

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

Gustavo Sanches Moreira Osório

**INFILTRAÇÕES NO ENVELOPE DA EDIFICAÇÃO: CAUSAS
E PREVENÇÕES**

Porto Alegre

Junho 2018

GUSTAVO SANCHES MOREIRA OSÓRIO

**INFILTRAÇÕES NO ENVELOPE DA EDIFICAÇÃO: CAUSAS
E PREVENÇÕES**

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

Junho 2018

GUSTAVO SANCHES MOREIRA OSÓRIO

**INFILTRAÇÕES NO ENVELOPE DA EDIFICAÇÃO: CAUSAS
E PREVENÇÕES**

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 na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Junho de 2018

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

BANCA EXAMINADORA

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

José Alberto Azambuja (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Josué Augusto Arndt (UFRGS)
Eng. Civil - Mestrando pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos futuros graduandos, para que estes possam desfrutar do conhecimento aqui adquirido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha orientadora, Prof. Cristiane Sardin, pelo apoio, incentivo e disposição para me orientar da melhor forma possível. Assim como pelos elogios e críticas que contribuíram muito para a evolução do trabalho.

Agradeço a minha família pela confiança e presença durante a graduação, especialmente aos engenheiros desta, que me deram suporte e apoio em toda minha formação para que eu tirasse o melhor proveito neste percurso.

Agradeço a empresa MelnickEven pelo atendimento excelente de seus funcionários durante a pesquisa.

Viva como se fosse morrer amanhã.
Aprenda como se fosse viver para sempre

Mahatma Gandhi

RESUMO

Este trabalho busca entender quais as principais causas de infiltração devido a ação de chuvas no envelope protetor da edificação, com ênfase nas fachadas. Porto Alegre é uma cidade com grande incidência de chuvas e ventos, a ação conjunta desses dois fenômenos naturais requer um cuidado maior quanto a proteção do interior de um prédio a infiltração de água. A estanqueidade tem que ser garantida para que não ocorra manifestações patológicas devido à entrada de água, através de falhas nos elementos constituintes das fachadas e da cobertura. No estudo foram analisados três empreendimentos distintos e distantes para que essa pequena amostra apontasse algumas das principais causas da infiltração de água devido à ação de chuvas na cidade. Para a compreensão das causas foi feito um estudo bibliográfico sobre os erros, presentes nas fachadas e coberturas, que estão relacionados a infiltração. Portanto foi verificado o que as normas solicitam como requisitos, especificações, diretrizes ou características, os quais são necessários para garantir que o produto final, que forma o envelope da edificação, funcione com eficácia. O estudo compara a ocorrência das patologias causadas pela infiltração, visto na amostra, com o apontamento por parte da literatura sobre esses problemas. Posteriormente foram analisados o que os autores, juntamente com as normas, indicam como prevenção ou como correta execução, para que a infiltração de água não venha ocorrer, causando transtornos e custos extras para a empresa. Em toda a análise, as causas apresentadas foram previstas, estudadas e estavam presentes nas bibliografias sobre este tema. A infiltração em fachadas nos três casos ocorreu devido a falhas que poderiam ter sido evitadas com a correta execução, com planejamento e com a gestão das empresas que executaram os serviços de proteção contra infiltração na edificação.

Palavras-chave: Infiltração no Envelope da Edificação. Ação da Chuva e Vento em Fachadas Prediais. Prevenções Contra Infiltrações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Isopletras, Brasil	18
Figura 2 – Impermeabilização em rodapé (virada em platibanda)	23
Figura 3 – Estanqueidade: a) condições de ensaio de estanqueidade de telhados; b) condições de exposição de acordo com regiões do Brasil	25
Figura 4 – Caimento de telhas	27
Figura 5 – Infiltrações ocasionadas por erros em rufos e similares	29
Figura 6 – Correta instalação de rufos e similares	30
Figura 7 – Correto posicionamento de elementos de captação de água da chuva	31
Figura 8 – Fases de interação de água em fachadas	35
Figura 9 – Fatores que influenciam a penetração de umidade pela chuva	38
Figura 10 – Tipos de infiltração em paredes.....	38
Figura 11 Diagrama dos fluxos de água em pingadeiras com diferentes geometrias.....	44
Figura 12 – Esquema de cimalha em platibanda.....	44
Figura 13 – Formas que proporcionam proteção contra água da chuva	45
Figura 14 – Configuração típica de fissura horizontal sobre peitoril	51
Figura 15 – – Fissuras por retração devido camadas excessivas de argamassa em peitoril	51
Figura 16 – Fluxo de água da chuva em peitoril	52
Figura 17 – Mecanismo de infiltração pela conexão malfeita entre janela e peitoril	53
Figura 18 – Falha de chumbamento do contramarco	54
Figura 19 – Falhas interface peitoril/janela	54
Figura 20 – Corte esquemático mostrando o sistema de infiltração pela interface esquadria/verga	55
Figura 21 – Corte esquemático prédio Estácio de Sá	56
Figura 22 – Umidade em pintura interna	57
Figura 23 – Fissuras interface peitoril alvenaria	58
Figura 24 – Bolhas na pintura interna	59
Figura 25 – Laudo de câmara térmica	60
Figura 26 – Telhamento cerâmico colonial, ap. 301	62
Figura 27 – Elementos metálicos da platibanda e corte esquemático do conjunto	62
Figura 28 – Infiltração interna	63
Figura 29 – a) Elementos de vedação; b) vedação entre módulos com PU	64
Figura 30 – Mapeamento de fissuras	65

Figura 31 – Fissuras em fachada	66
Figura 32 – Mofo devido umidade em papel de parede	67
Figura 33 – Água da chuva penetrando em juntas de movimentação	68
Figura 34 – Fina camada de selante rompido	68
Figura 35 – Fina camada de selante desgastado	69
Figura 36 – Acabamento das juntas de movimentação com enchimento e selante	70
Figura 37 – Representação da junta de movimentação aprofundada até a superfície da parede	71
Figura 38 – Representação da junta de movimentação aprofundada até 2/3 do emboço .	73
Figura 39 – Fissuras no selante	74
Figura 40 – Situação observada com profundidade da junta inadequada e selante subdimensionado	75
Figura 41 – Detalhe padrão adotado pela empresa	77
Figura 42 – Juntas de movimentação com membrana impermeabilizante	77
Figura 43 – Falhas no rejunte	78
Figura 44 – Falhas no rejunte e nas juntas de movimentação	79
Figura 45 – Perspectiva do empreendimento	80
Figura 46 – Manifestações patológicas devido a entrada da água da chuva no 2º pavimento	81
Figura 47 – Manifestações patológicas devido à entrada da água da chuva no térreo	82
Figura 48 – Local da entrada de água	83
Figura 49 – Falha da fixação do rufo à parede reparada, erroneamente, com argamassa.	83
Figura 50 – Esquema do local de infiltração	84
Figura 51 – Manchas e bolores em laje	85
Figura 52 – Ralo com problemas de estanqueidade	86
Figura 53 – Localização dos problemas do ralo	87
Figura 54 – Execução de impermeabilização junto ao ralo	88
Figura 55 – Infiltração abaixo da janela	89
Figura 56 – Assentamento do peitoril desprotegido	90
Figura 57 – Fina camada de selante desgastado	92
Figura 58 – Peitoril com pouco prolongamento da pingadeira e comprimento igual ao vão	93
Figura 59 – Fluxo de água da chuva em peitoril	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vazamentos pela laje	24
Quadro 2 – Vazamentos pelo telhado	28
Quadro 3 – Vazamentos em detalhes coletores de água da chuva em telhados	32
Quadro 4 – Comparativo entre coberturas de telhados e lajes	33
Quadro 5 – Condições de ensaio de estanqueidade à água de sistemas de vedações verticais externas	36
Quadro 6 – Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias	36
Quadro 7 – Níveis de desempenho da esquadria quanto ao seu uso	46
Quadro 8 – Valores de pressão de vento conforme região do país e o número de pavimentos da edificação	47
Quadro 9 – Materiais utilizados para fabricação de janelas, suas vantagens e desvantagens	48
Quadro 10 – Tipos de selantes e suas descrições	50
Quadro 11 – Disposições construtivas das juntas de movimentação executadas com selantes flexíveis	70

LISTA DE SIGLAS

NBR – Norma Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PVC – Policloreto de Vinila

CBIC/SENAI – Câmara Brasileira da Indústria da Construção / Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

PU - Poliuretano

LISTA DE SÍMBOLOS

L/m² – Litro por metro quadrado

p – pressão (Pa)

h – horas

mm – milímetros

L/min – Litro por minuto

m/s – metros por segundo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DE PESQUISA	15
2.1 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2 DELIMITAÇÕES	15
2.3 LIMITAÇÕES	15
2.4 DELINEAMENTO	15
3 INFILTRAÇÕES NO ENVELOPE DA EDIFICAÇÃO	17
4 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA SOBRE ELEMENTOS DE FACHADA E COBERTURAS	20
4.1 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM COBERTURAS	20
4.1.1 Penetração ou infiltração de água em lajes	20
4.1.2 Penetração ou infiltração de água em coberturas de telhados	24
4.2 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM FACHADAS VERTICAIS	34
4.2.1 Penetração ou infiltração de água em paredes	37
4.2.1.1 Argamassas	39
4.2.1.2 Blocos cerâmicos de vedação	41
4.2.1.3 Sistemas de pinturas	41
4.2.1.4 Geometria de fachadas	43
4.3 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM ESQUADRIAS EXTERNAS	45
4.3.1 Materiais utilizados em esquadrias	47
4.3.2 Juntas e materiais de vedação	48
4.3.3 Principais causas de infiltração em esquadrias de fachada	50
5 ANÁLISE DOS CASOS	56
5.1 CASO 1: PRÉDIO ESTÁCIO DE SÁ	56
5.1.1 Infiltração em janela, apto 303	57
5.1.2 Infiltração em rufo, apto 301	61
5.2 CASO 2: INILTRAÇÃO EM FAHADADA CERÂMICA	66
5.2.1 Selante fissurado	68
5.2.1.1 Profundidade das juntas de movimentação incorretas	72

5.2.1.2 Tamanho do enchimento incorreto	73
5.2.1.3 Proporção entre largura e profundidade do selante incorreta	74
5.2.1.4 Boas práticas	76
5.2.2 Falhas no rejunte	78
5.3 CASO 3: EDIFÍCIO EM REFORMA	79
5.3.1 Infiltração em interface entre prédios	81
5.3.2 Infiltração em ralo	84
5.3.3 Infiltração em janelas	88
6 CONCLUSÕES	94
REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

O conforto, a qualidade e a estética são itens desejados para quem pretende possuir um imóvel. A ocorrência de manifestações patológicas ao longo da vida útil de um edifício pode denegrir a imagem de um empreendedor por não atender a esses itens desejáveis, sendo passíveis de conflitos entre os envolvidos. Situação delicada que pode trazer custos extras para quem está construindo e em longo prazo para quem irá utilizar o espaço, que apresenta problemas.

As fachadas, que compõem o envelope da edificação junto com a cobertura, contribuem muito para a estética e para a valorização do negócio de quem pretende construir. Inovações tecnológicas e arquitetônicas incorporam novas formas e materiais estéticos que compõem fachadas, valorizam o produto e dão status ao empreendimento. Para que esta seja executada, não importando os detalhes arquitetônicos, tem que atender a exigências mínimas quanto ao desempenho esperado e conforto de quem irá usar o ambiente. Por isso, deve-se atentar aos métodos construtivos e materiais utilizados para a vedação e isolamento da área externa, exposta ao meio ambiente, para que se tenha um bom funcionamento do edifício. Importante também observar os períodos de manutenções para se evitar possíveis falhas, que levariam a ocorrências de manifestações patológicas.

Um problema comum existente na construção civil com relação a fachadas é a infiltração de água e foi sobre este tema que se desenvolveu a pesquisa. Foram observadas três edificações, residenciais ou comerciais, que apresentaram problemas de infiltração. Através de estudo de caso, o presente trabalho objetivou analisar a ocorrência de infiltrações no envelope da edificação, principalmente em elementos de fachada. Foram analisadas as causas para o acontecimento desses fenômenos e o que poderia ter sido feito para prevenir e evitar uma possível aparição de manifestações patológicas, visto que o transtorno gerado por esse tipo de problema pode levar a custos extra orçamentários, transtornos para o empreendedor e, principalmente, para o usuário do imóvel.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

2.1 OBJETIVO DA PESQUISA

O presente trabalho objetivou constatar as causas de infiltrações no envelope das edificações, que causam manifestações patológicas nos elementos de fachada, e quais medidas devem ser tomadas para prevenir a ocorrência desse tipo de situação.

2.2 DELIMITAÇÕES

A pesquisa fundamentou-se na identificação das principais causas de infiltrações e falhas de estanqueidade no envelope da edificação que originam manifestações patológicas nos elementos de fachadas, presentes em edifícios, residenciais ou comerciais, devido à ação da chuva.

2.3 LIMITAÇÕES

Foi feita a observação em três edifícios residenciais que apresentaram, através dos elementos de fachada, infiltrações causadas por chuvas incidentes. Não abrangendo umidade relacionada à percolação de água na edificação com origem na base desta ou devido a problemas de tubulações internas.

2.4 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado respeitando as etapas apresentadas e descritas abaixo:

- 1) revisão bibliográfica
- 2) escolha das edificações com problemas de infiltração
- 3) visita às edificações para coleta de dados
- 4) análise dos dados
- 5) elaboração da conclusão

Na **revisão bibliográfica** foi estudado o que os autores de teses, dissertações, artigos científicos, livros, entre outros, apontam como as principais causas de ocorrência de

infiltração no envelope da edificação. Analisou-se, também, o que os autores e normas indicam para que o sistema de vedação dos elementos de fachada garanta a estanqueidade das águas provenientes de chuvas, prevenindo, assim, a infiltração dela.

Após a revisão bibliográfica foram **escolhidos três edifícios** (residenciais ou comerciais), na cidade de Porto Alegre, que apresentaram infiltrações nos elementos de fachadas. Após a escolha das edificações foram feitas **visitas** aos empreendimentos para a **coleta de dados** sobre as infiltrações nos empreendimentos, sobre os elementos em que a água percolou e sobre os aspectos gerias do empreendimento e execução de atividades.

Na **análise de dados** foi visto quais foram as causas e os motivos para que tenha ocorrido infiltração de água por elementos de fachadas, baseado na literatura estudada. Foi estudado, posteriormente, de acordo com recomendações de autores, quais as possíveis prevenções para que não ocorressem essas manifestações patológicas observadas.

