1	e2	e3	e4
<p>(pontos de coleta de espessura) FACHADA SUL</p>	plat	1,4	2,4	-	-
	15	2,3	3,4	2,3	3,5
	14	2,2	3,2	2,1	3,3
	13	2,2	2,7	2,5	2,8
	12	3,0	3,4	2,8	3,7
	11	2,5	2,7	2,7	2,3
	10	2,7	2,8	2,7	2,1
	09	2,2	3,2	2,2	3,0
	08	2,5	4,4	2,7	3,8
	07	2,7	4,3	2,3	4,6
	06	2,5	4,0	3,8	5,3
	05	2,7	3,8	2,6	3,5
	04	3,0	4,5	2,7	3,2
	03	2,6	3,8	2,7	3,4
	02	-	-	-	-
01	-	-	-	-	

Espessura do revestimento					
Empresa: XXXXX	Obra: XXXXX	Subsistema: Revestimento de fachada de argamassa			
Data: 02/06/06	Turno: Tarde	Método: Mecanizado	Observador: XXXXXXXX		
Média: 3,94 cm					
Espessuras					
Representação gráfica:					
<p>(pontos de coleta de espessura) FACHADA OESTE</p>	Pavto	e1	e2	e3	e4
	01	-	-	-	-
	02	3,2	5,0	2,5	3,9
	03	3,8	5,0	2,5	5,0
	04	3,2	5,8	2,4	5,6
	05	3,0	7,3	2,6	5,5
	06	2,5	4,3	2,5	5,2
	07	2,6	4,7	2,4	5,2
	08	3,7	5,2	3,6	5,0
	09	2,5	4,8	2,7	4,8
	10	2,9	4,8	3	5,1
	11	3,4	5,3	3,3	4,7
	12	3,1	4,6	3,3	4,7
	13	3,2	4,5	3,2	4,9
	14	3,7	4,3	3,2	4,9
	15	3,5	4,5	3,4	4,9
plat	1,6	2,5	-	-	

Espessura do revestimento				
Empresa: XXXXX	Obra: XXXXX	Subsistema: Revestimento de fachada de argamassa		
Data: 20/06/06	Turno: Tarde	Método: Mecanizado	Observador: XXXXXX	
Média: 2,66cm				
Espessuras				
Representação gráfica:				
(pontos de coleta de espessura)	FACHADA OESTE			
Pavto	e1	e2	e3	e4
01	3,0	1,8	3,2	1,8
02	2,8	2,0	3,6	2,0
03	3,0	2,7	3,7	2,3
04	3,3	1,8	4,2	1,7
05	3,4	2,6	4,1	2,4
06	3,9	1,9	3,4	2,0
07	3,2	1,9	2,9	2,5
08	2,6	3,1	2,9	2,9
09	3,2	3,2	2,5	3,2
10	3,3	2,7	2,9	2,4
11	3,0	1,6	2,4	2,7
12	2,5	2,0	2,5	2,8
13	2,7	2,0	2,4	2,3
14	2,2	2,2	2,0	2,3
15	2,7	-	2,3	
plat	-	-	-	-

Espessura do revestimento				
Empresa: XXXX	Obra: XXXXXX	Subsistema: Revestimento de fachada de argamassa		
Data: 02/06/06	Turno: Tarde	Método: Mecanizado	Observador: XXXXXX	
Média: 2,44cm				
Espessuras				
Representação gráfica:				
(pontos de coleta de espessura)	FACHADA OESTE			
Pavto	e1	e2	e3	e4
01	-	-	-	-
02	1,4	2,1	1,5	2,2
03	2,2	2,1	2,4	1,7
04	2,2	1,8	2,0	2,3
05	1,9	2,7	2,3	2,4
06	2,0	2,1	2,7	2,6
07	2,2	1,7	1,6	2,3
08	3,1	3,0	2,2	3,1
09	2,9	3,9	3,0	2,6
10	3,2	3,7	2,8	3,2
11	3,2	4,0	3,0	3,3
12	4,8	4,3	4,1	3,3
13	4,0	3,8	3,8	3,8
14	3,0	2,0	3,0	3,0
15	-	-	-	-
plat	-	-	-	-

## **APÊNDICE B – Planta baixa da cobertura**