Por fim, gerou-se uma **conclusão**, baseada na análise dos casos, sobre as causas e os motivos para a aparição das infiltrações. Foi também constatada quais as prevenções para que estes problemas observados não aconteçam, através dos apontamentos das falhas e erros cometidos pelos executores dos serviços que permitiram falhas na estanqueidade no sistema de fachadas.

3 INFILTRAÇÃO NO ENVELOPE DA EDIFICAÇÃO

As infiltrações de água da chuva para o interior das moradias demonstram que o assunto ainda não foi resolvido e mesmo com inovações tecnológicas e estéticas de fachadas prediais, o problema ainda é recorrente, causando desconfortos e problemas. A proteção contra as intempéries climáticas é função primordial de uma habitação conforme relatado por (BAUER, 1987, p.1):

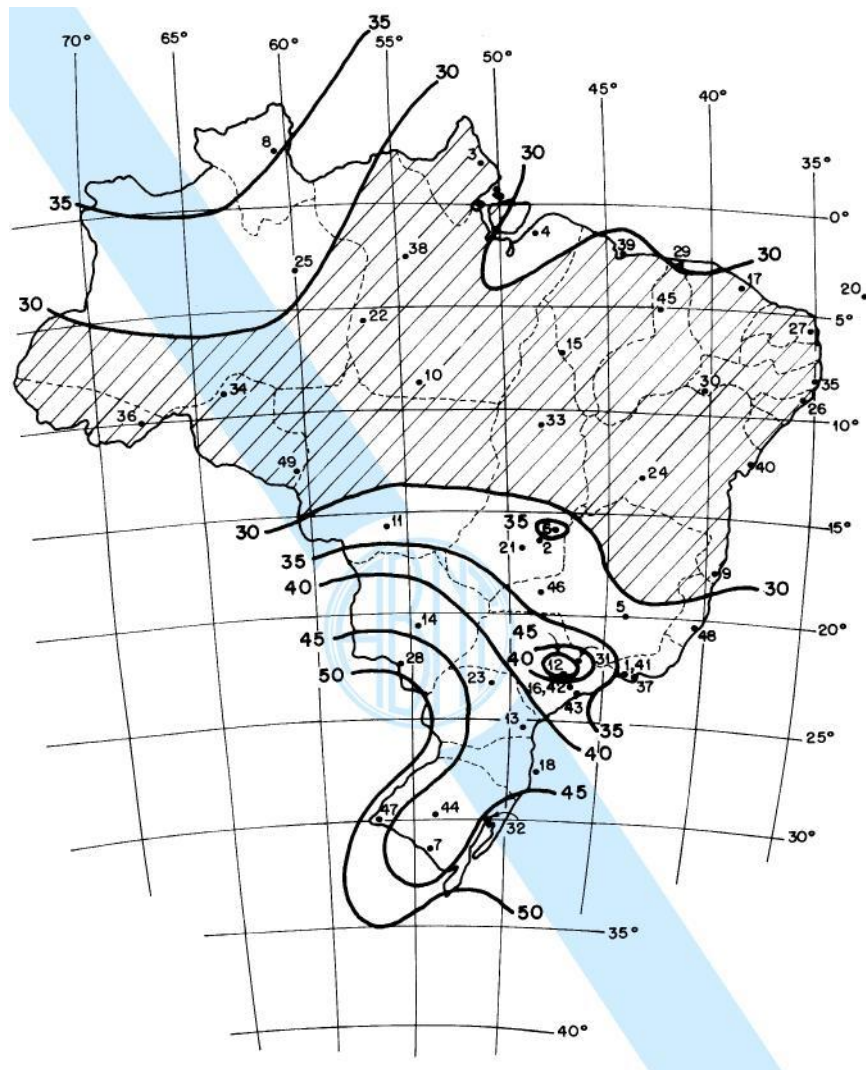
Uma das mais antigas, se não a principal, função da habitação é proteger o homem das ações e intempéries climáticas. Concebendo o edifício como habitação, o mesmo é dotado de uma interface a qual separa o ambiente interno (protegido) do ambiente externo (desprotegido). Essa interface denominada de envelope do edifício deve resistir às solicitações impostas pelos agentes externos (vento, chuva, ruído, entre outros), impedindo ou, em alguns casos, amenizando a ação desses para o ambiente interno.

Perez (1988) afirma que as manifestações patológicas devido à umidade têm fatores que nem sempre estão ligados à infiltração de água através de fachadas, normalmente estão associadas há um conjunto de causas, sendo uma destas preponderante. Para maiores esclarecimentos e para fim de distinguir o que será analisado nas edificações em questão, é importante ver quais os problemas associados a essas manifestações.

De acordo com Oliveira, Moreira e Filho (2006) a umidade pode ser classificada quanto a origem do fenômeno em quatro tipos distintos, são estes:

1. Umidade de infiltração decorrente da ação da água de chuva (infiltração por fissuras, caixilhos, revestimentos, juntas, entre outros);
2. Umidade de condensação, decorrente da condensação superficial ou no interior dos materiais de vapor de água;
3. Umidade proveniente do solo, decorrente da ascensão capilar da água presente no solo;
4. Umidade acidental, decorrente de vazamentos em instalações hidráulicas, falhas localizadas, entre outros.

Dentre esses fatores será feita o estudo de caso sobre o item 1 (um) que aborda o tema de infiltrações de água através da chuva. Importante ressaltar que a incidência de chuvas torrenciais e chuvas dirigidas na cidade de Porto Alegre são comuns devido à localização geográfica e a incidência de ventos acima da média do Brasil conforme demonstrado no mapa de Isopletas abaixo, extraído da NBR 6123:

Figura 1 – Isopletas da velocidade básica V_0 (m/s)

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988, p.6)

Conforme previsto nessa norma, os ventos incidentes em fachadas atuam com forças sobre essas e segundo Mustelier (2002), a chuva incidente em forma de precipitações direcionadas pela ação do vento aumenta a pressão atmosférica no exterior do edifício provocando infiltrações de água ou umidade na fachada podendo esta penetrar por pequenos orifícios e fissuras da vedação externa.

Segundo Perez (1988) os problemas de umidade mais frequentes, nos edifícios brasileiros, são relacionados à estanqueidade da água à infiltração. Os problemas de umidade devido à infiltração representam grande parte dos problemas relacionados a umidade, e são originários, principalmente, em elementos de fachadas (janelas, portas e paredes). Apesar da

complexidade gerada pelos fenômenos envolvidos, a solução é simples comparado a um caso de condensação, principalmente se pensados ainda na fase de projetos. Se houver penetração de água não controlada pode haver danos desastrosos quanto a degradação dos materiais, visto que as áreas internas e o mobiliário não são preparados para essas situações.

4 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA SOBRE ELEMENTOS DE FACHADA E COBERTURAS

Neste capítulo serão estudados os elementos de fachada componentes de um edifício residencial que tem o objetivo de vedação da área interior e que são passíveis de falhas. Serão priorizados elementos que tem funções de estanqueidade de água e que estão sujeitos a penetração ou infiltração de água.

4.1 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM COBERTURAS

Visto que as coberturas influenciam na estanqueidade da água da chuva e que falhas nesses elementos poderão implicar em infiltrações tanto internas como nas fachadas, o estudo sobre esses elementos se faz necessário.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo a definição de cobertura é "[...] Parte superior da edificação que protege das intempéries [...]". A NBR 15575-5 referente aos requisitos para sistemas de coberturas, aborda como um dos requisitos a estanqueidade para um ambiente habitável, esta afirma que os elementos de cobertura devem ser estanques à água de chuva e que sejam capazes de evitar a formação de umidade e, portanto, as manifestações patológicas consequentes da presença de uma possível infiltração. Ainda reforça "[...] exercem funções importantes nas edificações habitacionais, desde a contribuição para preservação da saúde dos usuários até a própria proteção do corpo da construção, interferindo diretamente na durabilidade dos demais elementos que a compõem. [...]" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2013, p.23).

Para o presente estudo de caso (se estiver presente casos de infiltrações nas coberturas dos edifícios analisados) estes se restringirão aos seguintes tipos de coberturas (componentes de fachadas):

4.1.1 Penetração ou infiltração de água em lajes

Em lajes de cobertura, para se ter a correta estanqueidade da água com a finalidade de impedir infiltrações e prevenir possíveis problemas, os projetos de coberturas deverão apresentar sistemas de impermeabilização do ambiente conforme previsto pela norma NBR 15575-5

(2013) que estabelece como uma das premissas de projeto "[...] especificar os sistemas de impermeabilização de lajes de cobertura, terraços, fachadas e outros componentes da construção [...]" e ainda prevê como premissa "[...] detalhar os elementos que promovem a dissipação ou afastamento do fluxo de água das superfícies das fachadas, visando prevenir o acúmulo de água e infiltração de umidade [...]". Righi (2009) complementa que a impermeabilização deve prever um projeto específico e este deve detalhar o produto e a forma de execução dos sistemas ideais de impermeabilização para cada caso numa obra.

Para o sistema de impermeabilização de coberturas são previstos em norma NBR 9575 (2010, p.7) as seguintes classificações quanto ao material constituinte na principal camada impermeável:

1 - Cimentícios: Argamassa com aditivo impermeabilizante, argamassa modificada com polímero, argamassa polimérica e cimento modificado com polímero (conforme a situação).

2 - Asfálticos: Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero, membrana de asfalto elastomérico, membrana de emulsão asfáltica, membrana de asfalto elastomérico, em solução e manta asfáltica.

3 - Poliméricos: Membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado, membrana elastomérica de poliisobutileno isopreno (1.1.R), em solução, membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (S.B.S.), membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno-ruber (S.B.R.), membrana de poliuretano, membrana de poliuréia, membrana de poliuretano modificado com asfalto, membrana de polímero acrílico com ou sem cimento, membrana acrílica para impermeabilização, membrana epoxídica, manta de acetato de etilvinila (E.V.A.), manta de policloreto de vinila (P.V.C.), manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.), manta elastomérica de etilenopropilenodieno-monômero (E.P.D.M.) e manta elastomérica de poliisobutileno isopreno (1.1.R).

Para que o sistema de impermeabilização atue com eficácia através do uso desses materiais, de acordo com a NBR 15575-5 (2013), o sistema deve ser projetado para que evite passagens de fluidos e vapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade e proteger elementos construtivos e expostos aos intemperismos, contra a ação de agentes presentes na atmosfera, entre eles, a chuva.

De acordo com Oliveira (2015), deverá haver projeto específico para este segmento este deve contemplar plantas de localização e identificação das impermeabilizações (com detalhes construtivos, memoriais descritivos de materiais e camadas de impermeabilização, de procedimentos de execução, inclusive com a definição dos fabricantes dos produtos) que além da planta de impermeabilização com maior detalhamento do que no projeto básico, o projeto executivo de impermeabilização inclui desenhos e detalhes específicos (cotas, arremates, rodapés) e detalhes construtivos (ancoragens, chumbamentos, muretas). E para se ter segurança do processo de impermeabilização a execução do serviço teria que conter, como boas práticas, planilha quantitativa de materiais, cronograma físico dos serviços de impermeabilização, metodologia para controle da execução do sistema de impermeabilização e metodologia para inspeção dos serviços executados para que esta seja corretamente aplicada.

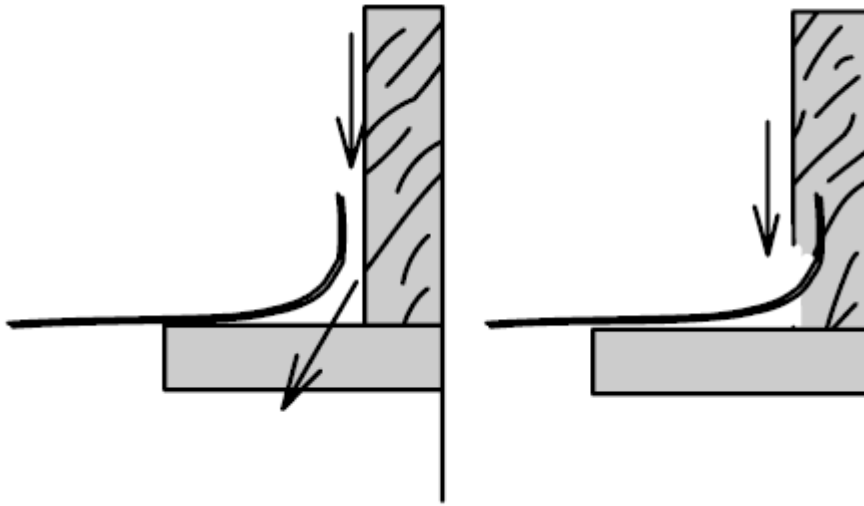
Righi (2009) ainda afirma que a impermeabilização para prevenção de infiltrações deve ser acompanhada para que atenda os quesitos de aplicação do material impermeabilizante conforme projeto e que é necessário a verificação do material aplicado e se este encontra-se dentro das especificações, com o correto tempo de secagem após aplicação e obedecendo o teste de estanqueidade do ambiente impermeabilizado. Teste este previsto em norma NBR15575-5 (2013) que orienta para que ambientes impermeabilizados sejam testados quanto a estanqueidade. Estes devem ser expostos a uma lâmina d'água e ser estanques por no mínimo 72 h e manter a estanqueidade ao longo da vida útil de projeto.

Costa (2004) aborda a seguinte constatação sobre as infiltrações de água em lajes de concreto: É sabido que a infiltração se instala na camada de regularização, devido à maior porosidade em relação ao concreto. Uma vez instalada, a umidade permanece retida nessa camada e, ao longo do tempo, com as incidências de chuvas, lavagens e rega de jardins terão o volume aumentado até atingir pontos ou locais que permitam o escoamento: trincas, rachaduras, pontos de segregação do concreto, juntas de dilatação e aberturas para passagem de tubulações hidráulicas (COSTA¹, 2004).

Alguns autores como Verçoza (1991) confirmam que o maior problema que contribui para vazamentos em lajes de cobertura e terraços é o defeito na impermeabilização, normalmente

por serem mal executadas. Salientam também a importância da correta execução de detalhes na impermeabilização como a estanqueidade dos ralos, as juntas de dilatação, na colocação da manta com as viradas em platibandas corretas, obedecendo os ângulos de projeto, entre outros detalhamentos que influenciam na estanqueidade da laje.

Figura 2 – Impermeabilização em rodapé (virada em platibanda)



(fonte: SOUSA, 2008, p.25)

O quadro 1 abaixo expressa as principais causas de infiltração em lajes, as etapas que elas ocorrem e as manifestações patológicas correspondentes às infiltrações de água sobre lajes.

¹ COSTA, W. A. ;Proteção de lajes contra infiltração. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano.12, n.84, Março

Quadro 1 – Vazamentos pela laje

Erros de	Causas	Manifestações
Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de impermeabilização • Escolha de materiais inadequados • Dimensionamento inadequado para o escoamento das águas pluviais • A não consideração do efeito térmico sobre a laje • Pouco caimento para o escoamento das águas 	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas • Mofo • Gotejamento • Corrosão das armaduras da laje • Lixiviação do concreto • Descolamento de cerâmicas do piso • Desagregação do revestimento do forro
Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Execução inadequada da impermeabilização • Mal execução das juntas • Rodapés mal executados – arremate inadequado da impermeabilização na platibanda ou muro • Acabamento mal executado no entorno de ralos ou passagem de tubulações pela laje • Ralos quebrados 	
Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Rachaduras da platibanda provocam a penetração de água por baixo da impermeabilização • Materiais de baixa qualidade • Materiais inadequados 	
Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamento de redes pluviais ou hidráulico-sanitários por tubulação furada ou rachada • Entupimento de ralos • Ruptura da impermeabilização • Ruptura de ladrilhos cerâmicos • Ralos quebrados 	

(fonte: SOUSA, 2008, p.28)

4.1.2 Penetração ou infiltração de água em coberturas de telhados

De acordo com Cardoso (2000) "[...] Caracteriza-se aqui o telhado como sendo um revestimento descontínuo constituído de materiais capazes de prover estanqueidade à água de chuva, repousados ou fixados sobre uma estruturação leve [...]".

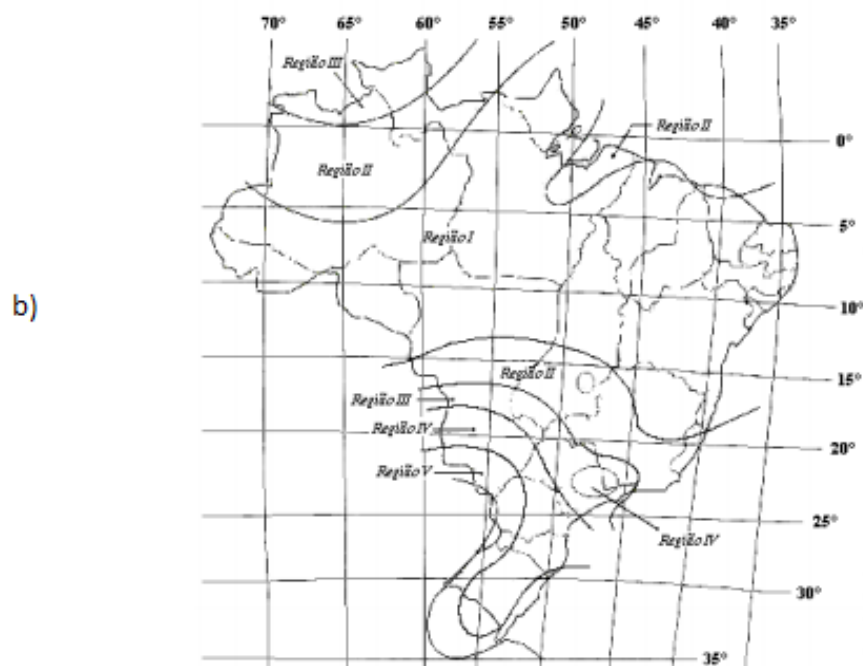
A NBR 15575-5 afirma o seguinte critério para que as coberturas operem com plenitude contra infiltração de água decorrente de chuvas:

Durante a vida útil de projeto do sistema de cobertura, não deve ocorrer a penetração ou infiltração de água que acarrete escoamento ou gotejamento, considerando-se as condições de exposição indicadas na figura 3, considerando-se todas as suas confluências e interações com componentes ou dispositivos (parafusos, calhas, vigas-calha, lajes planas, componentes de ancoragem, arremates, regiões de cumeeiras, espigões, águas furtadas, oitões, encontros com paredes, tabeiras e outras posições específicas, e subcoberturas), bem como os encontros de componentes com chaminés, tubos de ventilação, claraboias e outros, em face das movimentações térmicas diferenciadas entre os diferentes materiais em contato, aliados aos componentes ou materiais de rejuntamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2013, p.19).

Figura 3: Estanqueidade: a) condições de ensaio de estanqueidade de telhados; b) condições de exposição de acordo com regiões do Brasil

a)

Regiões	Condições de ensaio	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L / m ² / min
I	10	4
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.20)

Na nota presente no rodapé deste mesmo critério presente na norma NBR 15575-5, salienta que para o atendimento da estanqueidade das coberturas deve-se focar também nas propriedades físicas do material constituinte das telhas (porosidade, absorção de água, permeabilidade), nas sobreposições laterais e longitudinais, nos tipos de encaixes e sistema de fixação ou acoplamento das telhas, na regularidade dimensional das peças e na declividade e extensão dos panos (além dos índices pluviométricos, direção e intensidade do vento na região de implantação da edificação habitacional) conforme demonstrado anteriormente na figura 1 referente às Isopletras.

A NBR 15575-5 contempla também a premissa de projeto de que este deve prever detalhes construtivos que assegurem a não ocorrência de umidade e de suas consequências estéticas no ambiente habitável.

A estanqueidade e o desempenho térmico constituem os dois principais pontos para a avaliação de utilização de um telhado conforme Cardoso (2000, p.4). Este complementou que dentre as causas das falhas de adequabilidade a esses aspectos têm-se:

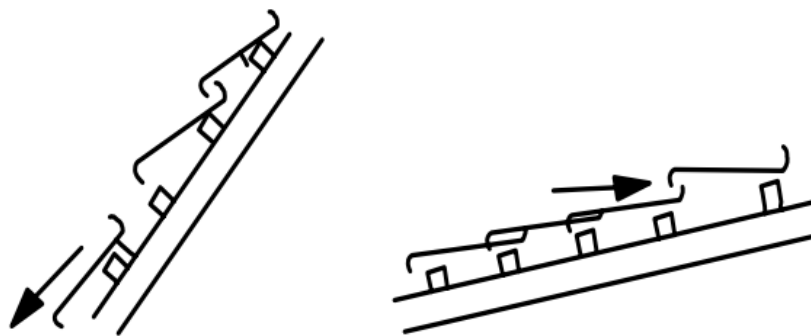
- Grande número de juntas;
- Deslocamento dos componentes durante fortes ventos (declividades e assentamentos inadequados);
- Deslocamento das telhas decorrentes de deformações excessivas das estruturas de sustentação;
- Projeto inadequado de arremates (encontro de telhados e paredes), extravasores de água, etc.;
- Acúmulo de algas, líquens e musgos nos encaixes;
- Trasbordamento de calhas e rufos.

As infiltrações observadas através dos telhados das edificações têm como origem a água da chuva. Isto se deve ao fato das coberturas de telhas apresentarem muitos vazamentos no sistema de escoamento dessas águas pluviais (calhas e tubos de queda) ou no próprio telhado e seus materiais constituintes (SOUSA, 2008).

Este mesmo autor Sousa (2008) afirma que um defeito comum relacionado a infiltrações em situações de telhamento é o caimento inadequado "[...] as telhas possuem ângulos limites, fora dos quais os vazamentos são improváveis[...]". Alguns fatores influenciam os ângulos das telhas, dentre os quais: sistema de fixação das peças, sistema de encaixes longitudinais e laterais, impermeabilidade das telhas, etc.

Abaixo estão as ilustrações relacionadas aos caimentos exagerados e com pouco caimento (figura 4). Referente a primeira imagem o autor Sousa (2008) afirma que a telha pode se soltar dos encaixes e cair com a ação dos ventos. E no segundo caso este afirma que o vento força a entrada de água para dentro do telhado. Ambos os casos ilustrados abaixo conforme indicado pelas setas na imagem. Sousa (2008) ainda ressalta que o caimento deve ser o primeiro fator a ser observado quando ocorrer com frequência muitas goteiras.

Figura 4 – Caimento de telhas



(fonte: SOUSA, 2008, p.17)

O quadro 2 abaixo, extraído da monografia de especialização de Sousa (2008) demonstra as manifestações patológicas, as causas e a etapa em que ocorreu a falha. O quadro apresenta, resumidamente, o mapa de vazamentos sobre a ação de chuvas em telhas.

Quadro 2 – Vazamentos pelo telhado

Tipos de Telhas	Erros de	Causas	Manifestações
De barro cozido • Tipo francesa • Colonial • Planas	Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Caimento inadequado para o telhado <ul style="list-style-type: none"> ➢ Muito Alto – Telha Escorrega ➢ Muito Baixo – Penetra água no trespassse • Dimensionamento incorreto da estrutura do telhado (flechas exageradas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Goteiras • Apodrecimento do madeiramento • Mofo na superfície inferior da telha • Fungo sobre a telha • Manchas de umidade • Eflorescência • Ruptura por congelamento
	Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Madeiramento mal executado • Fixação inadequada das telhas • Falta de imunização contra cupim do madeiramento • Sistema de encaixes longitudinais e laterais inadequados 	
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa qualidade das telhas: porosas, muito finas, empenadas, tamanhos variáveis 	
	Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Telhas quebradas ou fissuradas • Telhas com fungos e com degradação • Telhas fora de posição (escorregamento) 	
De fibrocimento • Onduladas • Calhetões	Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Caimento inadequado • Trespases laterais e longitudinais insuficientes • Deformação lenta da telha produzindo flexão da mesma 	<ul style="list-style-type: none"> • Goteiras • Apodrecimento de madeiramento • Acúmulo de água por deformação lenta • Mofo na superfície inferior • Fungos sobre a telha • Fissura na telha
	Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Fixação inadequada das telhas colocando mal o parafuso (na parte baixa da onda) ou sem vedação nos furos de fixação • Trespases inadequados 	
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa qualidade: muito finas, grande deformação lenta 	
	Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Telhas quebradas ou fissuradas • Telhas com fungos e mofo 	
Metálicas Onduladas Auto-portantes	Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Caimento inadequado • Trespases inadequados • Madeiramento mal dimensionado 	<ul style="list-style-type: none"> • Amassamento • Corrosão • Gotejamento • Manchas
	Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Pregos de fixação mal colocados e sem vedação • Disposição errada das telhas • Trespases errados 	
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa qualidade, muito finos, pouco resistente 	
	Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Sem pintura protetora • Telhas com furos pela oxidação 	

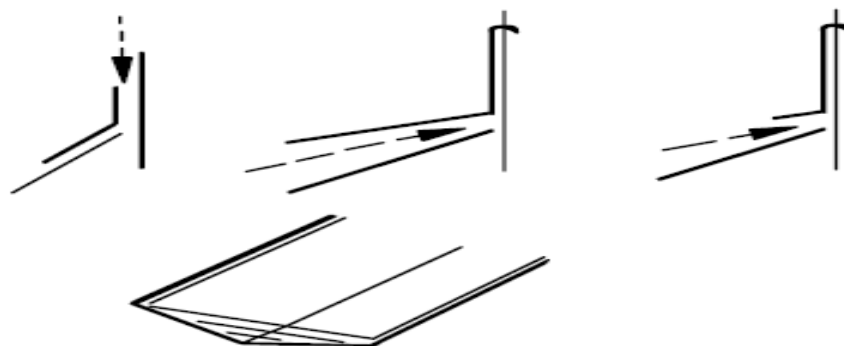
(fonte: SOUSA, 2008, p.22)

A verificação de infiltrações pode não estar associada somente ao telhado. Conforme relatado por Verçoza (1991) é comum vazamentos em calhas, condutores, algerozes e outros aparelhos que são utilizados com a finalidade de se coletar a água vinda de chuvas. Estes vazamentos são manifestados através de manchas nos forros ou em paredes que ficam abaixo, assim como por goteiras.

Estes elementos coletores de águas pluviais constituintes de um telhado se mal dimensionados ou mal instalados podem gerar infiltrações conforme relatado por Verçoza (1991). Para a situação de dimensionamento de calhas, segundo este, quando se tem um caimento de 1%, a seção útil da peça (calha) deverá possuir no mínimo 1 (um) cm² de seção por m² de projeção horizontal do telhado, podendo a dimensão ser alterada em determinadas situações.

Para outros detalhamentos de elementos coletores de águas pluviais os cuidados com a instalação também têm que ser previstos para que não ocorram infiltrações. A ilustração a seguir demonstram infiltrações que ocorrem por erros de instalação em algerozes, rufos e similares. De acordo com o autor Sousa (2008) estas falhas são encontradas através do lançamento de água sobre as paredes em que estão fixadas, o que é análogo a chuvas dirigidas. Este ainda afirma que os erros mais frequentes são falta de embutimento nas alvenarias, quebra de argamassa de fixação, peças curtas, caimento insuficiente e em rincões é frequente a infiltração por trespasse pequeno.

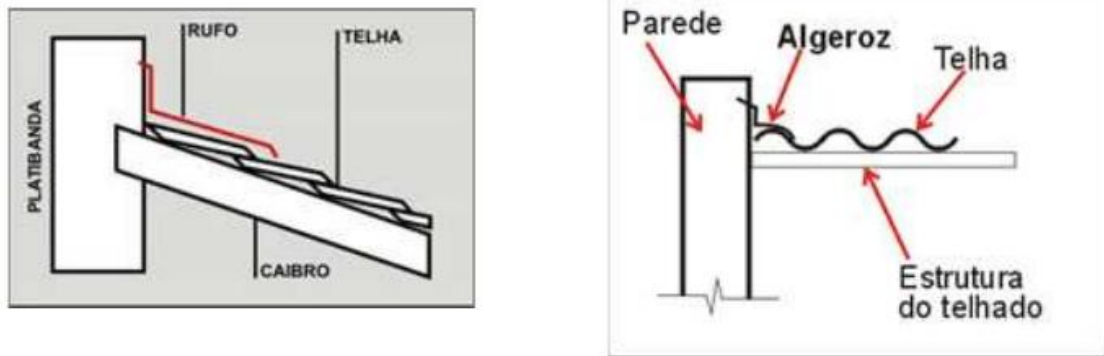
Figura 5 – Infiltrações ocasionadas por erros em rufos e similares



(fonte: SOUSA, 2008, p.15)

Abaixo segue a correta colocação para que se evite infiltrações de água em elementos de Rufos:

Figura 6 – Correta instalação de rufos e similares

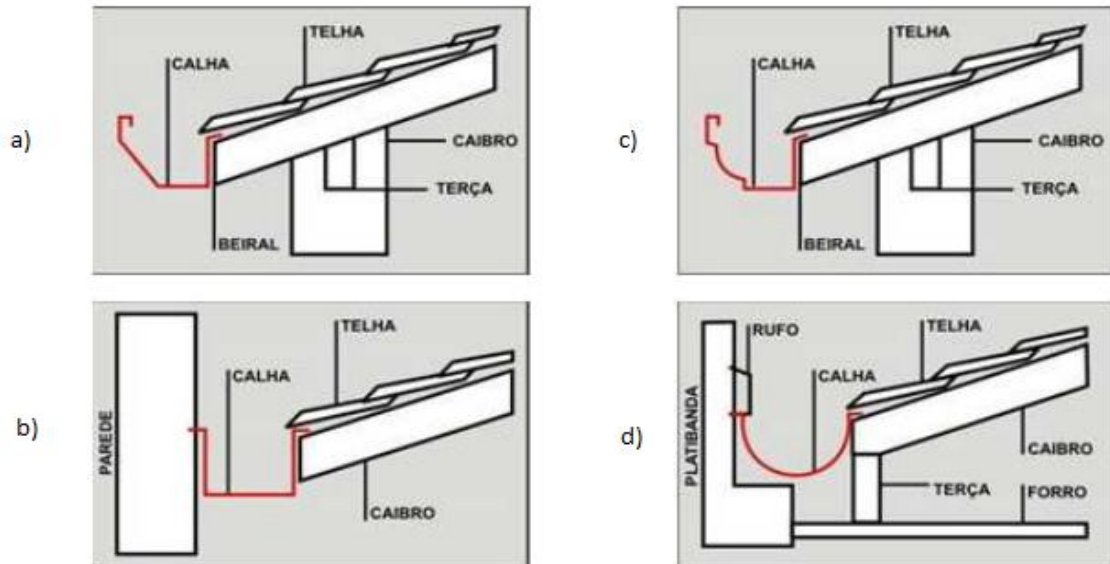


(fonte: OLIVEIRA², 2015, p.10)

Verçoza (1991) aborda também o fato de os elementos possuem diferentes dilatações por serem de materiais distintos (calhas, alvenarias e madeiras). Afirma também que as calhas não devem ser embutidas diretamente na alvenaria. Estas devem ser fixadas de forma que tenham uma livre dilatação e movimentação. Caso continuem embutidas na alvenaria, poderá acontecer o estouro do reboco, gerando um caminho para entrada de água, gerando diversas patologias.

² OLIVEIRA, C. S. P. ; Coberturas 1ª parte. **Notas de aula.** Apostila de aula - edificações II. Faculdade de Engenharia Civil. UFRGS, Porto Alegre, set. 2015

Figura 7 – Correto posicionamento de elementos de captação de água da chuva: a) tipo de calha; b) instalação incorreta de calha devido trabalhabilidade de materiais diferentes (calha x parede); c) tipo de calha; d) instalação correta com rufo separando materiais



(fonte: adaptado de OLIVEIRA³, 2015, p.10)

O quadro 3 abaixo extraído da monografia de especialização do autor Sousa (2008) demonstra as manifestações patológicas, as causas e a etapa em que ocorreu a falha em elementos de captação de águas pluviais em telhados:

³ OLIVEIRA, C. S. P. ; Coberturas 1ª parte. **Notas de aula.** Apostila de aula - edificações II. Faculdade de Engenharia Civil. UFRGS, Porto Alegre, set. 2015

Quadro 3 – Vazamentos em detalhes de coletores de água da chuva em telhados

Locais de Vazamento	Erros de	Causas	Manifestações
<p>Calhas</p> <p>Tubos de queda (condutores)</p> <p>Algerozes</p>	Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Seção insuficiente para a vazão nas calhas e condutores 	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas nos forros e paredes • Goteiras • Escorrimento de águas pelas paredes • Mofo • Prevenção de vegetação nas calhas
	Execução	<ul style="list-style-type: none"> • Soldas incompletas ou rompidas • Pouco caimento para escoamento da água • Calhas sem apoio • Uniões inadequadas nos tubos de queda • Trespasses insuficientes em algerozes, rufos, etc • Fixação insuficiente das algerozes nas paredes 	
	Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação dos materiais utilizados (oxidação das calhas) • Furos nas calhas e condutores • Entupimento por detritos (folhas, papel, etc) • Amassamento das calhas 	
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa Qualidade 	

(fonte: SOUSA, 2008, p.16)

Por fim o quadro 4 abaixo faz a relação entre as coberturas em telhados e as lajes:

Quadro 4 – Comparativo entre coberturas de telhados e lajes

Características fundamentais	Coberturas em telhados	Lajes de concreto impermeabilizadas
Peso	Os materiais de revestimento utilizados são leves (telhas) e os vãos são vencidos geralmente por treliças, resultando em estruturas leves.	Os vãos são vencidos pelo próprio concreto armado ou protendido, resultando geralmente em coberturas mais pesadas.
Estanqueidade	É garantida pelo detalhe de justaposição das telhas (encaixe, comprimento de tal sobreposição, etc.) e pela inclinação; a inclinação é fundamental, de forma a garantir uma velocidade de escoamento das águas que evite a penetração pelas juntas, através do efeito do vento, ou através das próprias peças constituintes, quando o material não é suficientemente impermeável.	A continuidade é garantida pela continuidade da superfície vedante; o concreto, pela sua fissuração (devido à retração, movimentação térmica e carregamento), não garante por si só esta continuidade, sendo exigidas as impermeabilizações.
Participação estrutural e comportamento frente a movimentações do edifício	As coberturas em telhados apenas se apoiam sobre o suporte, não tendo participação estrutural significativa no conjunto da edificação. E, ainda, a movimentação devida a mudanças de temperatura ou a outros motivos (até um certo limite) não compromete sua estanqueidade, por estarem as telhas soltas e sobrepostas.	As coberturas de concreto, integram a estrutura do edifício. As movimentações estruturais (variações dimensionais, recalques diferenciais) introduzem tensões na cobertura, o que pode comprometer sua estanqueidade devido à fissuração ou ao trincamento.
Necessidade de forro	Geralmente utiliza-se um forro, que desempenha dupla função: uma é de nivelar o teto e fornecer suporte às instalações, outra é a de propiciar correção térmica, uma vez que os telhados têm em geral pequena espessura. Pode-se dizer que o espaço de ar confinado entre a cobertura e o forro, e o próprio forro, participam da correção térmica.	Em geral, dispensam a utilização de forros. Por exemplo, nas coberturas em lajes horizontais, o nivelamento do teto e suporte para as instalações já é obtido pela própria laje.

(fonte: CARDOSO, 2000, p.3)

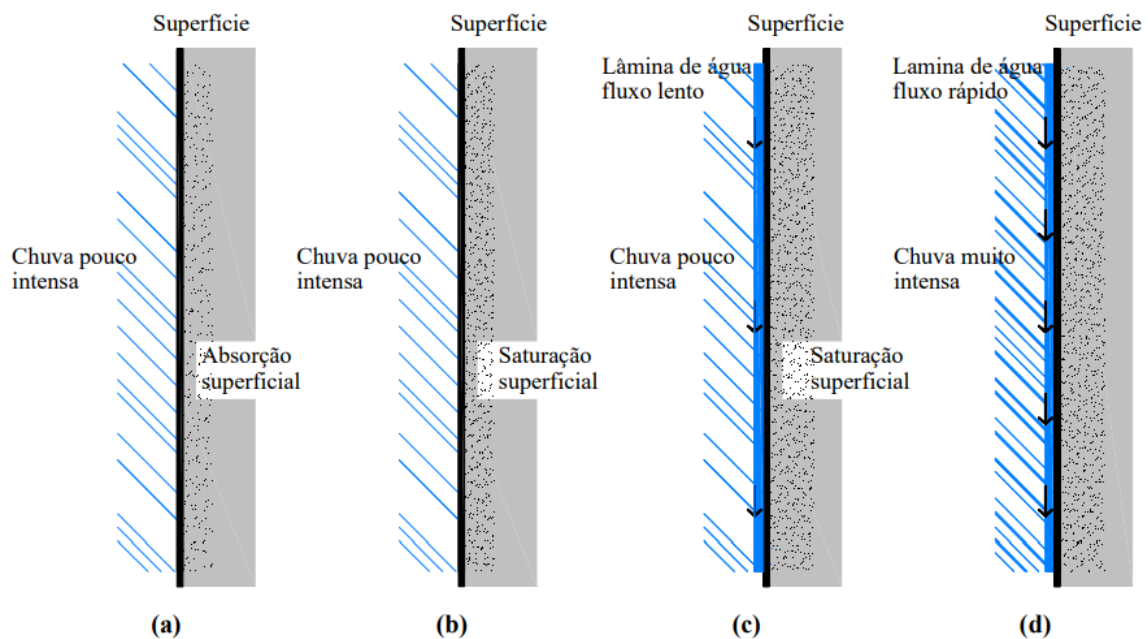
4.2 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM FACHADAS VERTICAIS

O grau de exposição de uma parede frente ao intemperismo é diretamente relacionado a exposição da fachada no caso de incidência de chuva sobre a parede relatou Bauer (1987), este ainda complementou que a ação de intempéries e incidência de chuvas pode variar de acordo com as orientações das fachadas, do local, do formato da estrutura, entre outras causas.

Dependendo do tipo de material, da capacidade de absorção e da retenção de umidade em sua superfície, um filme de água pode ser formado e escoar pela face da parede, sendo influenciado também pelas taxas de precipitação do local. O escoamento é influenciado pela textura, pela ação da gravidade e pela movimentação de ar ao longo da parede (BAUER, 1987).

De acordo com Junior (2010) o comportamento da água de chuvas incidentes sobre fachadas poderá ocorrer em quatro estágios: o primeiro será pelo fenômeno de capilaridade, onde a umidade de chuvas pouco intensas é absorvida superficialmente pelos poros dos materiais que revestem a fachada, como ilustrado na figura 8 (a); após determinado período, ocorre a saturação destes poros, conforme figura 8 (b); sobre a superfície saturada, há uma formação de lâmina de água fina que escoar lentamente influenciando no aumento da absorção, como ilustrado na figura 8 (c); e escoamento de fluxo de água após absorção de umidade de chuva muito intensa, como apresentado na figura 8 (d). Este afirma e ressalta que quanto maior a intensidade do vento maior será o poder de penetração de água na parede assim como a rugosidade do revestimento determinará a velocidade de escoamento. E conclui "[...] quanto mais rugosa for a superfície, mais lento será o escoamento e maior será a capacidade de absorção por capilaridade [...]".

Figura 8: (a), (b), (c) e (d) fases de interação de água em fachadas



(fonte: JUNIOR, 2010, p.65)

Bonin (1993) afirma que em superfícies sem porosidades, como metais e vidros, assim que ocorre a precipitação e a água é projetada sobre o material o escoamento é imediato. Em revestimentos externos a água da chuva pode depositar-se em superfícies e penetrar através dos poros existentes. Esta umidade sai com o passar do tempo através de evaporação natural, radiação solar, ventos incidentes e baixo teor de umidade relativo do ar. Ainda expõe que a natureza do material é que irá determinar a velocidade de evaporação da água da chuva retida por superfícies porosas.

Bonin (1993) complementa, quanto mais denso e impermeável o revestimento maior sua estanqueidade contra água, mas maiores são as ocorrências de fissuras e, conseqüentemente, a penetração de água através destas e maiores dificuldades de evaporação desta água que pode ter penetrado ou condensado entre a base e o revestimento. Portanto superfícies rugosas, além de quebrarem o fluxo da água tirando a concentração desta, possuem uma superfície com maior capacidade de evaporação da água. E completa afirmando que superfícies rugosas e revestimentos porosos são, normalmente, mais eficientes comparado a revestimentos densos e pouco permeáveis com acabamento liso.

A NBR 15575-4 (2013) estabelece o seguinte critério para vedações verticais externas (fachadas):

Para as condições de exposição indicadas no quadro 5, e conforme as regiões de exposição ao vento indicadas na figura 3b, os sistemas de vedação vertical externa da edificação habitacional, incluindo a junção entre a janela e a parede devem permanecer estanques e não apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas aos valores indicados no quadro 6. Para esquadrias externas devem ser também atendidos as especificações constantes da ABNT NBR 10821 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2013, p.17).

Quadro 5 - Condições de ensaio de estanqueidade à água de sistemas de vedações verticais externas

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L / m ² min
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.17)

Quadro 6 - Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio
Térrea (só a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	10
Com mais de um pavimento (só a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	5
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821	
O Anexo F contém recomendações relativas a outros níveis de desempenho.		

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.17)

4.2.1 Penetração ou infiltração de água em paredes

Segundo Poyastro (2011), a infiltração de água em elementos constituintes de paredes ocorre pela existência de aberturas, através de poros, fissuras, rachaduras, e juntas mal ligadas entre materiais ou elementos. A autora salienta que certas aberturas são características dos materiais utilizados para estes fins como é o caso dos poros, que são presentes na maioria dos materiais construtivos. As aberturas também são oriundas de defeitos que são, muitas vezes, difíceis de evitar como é o caso da fissura, afirma ela.

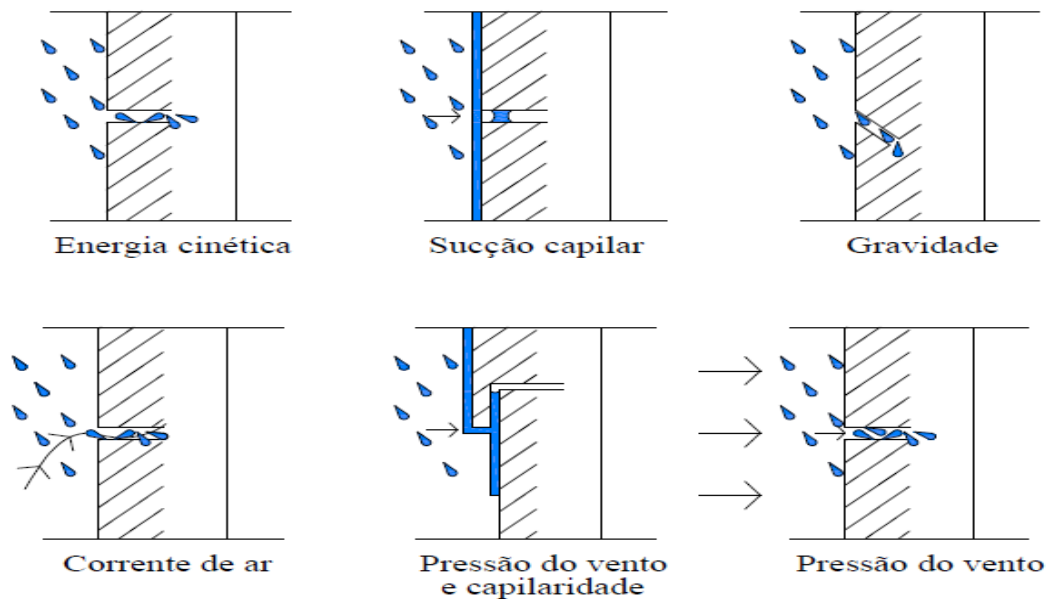
Aponta-se como as causas das fissuras (que dão aberturas para entrada de água das chuvas):

- 1 - Heterogeneidade, resultante da utilização conjugada de materiais diferentes (componentes de alvenaria e argamassa de assentamento), com propriedades diferenciadas (resistência mecânica, módulo de deformação longitudinal, coeficiente de Poisson, etc.)
- 2 - Fissuras causadas por movimentações Higrotérmicas - Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, sazonais e diárias, que repercutem em variações dimensionais dos materiais de construção (dilatação ou contração). Os movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os elementos e componentes, desenvolvendo-se nos materiais, por esse motivo, tensões que poderão provocar o aparecimento de fissuras.
- 3 - Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas.
- 4 - Fissuras por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado.
- 5 - Fissuras causadas por recalques das fundações (AS CAUSAS..., 1998).

Poyastro (2011) complementa que as aberturas das fachadas por onde a água da chuva pode passar são os capilares, as fissuras características do material, as trincas resultantes das movimentações dos componentes, as juntas entre os componentes, sendo possível também esta passar por frestas devido à má execução e precariedade do sistema de "envelopamento" de um edifício (fachadas). Também ressalta a existência de aberturas de ordens construtivas como no caso das juntas de dilatação que estão suscetíveis também a infiltração de água, se não forem estas bem vedadas.

Para o entendimento das causas de infiltração de água em fachadas é importante saber como essa age sobre uma superfície com defeitos (como os citados acima) sob fatores que influenciam a penetração de água. Abaixo a imagem retirada do autor Junior (2010)

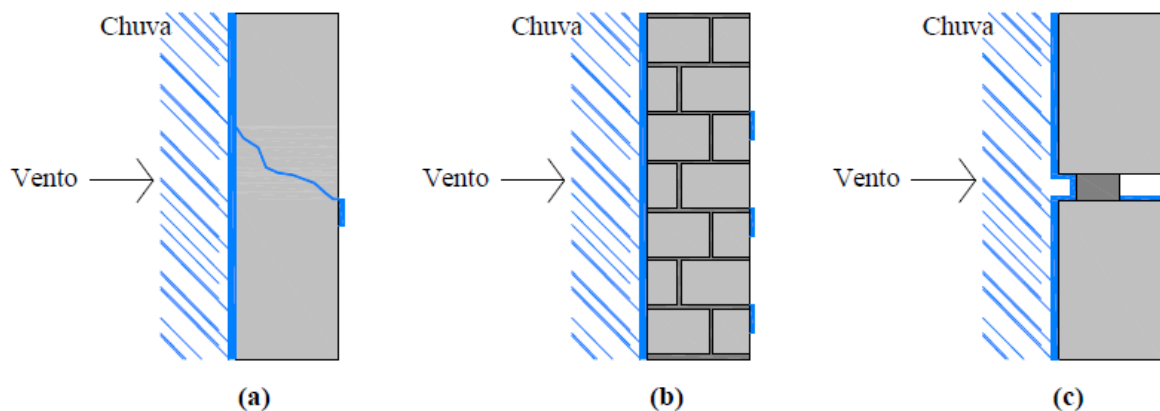
Figura 9 – Fatores que influenciam a penetração de umidade pela chuva



(fonte: JUNIOR, 2010, p.72)

Este ainda reforça e apresenta em suas ilustrações sobre vedações a forte influência da pressão do vento sobre a infiltração afirmando que esta age somatoriamente à presença da força de gravidade e de capilaridade, ao meio poroso, capilar e nas juntas defeituosas, como ilustrado na figura abaixo.

Figura 10 – Tipos de infiltração em paredes - a) infiltração de água por capilaridade e pressões de ventos - b) infiltração de água através do meio poroso associada a capilaridade e a pressão do vento; c) água da chuva sob ação de vento em junta defeituosa



(fonte: JUNIOR, 2010, p.73)

Visto esses problemas que ocasionam infiltração é importante estudar os materiais constituintes de um sistema de vedação para que se previna as infiltrações assim como detalhes de fachadas que minimizam o escoamento de água na superfície deste "envelope ". O estudo será feito sobre fachadas e paredes de vedação mais comuns e usuais na cidade de Porto Alegre, como paredes de alvenaria de vedação.

4.2.1.1 Argamassas

Serão analisadas as principais características de argamassas de assentamento e de argamassas de revestimento e suas contribuições com a redução de infiltração da água da chuva.

De acordo com Bauer (1987) a infiltração de água ocorre, na maioria das vezes, por fissuras pequenas entra a argamassa e o tijolo sendo a alvenaria de grande penetrabilidade caso seja exposta a chuvas incidentes. Para se ter uma boa estanqueidade que previna penetração de água, a argamassa de assentamento deve preencher perfeitamente as juntas e ter uma boa ligação com o tijolo. O autor afirma que certas propriedades influem na ligação entre argamassa e tijolo. Sobre essas propriedades a retenção de água e a trabalhabilidade da argamassa são os mais importantes fatores.

Bauer (1987) fala a respeito da trabalhabilidade da argamassa de assentamento, o tijolo tende a puxar água quando entra em contato com a argamassa, o que pode ser ruim. Se a argamassa perder água muito rapidamente para o tijolo ela enrijece mais rápido que o normal e acaba diminuindo a trabalhabilidade, podendo ocasionar uma má ligação entre os elementos. Sendo que a trabalhabilidade influencia na adesão entre os elementos, caso seja incompleta possibilitará a passagem de água.

Para as argamassas de vedação, as suas propriedades influenciam diretamente na estanqueidade de uma parede, pois além de dar um melhor acabamento para a fachada (esteticamente) ela tem como uma das principais funções a permeabilidade.

Rodrigues (2010) complementa que o revestimento de argamassas é permeável de acordo com o traço escolhido para essa finalidade. Ainda propõe a seguinte relação quanto aos

componentes dos traços e suas influências na absorção de água (Bianchin⁴, 1999 apud RODRIGUES, 2010, p.43):

- Teor de finos de areia, principalmente os finos argilosos: em virtude do aumento da superfície específica, aumentam a absorção de água da argamassa tornando-a mais permeável;
- Teor de cal: a argamassa com cal, tendo em vista maior superfície específica da cal, absorve mais água em relação à argamassa de cimento;
- Teor de cimento: a capilaridade das argamassas diminui com o aumento do teor de cimento;
- Teor de água: quanto maior for a relação água/aglomerante mais porosa será a argamassa.

Petrucci⁵ (1987, apud RODRIGUES, 2010) ressalta que se não houver o completo envolvimento dos espaços entre os grãos dos agregados a argamassa apresentará baixa resistência à tração e alta permeabilidade, sendo indesejável, em especial para revestimento de fachada, onde a estanqueidade deve ser assegurada, sendo evitável a infiltração com a correta dosagem dos componentes da argamassa e da correta aplicação na fachada.

Taha (2012) também afirma que fissuras nas argamassas podem ocorrer devido retração hidráulica, esse fato ocorre devido à perda instantânea de água para o meio externo devido principalmente pela evaporação, ventos, alta absorção de um substrato desidratado, alta temperatura, entre outros. Ainda afirma que o fissuramento pode ocorrer também por retração térmica que é associada aos materiais constituintes que têm diferentes dilatações, portando trabalhando de forma diferente quanto a retração ocasionando assim as fissuras que permitem a entrada de água.

⁴ BIANCHIN, A. C.; **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho de argamassas para o reboco de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais**. Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação UFRGS, Porto Alegre, 1999.

⁵ PETRUCCI, H. M. C.; **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: Interação entre as condições ambientais e a forma construída**. Dissertação de mestrado, programa de pós-graduação UFRGS, Porto Alegre, 2000

4.2.1.2 Blocos cerâmicos de vedação

Conforme estudado anteriormente, um tijolo tende a puxar a água da argamassa quando entra em contato com ela, se houver grande absorção pode diminuir a trabalhabilidade da argamassa, proporcionando uma má ligação entre os elementos da alvenaria. Bauer (1987) afirma que, basicamente, é a absorção inicial do tijolo que influi nas características determinantes da ligação, o que implica no uso de argamassa com alta retenção de água.

Bauer (1987) constatou que paredes com tijolos de maior resistência apresentam melhores resultados quanto a estanqueidade. Rodrigues (2010) complementa que isso ocorre devido à matéria prima do tijolo de maior resistência ser de maior qualidade e com um processo de fabricação mais controlado. Com isso os tijolos de maiores resistências têm menor absorção de água. Porém este adverte que tijolos com uma absorção inicial muito baixa, que são vistos como sinônimos de bom desempenho à estanqueidade, tem a aderência com argamassa comprometida, pois não havendo a absorção pelo tijolo o material aglomerante não irá penetrar nos poros superficiais do tijolo podendo haver uma má adesão.

Importante também salientar que há componentes que estão agregados à correta execução de alvenaria de vedação como as vergas e contravergas. Segundo Nichele (2014), paredes que contém vãos, tal como janelas e portas, podem ocorrer a fissuração devido ao carregamento de compressão uniforme nestes locais. Portanto o uso de vergas e contravergas é necessário para absorção desses carregamentos. Ainda afirma que na inexistência ou subdimensionamento destes elementos as fissuras podem aparecer nos vértices dessas aberturas dando abertura para a passagem da água de chuvas.

4.2.1.3 Sistemas de pinturas

Silva (2015), consultor interno da MelnickEven, apresentou as seguintes referências quanto as pinturas como sistema "[...] a grande responsabilidade da estanqueidade da água em fachadas é da tinta [...]", e complementou, "[...] uma tinta boa e bem aplicada o sistema não gera problemas ... atingindo a durabilidade da tinta tem que ser repintado [...]", portanto, além de funções estáticas, as tintas servem como impermeabilizantes das fachadas. Conforme dito pelo professor, para que esta atue com maior eficácia deve-se respeitar o período de

manutenção e repintura do local, respeitando o tempo especificado pelo fabricante para cada tinta.

As pinturas, por proporcionarem, elevada capacidade de proteção e por seu efeito estético, têm ocupado um lugar cada vez maior como material de acabamento de superfícies externas e internas dos edifícios. Elas representam a parcela mais visível de uma obra, tem uma grande influência no desempenho e durabilidade das edificações e dão o toque final que valoriza o empreendimento (Rodrigues, 2010, p.45).

Bauer (1992) explica que as tintas são constituídas de suspensões de partículas opacas em veículo fluido, sendo a principal função de essas partículas cobrir e decorar a superfície, e a do veículo fluido é de aglutinar as partículas e formar uma película protetora. O autor ainda faz referência aos produtos presentes no mercado que diferem tanto entre si que escapam às limitações de qualquer classificação, quer se baseie na origem do pigmento, quer no veículo usado ou na finalidade, sendo as mais utilizadas no mercado as tintas látex, a óleo, esmaltes, a base de cal ou cimento, vernizes e tintas epóxi, cada uma com determinada finalidade e aplicação.

A norma NBR 13245 estabelece as seguintes condições gerais para sistema de pintura:

"Podem ser consideradas as orientações dos fabricantes para os sistemas de pintura e produtos a serem utilizados, conforme a seguir:

- a) Definir o tipo de substrato;
- b) definir o ambiente no qual será realizada a pintura: internos secos, internos úmidos, externos não agressivos secos, externos não agressivos úmidos e externos agressivos;
- c) verificar a existência e, se houver, eliminar todo e qualquer foco de umidade das áreas próximas ao rodapé, muros, tetos em geral, telhados, tubulações, jardineiras, áreas de banho e cozinhas, esquadrias de janelas e portas etc.
- d) a superfície deve estar em bom estado: firme coesa, limpa, seca, sem poeira, gordura, graxa, sabão ou mofo;
- e) escolher o sistema de pintura adequado à situação. Às vezes, pode existir mais de um sistema de pintura adequado à aplicação;
- f) ler e respeitar as indicações dos rótulos das embalagens;

g) antes da utilização, deve-se homogeneizar cada produto de forma a garantir que todo o conteúdo da embalagem esteja uniforme. A diluição deve respeitar a indicação do fabricante de acordo com o tipo de substrato, bem como a aplicação deve ser feita com as ferramentas indicadas pelos fabricantes;

h) o intervalo entre demãos deve ser respeitado, conforme orientação do fabricante, para que não haja perda de desempenho do produto, tais como enrugamento ou deficiência na secagem ou baixa coesão;

i) devem-se respeitar as condições ambientais adequadas para aplicação dos produtos: temperaturas no intervalo de 10°C a 40°C e umidade inferior a 90%;

j) não são recomendadas misturas entre tipos diferentes de produtos, com exceção das especificadas pelos fabricantes. Diferentes marcas comerciais também não devem ser misturadas nos sistemas de pintura, a fim de garantir a qualidade do sistema de pintura escolhido;

k) a pintura recém executada deve ser protegida contra poeira e água ou contatos acidentais, durante o tempo de secagem da tinta" (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 2011, p.3).

4.2.1.4 Geometria de fachadas

A simplificação dos formatos dos edifícios tem aumentado devido à redução de custos na construção civil, implicando num ganho de velocidade e de agilidade para execução. Não somente pela redução de custos, em determinado período, esta tendência levou a arquitetura a novos conceitos estéticos, onde apresentaram como características as formas lineares, isto é, conceitos sem grandes detalhes, ressaltos, projeções ou saliências como pode ser visto em arquiteturas antigas (JUNIOR, 2010).

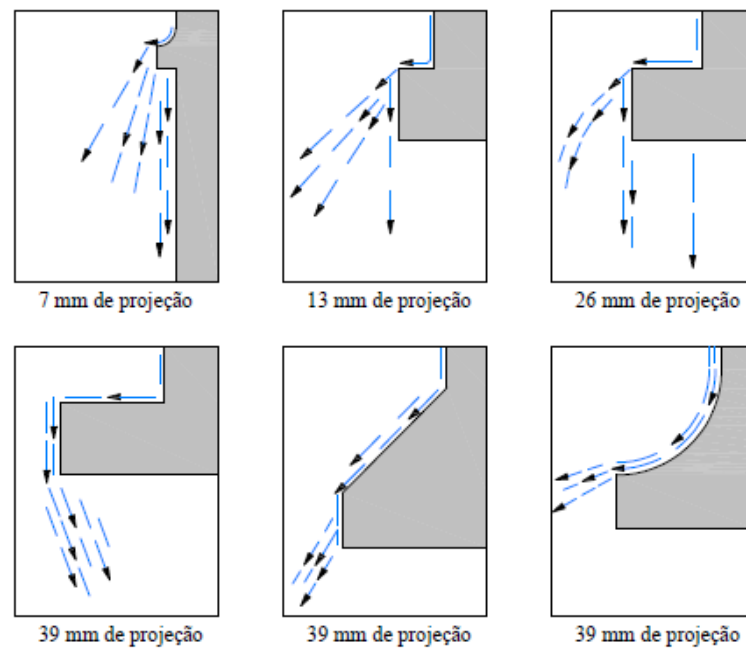
Junior (2010) ressalta que os detalhes arquitetônicos presentes em fachadas de edifícios em forma de saliências ou projeções são capazes de reduzir em até 50% o fluxo de água de chuva incide sobre estas superfícies. Estes elementos horizontais podem se apresentar em formas de detalhes arquitetônicos ou construtivos.

O autor explica que alguns detalhes presentes em fachadas, tal como as pingadeiras, são capazes de redirecionar a lâmina de água que escorre pelas paredes e podem aparecer com diferentes tamanhos e geometrias, conforme figura 11.

Platibandas também poderão agregar detalhes para que minimizem o escoamento de água na superfície da fachada. Junior (2010) explica que deve ser utilizada no topo de platibandas uma proteção por meio de um elemento impermeável (ou de baixa permeabilidade), denominada

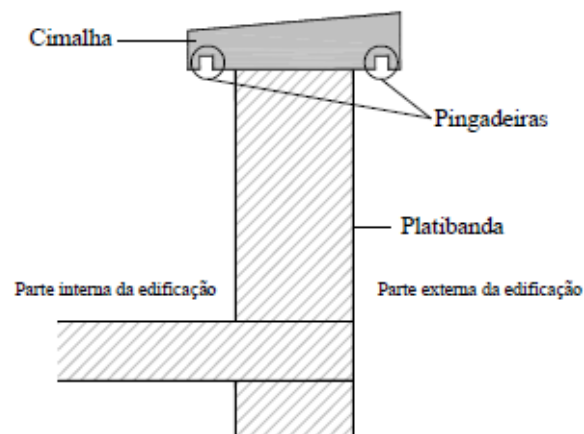
“cimalha”, contendo caimentos e pingadeira, na parte inferior, contemplando bordas para o lado interno e externo da edificação conforme pode ser visto na figura 12. Junior (2010) complementa afirmando que as coberturas com amplas projeções, assim como as sacadas e terraços (Figura 13), podem, também, proporcionar uma boa proteção contra a água da chuva, reduzindo toda área superficial que possa vir a estar molhada.

Figura 11 – Diagrama dos fluxos de água em pingadeiras com diferentes geometrias



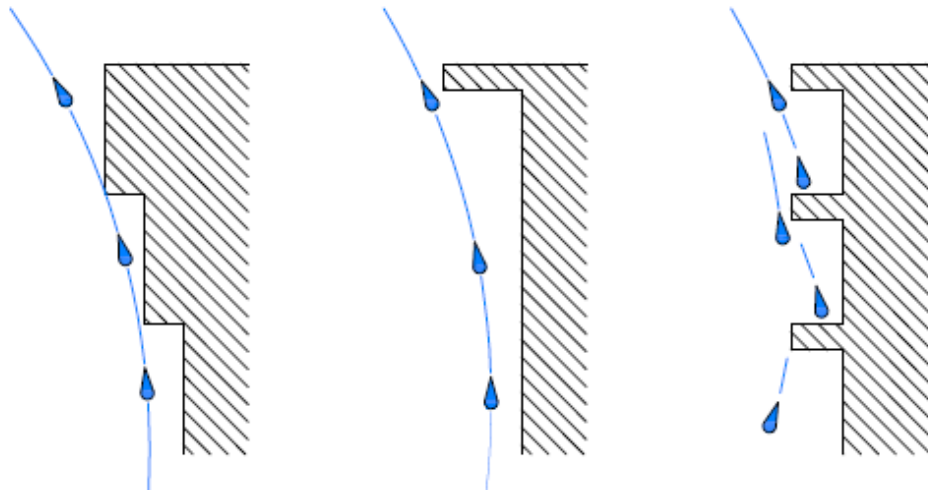
(fonte: JUNIOR, 2010, p.93)

Figura 12 – Esquema de cimalha em platibanda



(fonte: JUNIOR, 2010, p.103)

Figura 13 – Formas que proporcionam proteção contra água da chuva



(fonte: JUNIOR, 2010, p.93)

Detalhes podem ser empregados também em peitoris e no entorno de esquadrias. Fatores que serão melhores abordados a seguir onde serão analisadas as infiltrações em esquadrias (componente de elementos de fachada).

4.3 PENETRAÇÃO OU INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM ESQUADRIAS EXTERNAS

De acordo com CBIC/SENAI (2017) referente a esquadrias para edificações têm-se a seguinte definição:

"As esquadrias são componentes das edificações que cumprem um papel que vai muito além de sua funcionalidade e da composição estética. São fundamentais no atendimento aos diversos requisitos de desempenho, destacando-se pela iluminação e pela ventilação natural que proporcionam. Ressalta-se que, para garantir o desempenho e a durabilidade (vida útil de projeto - VUP) adequados, é fundamental instalá-las e usá-las corretamente, além de realizar manutenções conforme previsto no manual técnico do fabricante. Dessa forma, a inclusão das informações sobre as esquadrias no Manual de Uso, Operação e Manutenção é uma prática essencial para que as instruções cheguem até o usuário da edificação." (CBIC/SENAI, 2017, p.16).

Para que se tenha o desempenho esperado, a NBR 10821 (2011) trata das exigências e definições das esquadrias externas para edificações. A norma foi dividida em cinco partes,

ambas abrangendo as especificações para atendimento de diferentes quesitos mínimos, como pode ser observado no quadro 7 abaixo:

Quadro 7 – Níveis de desempenho da esquadria quanto ao seu uso

Ensaio	Desempenho		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Estanqueidade à água	Passagem de água na face interna da esquadria, sem molhar o peitoril da alvenaria ou a face interna da parede, desde que ocorra o escoamento para face externa da parede.	Presença de água restrita ao perfil inferior com escoamento para o lado externo, sem molhar o peitoril ou a face interna da parede. Não deve ocorrer escoamento de água por nenhum elemento interno da esquadria.	Sem presença de água no interior da esquadria, inclusive no marco inferior.
Resistência às cargas uniformemente distribuídas	Ver valores de pressão de acordo com altura da edificação e região do país da edificação – Quadro 5		
O desempenho mínimo quanto à estanqueidade à água, é aceito para esquadrias instaladas em edificações até 05 pavimentos (15m).			

(fonte: adaptada de SILVA, J., 2014, p.30)

Segundo Silva (J. 2014) "[...] a estanqueidade à água de chuva é uma das propriedades ou requisitos mais difíceis de serem bem atendidos por uma janela [...]". A NBR 10821-2 define para que se tenha estanqueidade a seguinte premissa: "[...] A janela não pode apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada, quando submetida a vazão mínima de água de 2 L/min por bico e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil ... (Figura 3b) ... Onde é utilizada, conforme indicado o quadro 8 [...]".

Quadro 8 – Valores de pressão de vento conforme região do país e o número de pavimentos da edificação

Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio P_e , em (Pa) Positiva e Negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança P_s , em (Pa) Positiva e Negativa $P_s = P_p \times 1,5$	Pressão de água P_a , em (Pa) $P_a = P_p \times 0,20$
2	6 m	I	350	520	60
		II	470	700	80
		III	610	920	100
		IV	770	1160	130
		V	950	1430	160
5	15 m	I	420	640	70
		II	580	860	100
		III	750	1130	130
		IV	950	1430	160
		V	1180	1760	200
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1030	110
		III	890	1340	150
		IV	1130	1700	190
		V	1400	2090	230
20	60 m	I	600	900	100
		II	815	1220	140
		III	1060	1600	180
		IV	1350	2020	220
		V	1660	2500	280
30	90 m	I	660	980	110
		II	890	1340	150
		III	1170	1750	200
		IV	1480	2210	250
		V	1820	2730	300

(fonte: SILVA, J., 2014, p.31)

4.3.1 Materiais utilizados em esquadrias

De acordo com Luduvico (2016), no Brasil, os materiais de maior uso para a fabricação de esquadrias são o aço, a madeira, e o policloreto de vinila (PVC). O quadro 9 representado abaixo demonstram as vantagens e desvantagens do uso de cada material na composição de uma esquadria.

Quadro 9 – Materiais utilizados para fabricação de janelas, suas vantagens e desvantagens

	Vantagens	Desvantagens
Aço	<ol style="list-style-type: none"> 1) Material de fácil obtenção 2) Grande resistência mecânica 3) Durabilidade 4) Custo popular 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fabricação com medidas padronizadas agregando alto custo à personalização 2) Peso elevado 3) Exige manutenção periódica 4) Estanqueidade ao ar e à água inferior aos demais materiais
Madeira	<ol style="list-style-type: none"> 1) beleza natural 2) alta durabilidade 3) diferentes modelos 4) baixa transmissão térmica 5) Resistente 6) Possibilita pintura em diversas cores 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Manutenção frequente na pintura 2) Cuidados especiais na limpeza 3) Pode empenar ou entortar 4) Pode apresentar instabilidade dimensional quando utilizada em áreas expostas à chuva ou com grande incidência de água 5) Sofre deterioração por ataques biológicos 6) Recurso escasso e caro quando projetado fora de padronização 7) Elevado custo de manutenção 8) Degrada-se facilmente sem proteção
Alumínio	<ol style="list-style-type: none"> 1) Material inoxidável 2) Baixa densidade 3) Responde a qualquer projeto arquitetônico 4) Vence grandes vãos 5) Possui variações de cores e acessórios 6) Fácil limpeza e manutenção 7) Resistência à corrosão 8) Sua padronização reduz o custo final do produto 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Perdas energéticas significativas 2) Cuidado na estocagem 3) Elevada condução térmica e elétrica 4) Por ser parafusada, necessita de verificação na vedação da instalação
Policloreto de Vinila (PVC)	<ol style="list-style-type: none"> 1) Fácil manutenção 2) Não precisa ser pintada 3) Boa resistência a oscilações de temperatura 4) Não perde o brilho 5) Bom comportamento acústico e térmico 6) Resistente aos agentes biológicos 7) Não enferruja nem apodrece 8) Não propaga chamas 9) Desempenho adequado na vedação, estanqueidade e isolamento acústico 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Cuidados contra batidas e riscos, típicos de obras 2) Custo elevado 3) Só pode ser comprado por encomenda 4) Disponibilizada em poucas cores 5) Se o PVC for de má qualidade pode ocorrer o envelhecimento precoce, ressecamento e amarelecimento

(fonte: LUDUVICO, 2016, p.37)

4.3.2 Juntas e materiais de vedação

De acordo com Silva (2014) as juntas são caracterizadas com um dos pontos mais críticos quanto a estanqueidade de água. Diversas manifestações patológicas ocorrentes em esquadrias são causadas por falhas nesses pontos. Na edificação, as juntas podem ser encontradas, em um caso típico, no encontro de esquadrias e alvenarias. A Associação Brasileira da Construção

Industrializada⁶ (1991, apud SILVA, 2014, p.33) cita as principais possibilidades de ocorrência de infiltração através de esquadrias:

- a) nas juntas do marco ou contramarco da janela com o vão da fachada;
- b) nas juntas do marco com a folha móvel da janela;
- c) entre o pano de vidro e as travessas e montantes da folha da janela;
- d) pelas frestas dos perfis do marco ou da folha.

Esse ainda afirma que a penetração de água através de juntas se deve a existência de aberturas que permitam a infiltração de água juntamente com a atuação de forças que atuem para a entrada da água. A força do vento como visto anteriormente é um dos agentes de transporte da água da chuva que forcem a entrada de água pelas falhas presentes em esquadrias. Silva (2014) relata que além de projetos bem detalhados que informam a correta posição e instalação das esquadrias, há materiais que auxiliam na vedação das juntas para que esta atue com eficiência.

Os principais materiais componentes de uma vedação externa de esquadria, de acordo com Silva (2014) são selantes e (gaxetas e escovas). As guarnições (gaxetas e escovas) são utilizadas principalmente para mover as folhas da esquadria e para estanqueidade dela. Gaxetas são compostas de materiais como neoprene, PVC, borracha termoplástica e outros materiais, já as escovas possuem base rígida.

Abaixo o quadro 10 demonstra os tipos de selantes e suas aplicações:

⁶ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos e janelas:** aço, alumínio, vidros, PVC, madeiras, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini, 1991.

Quadro 10 – Tipos de selantes e suas descrições

Tipos	Descrição
Selantes Butílicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Selantes à base de isopropeno, poliisobutileno, carregados com talco ou carbonato de cálcio, aditivos e solventes ▪ Utilizados em vedações internas de caixilhos, preenchimento de fendas e aplicações de vidros duplos ▪ Custo é relativamente baixo, possui boa adesão e resistência à água ▪ Possui fraca memória quando tracionado, vida útil limitada pela pouca elasticidade e mancha os suportes com o tempo pela exsudação de óleos
Selantes Acrílicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compostos por polímeros acrílicos em base aquosas ou solventes são utilizados para vedação de trincas ▪ Possuem boa adesão em vidros, podem ser pintados facilmente, porém possui um custo elevado
Selantes de Polissulfeto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compostos de polímeros, cargas, negro de fumo, agentes de cura, estabilizantes e promotores de adesão ▪ Utilizados na confecção de vidros duplos quando encaixilhados para serem protegidos da radiação ▪ Apesar de ter uma boa resistência às intempéries, tem baixa resistência aos raios ultravioletas não sendo recomendado para a colagem estrutural de vidros
Selantes de Poliuretano	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compostos de polímeros à base de poliuretano ▪ Utilizados em juntas de dilatação e de tráfego por possuir alta resistência ao atrito ▪ Fornecem razoável resistência ao envelhecimento, boa elasticidade, boa memória elástica e pode ser pintado ▪ Não é recomendado para vedações de vidros que estejam sujeitas a intensas exposições solares
Selantes de Silicone	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compostos por óleos reativos de silicone, catalisadores, cargas, promotores de adesão e reticulantes. ▪ Possuem grande elasticidade, memória elástica quase que total, boa resistência ao envelhecimento e aos agentes climáticos. ▪ Garantem adesão sobre a maioria dos substratos ▪ Custo elevado, baixa resistência ao atrito e são dificilmente pintados

(fonte: LUDUVICO, 2016, p.50)

4.3.3 Principais causas de infiltração em esquadrias de fachada

Entre as principais ocorrências de infiltração em janelas as fissuras estão, novamente, presentes como uma das principais causas. Segundo Luduvico (2016) as fissuras e trincas que surgem no entorno de esquadrias afetam diretamente o desempenho quanto a durabilidade e estanqueidade à água.

Algumas infiltrações devido à fissuração em elementos componentes de vãos como janelas se dão pela ineficácia do peitoril e pelo preenchimento excessivo do espaço entre o peitoril e a parede de vedação (LUDOVICO, 2016).

Segundo Ludovico (2016), problemas como ineficácia do peitoril se deve a variações nas dimensões dos elementos devido mudanças higroscópicas. A argamassa em contato com o peitoril com o aumento de umidade devido à retenção de água no local acaba se expandindo

enquanto o material que não está em contato com a água permanece sem alteração dimensional restringindo a movimentação e ocasionando a fissura. (figura 14)

Figura 14 – Configuração típica de fissura horizontal sobre peitoril



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.89)

Outro problema que faz referência a infiltração através do peitoril é devido o preenchimento excessivo do espaço entre este e a parede de vedação. Segundo Luduvico (2016) a fissuração ocorre devido à retração da argamassa (camada espessa) e ressalta que pode ocorrer de forma semelhante em pingadeiras. Demonstrado na figura 15 abaixo:

Figura 15 – Fissuras por retração devido camadas excessivas de argamassa em peitoril

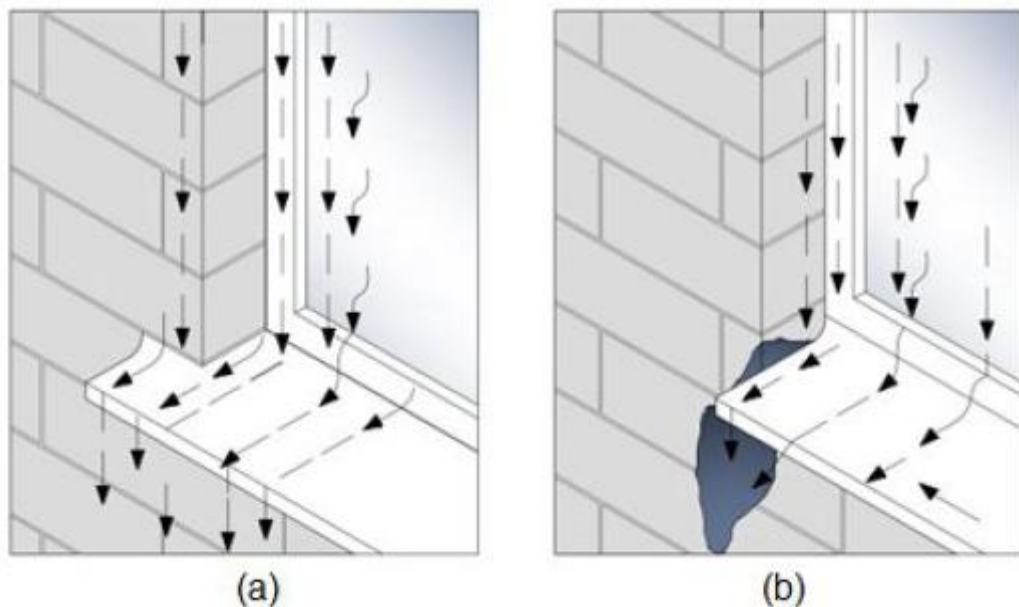


(fonte: LUDUVICO, 2016, p.91)

A fissura pode também ocorrer verticalmente por movimentação diferencial. Os materiais componentes nas interfaces de ligação entre esquadria e parede de vedação possuem coeficiente de dilatação térmica diferentes, portanto a dilatação e contração são diferentes, o que pode gerar tensões entre os elementos componentes e conseqüentemente a fissura (LUDOVICO 2016).

Além das fissuras a água pode infiltrar-se por outros meios. Perez (1988) relata que, nas pesquisas feitas no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) de 60 a 70 por cento dos problemas de umidade são devido aos entornos das janelas. Infiltrações nas interfaces (janela/peitoril e extremidades do peitoril) causam infiltrações e manifestações patológicas tal como bolores ou degradação da pintura. A aparição destes problemas é conseqüência também de problemas como inexistência de declividade no peitoril, inexistência de prolongamento longitudinal ou falhas de instalação de marco e contramarco.

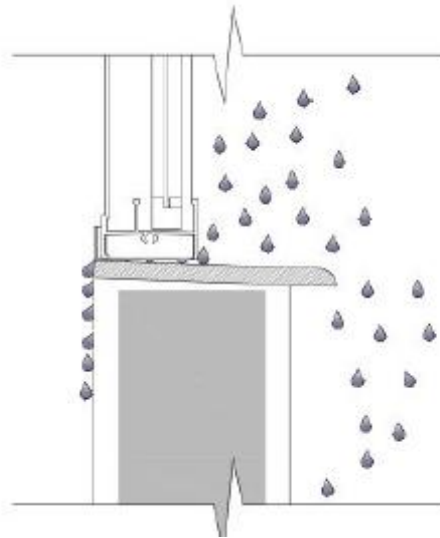
Figura 16 – Fluxo de água da chuva em peitoril: (a) o fluxo é defletido para fora da fachada; (b) a água concentra-se nas laterais do peitoril, provocando manchas de umidade e sujeira na fachada



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.85)

A inexistência de declividade juntamente com problemas de vedação no entorno pode acarretar em infiltração de água, afirma Luduvico (2016). Este também afirma que, tem-se como regra básica para a boa execução do peitoril, ter um bom caimento de modo que afaste a lâmina de água da edificação. O autor complementou afirmando que foram feitos testes com uso de produtos a base de silicone, porém sem sucesso devido à vida útil do material. A figura 17 abaixo demonstra o esquema de infiltração devido o mal caimento do peitoril juntamente com sistemas falhos de vedação:

Figura 17 – Mecanismo de infiltração pela conexão malfeita entre janela e peitoril

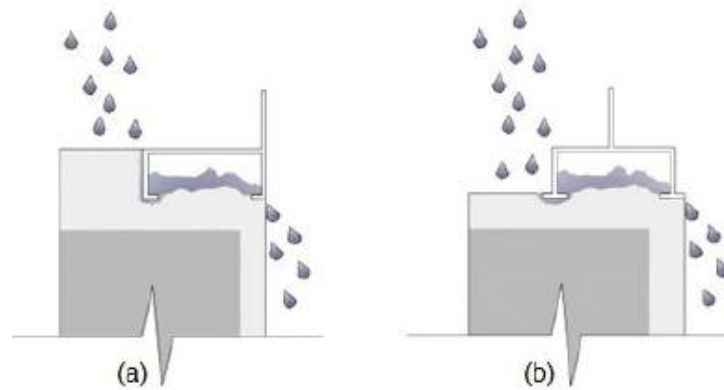


(fonte: LUDUVICO, 2016, p.95)

Luduvico (2016) ainda cita outras falhas possíveis nos sistemas que envolvem a instalação de uma esquadria como:

Falhas na execução do marco e contramarco - O autor afirma que o correto preenchimento do contramarco com argamassa é importante contra infiltração de água. A figura 18 abaixo representa uma falha no chumbamento do contramarco do tipo "Y"

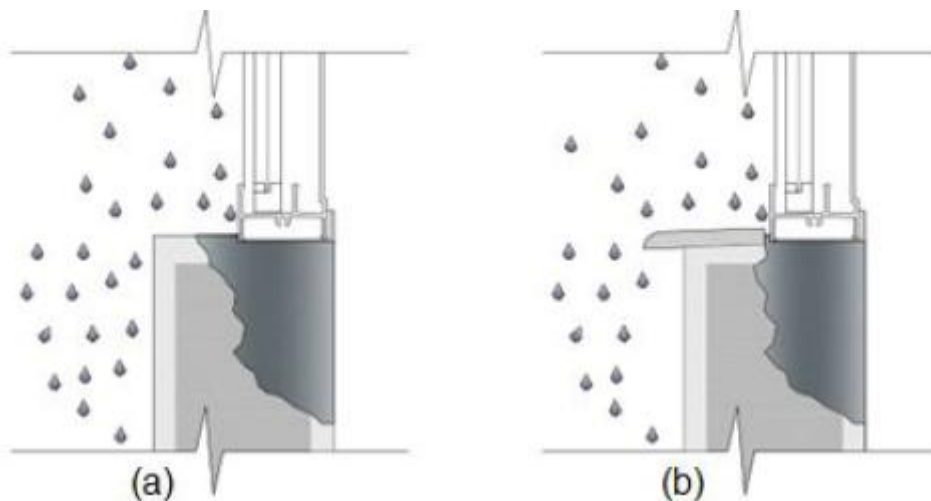
Figura 18 – Falha de chumbamento do contramarco (a) contramarco tipo cadeirinha; (b) contramarco tipo "Y"



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.96)

Falhas de execução ou falta de projetos do peitoril - Exemplificadas na figura 19 representando falhas ou falta de impermeabilização no peitoril e falhas de instalação de pingadeiras.

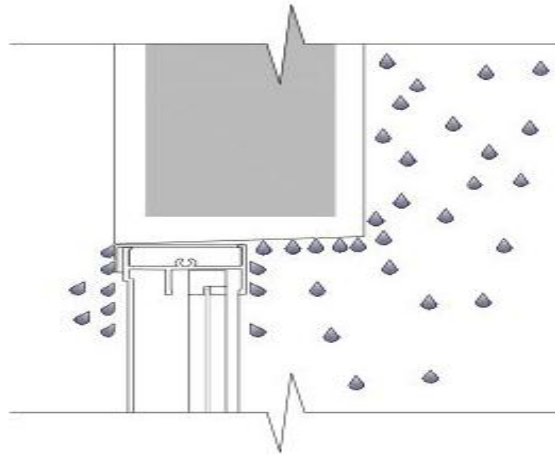
Figura 19 – Falhas interface peitoril/janela: (a) falha de impermeabilização do peitoril; (b) falha de instalação de pingadeira



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.97)

Infiltração na interface janela/verga - O autor relata que a possível falha para esse tipo de infiltração se deve à ausência ou má vedação do sistema somada a inclinação favorável ao escoamento da água até o local onde de infiltração conforme ilustrado na figura 20 abaixo:

Figura 20 – Corte esquemático mostrando o sistema de infiltração pela interface esquadria/verga



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.97)

5 ANÁLISE DOS CASOS

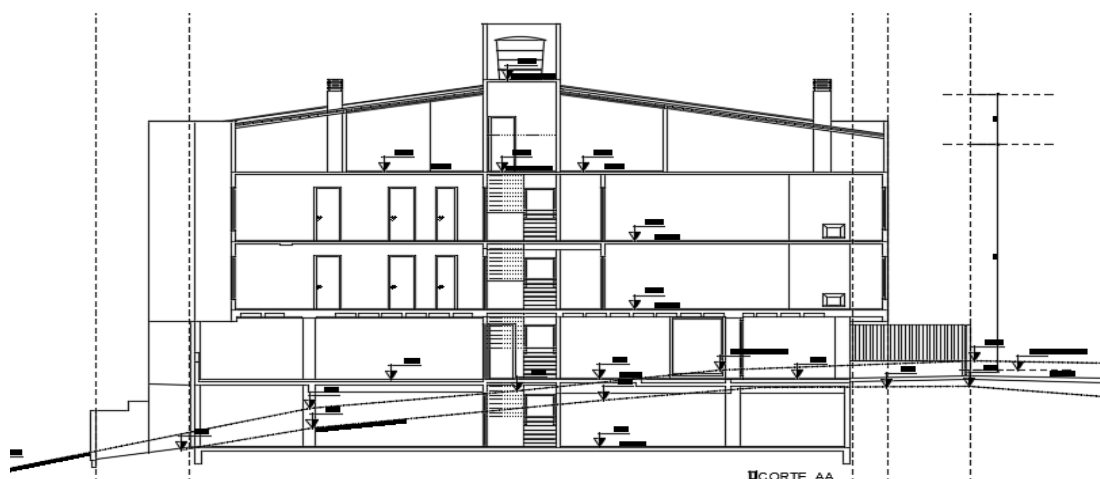
Neste capítulo serão analisados casos de infiltrações devido à ação da chuva em diferentes empreendimentos em Porto Alegre e serão observadas as causas para essas manifestações patológicas. Foram escolhidos três empreendimentos distintos visando abranger o máximo de situações abordadas nos capítulos anteriores.

5.1 CASO 1: PRÉDIO ESTÁCIO DE SÁ

O prédio está localizado no bairro Chácara das Pedras. É um edifício residencial de cinco pavimentos e com um total de seis apartamentos sendo os dois últimos duplex. Se encontra em uma zona elevada e com grandes incidências de ventos devido à altitude e por estar isolado, acima das casas que o cercam na região. O edifício foi finalizado com habite-se em 2013 e foi construído em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação. Na cobertura encontram-se lajes de concreto armado descobertas e telhados para isolamento de parte da área externa.

Na figura 21 abaixo encontra-se o corte com os níveis do empreendimento:

Figura 21 – Corte esquemático prédio Estácio de Sá



(fonte: autor)

5.1.1 Infiltração em janela, apto 303

De acordo com Silva (2014), é importante cuidar o processo de instalação da esquadria para que esta mantenha a estanqueidade sobre a ação de chuvas e ventos. Conforme visto no item 4.3.3, referente às principais falhas no sistema de vedação e estanqueidade em esquadrias, as principais causas de infiltração estão atreladas a problemas ainda na execução, como a falta de controle de processos das atividades, falta de projetos, detalhamentos específicos e mão de obra desqualificada.

O caso de infiltração observado ocorreu na janela existente no patamar intermediário da escada de acesso ao segundo patamar da cobertura do apartamento duplex 303, situada na fachada sul. Foi observada a infiltração pela moradora que teve a pintura interna de seu apartamento danificada devido o surgimento de bolhas logo abaixo e na lateral da esquadria.

Figura 22 – Umidade em pintura interna



(fonte: autor)

Um dos motivos principais para a ocorrência da infiltração foi a inexistência de caimento no peitoril, sendo possível ser observado visualmente. Autores como Izuka (2001) indicam um caimento mínimo para o peitoril de 1%, a ESO (2014) aconselha a colocação do peitoril com uma inclinação 2%. Izuka (2001) ainda aconselha a projeção do peitoril de quatro centímetros para fora da parede externa para que o sistema de vedação seja mais eficaz.

Figura 23 – Fissuras interface peitoril/alvenaria



(fonte: autor)

Além da inexistência de caimento é possível observar na figura 23 uma linha abaixo do peitoril demonstrando uma pequena fissura. Ludovico (2016) afirma que faixas com espessuras excessivas de argamassa para o assentamento do peitoril podem provocar uma fissura prolongada na extremidade do peitoril em forma de curva, o autor afirma que a fissura ocorre devido à retração sofrida pela argamassa, o que pode ser confirmado com a visualização da figura 23, sendo assim outro fator agravante para a percolação de umidade abaixo da esquadria, além do caimento inadequado.

Com a retenção da água devido à inexistência de caimento no peitoril, o acumulo fez com que a água penetrasse por poros existentes, através da gravidade, fator agravado devido à existência da fissura abaixo do peitoril. A infiltração pode ser agravada, também, com o tempo, devido às chuvas dirigidas. Segundo Mustelier (2002), a chuva incidente em forma de precipitações direcionadas pela ação do vento aumenta a pressão atmosférica no exterior do edifício provocando infiltrações de água ou umidade na fachada podendo esta penetrar por pequenos orifícios e fissuras da vedação externa.

A figura 24, abaixo, confirma que em ambos os cantos inferiores da janela foram encontradas bolhas derivadas da entrada de água da chuva, demonstrando que a água penetra em toda a área que se encontra logo abaixo da esquadria.

Figura 24 – Bolhas na pintura interna

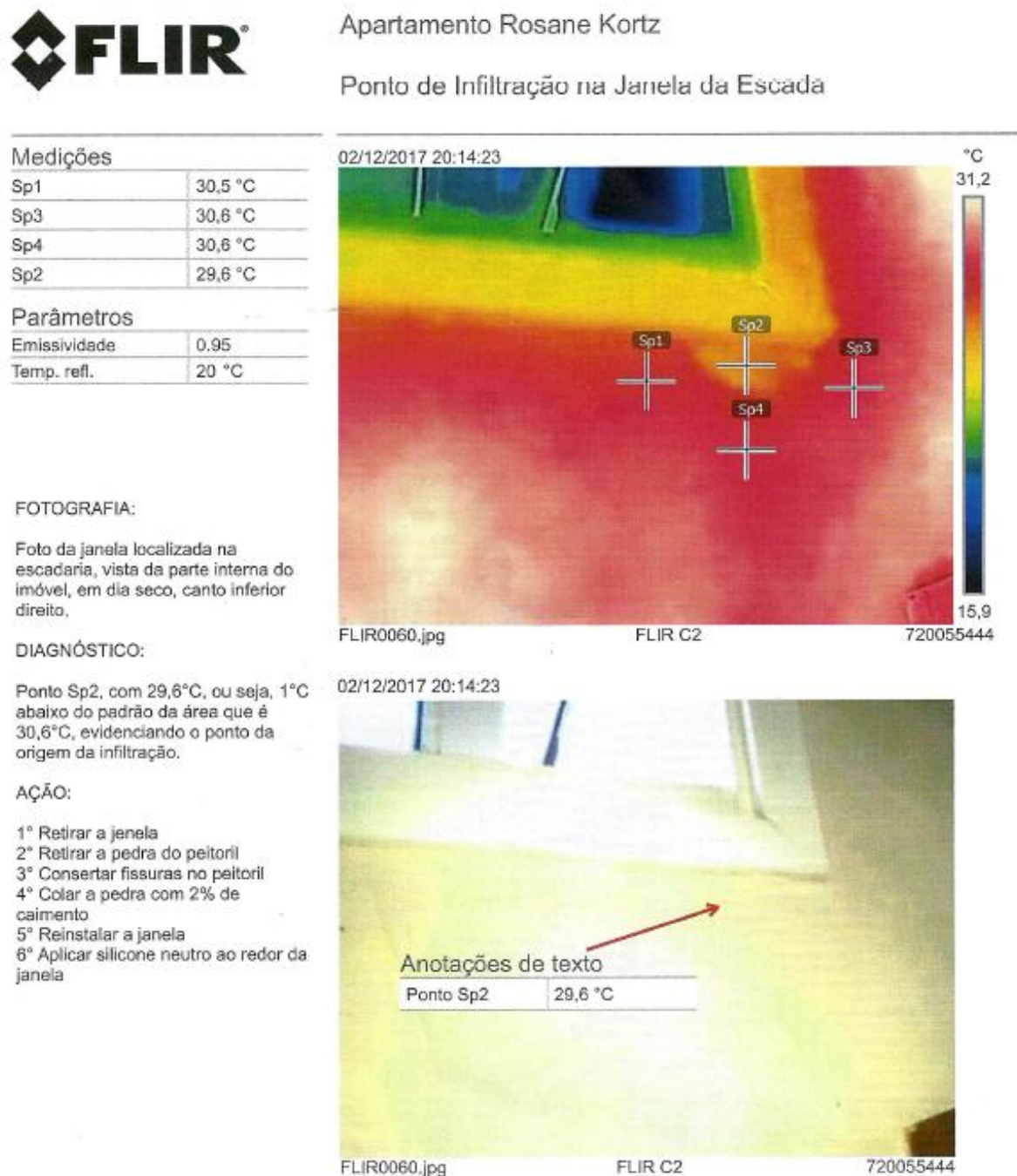


(fonte: autor)

Para a confirmação das análises e antes da empresa responsável pela recuperação fazer qualquer modificação no local, foi feito um estudo fotográfico com câmera térmica C2 da

empresa FLIR⁷ para que fossem detectados os principais pontos de infiltração, conforme ilustrado na figura 25 abaixo.

Figura 25 – Laudo de câmera térmica



(fonte: autor)

⁷ FLIR: Empresa de desenvolvimento, fabricação e comercialização de câmeras termográficas infravermelhas. Disponível em: < <http://www.flir.com.br/home/> >. Acesso em: 11 abr, 2018.

A foto foi realizada em dias secos para que não houvessem interferências devido à ação de chuvas ou umidade no local e que pudessem afetar os resultados da câmera térmica. Foi feita a medição da temperatura em quatro pontos distintos na borda onde apresentava a manifestação patológica. A partir dos resultados gerados pela câmera foi possível constatar a origem do ponto de infiltração, demonstrado pelo ponto Sp2, cuja temperatura se difere dos demais pontos, destoando-se um grau a menos que os outros devido à umidade ali instalada. A empresa apresentou, ainda, uma linha de ação, presente no laudo, para que fosse corrigido o problema, indicando além da retirada da janela, que fosse refeito o peitoril corretamente obedecendo um ângulo que permitisse o caimento de 2%, caimento usual e indicado conforme visto anteriormente.

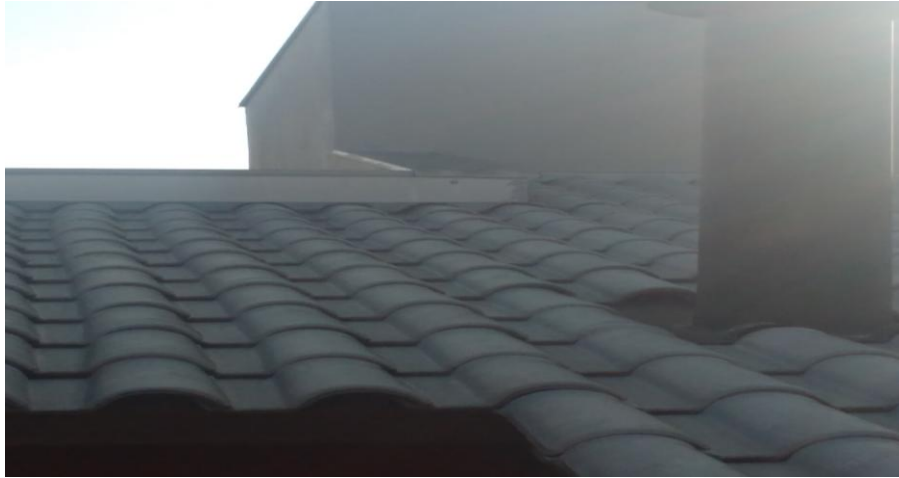
É possível visualizar pela imagem gerada na câmera térmica que a umidade é proveniente de um defeito de fixação do peitoril, tanto por estar com baixa inclinação, quanto por ter uma base de assentamento espessa e mal executada. Essa base espessa ocorreu devido à não colocação de contravergas armadas, que resistem aos esforços de tração na flexão, originados do carregamento de compressão uniforme nestes locais, que de acordo com Nichele (2014), acarretam em fissuras nas diagonais nos vértices desses vãos. Apesar de não ter ocorrido essa fissura, a base espessa executada nesse empreendimento poderia ter sido evitada pela presença de uma contraverga que preveniria, se executada corretamente, que esse local fissurasse.

5.1.2 Infiltração em Rufo, apto 301

Ainda no mesmo prédio, houve novos relatos de infiltração no apartamento vizinho 301. O apartamento também é duplex e está no lado oposto, porém a infiltração foi observada sobre o telhado da área coberta, no terraço.

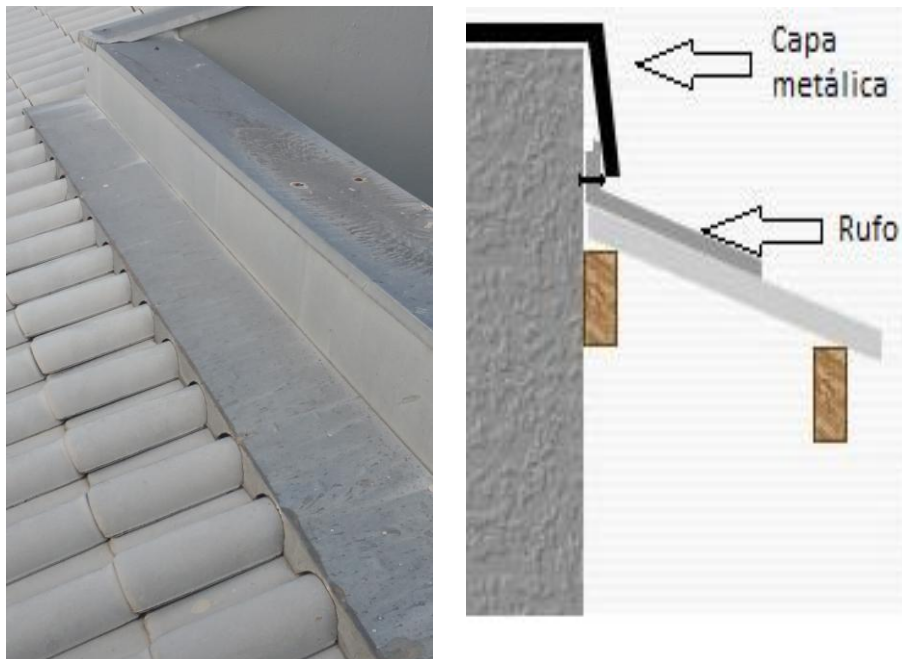
O telhado é composto por telhas cerâmicas coloniais de uma água, este é limitado por platibandas e paredes de alvenaria como visto na figura 26. No seu encontro com essas divisórias há rufos recortados e que acompanham a ondulação das telhas. A fixação desses elementos foi feita com parafusos engastados nas divisórias, selante de Poliuretano (PU) e acima, no topo da platibanda, há uma capa metálica com pingadeira para facilitar o escoamento e proteção da fachada. Esta capa metálica ainda é usada para cobrir parte superior do rufo que se estende até o encontro desta, conforme representado na figura 27.

Figura 26 – Telhamento cerâmico colonial, ap. 301



(fonte: autor)

Figura 27 – Elementos metálicos da platibanda e corte esquemático do conjunto

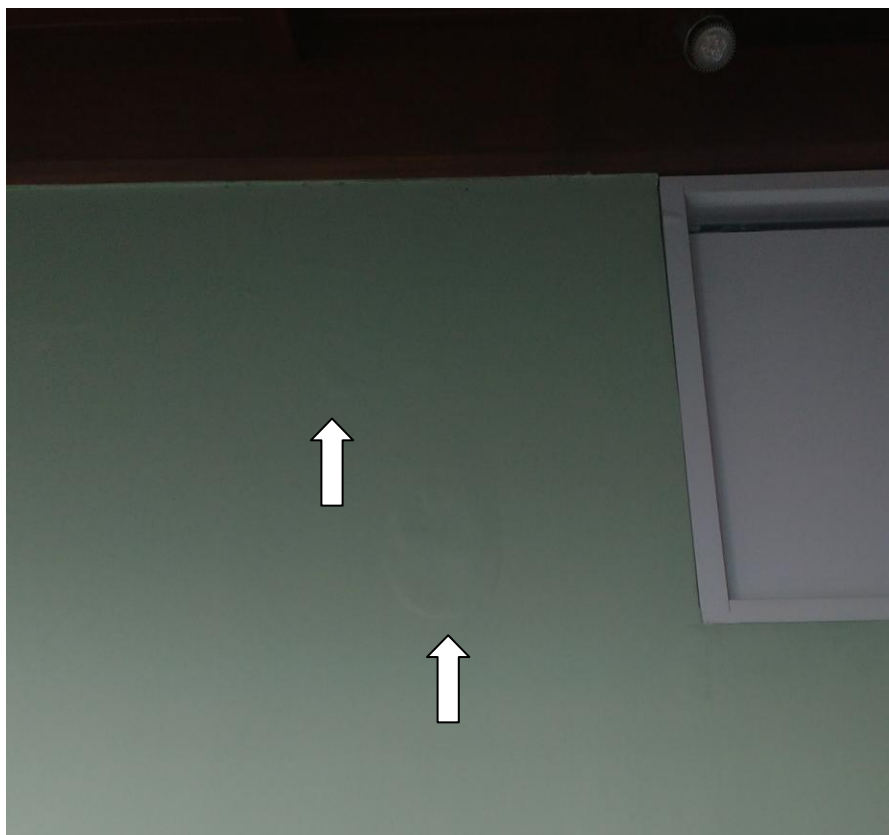


(fonte: autor)

A infiltração ocorrida manifestou-se na parte interna do apartamento onde foi possível observar o escoamento da água e bolhas na tinta devido à umidade ali instalada, conforme a

figura 28. Sendo possível visualizar que o telhamento se encontrava em bom estado, primeiramente suspeitou-se da fixação do rufo que não estaria engastado dentro da alvenaria, sendo contrário ao que os autores como Sousa (2008) e Verçoza (1991) afirmam, pois estes relatam que os erros mais frequentes na instalação do rufo são a falta de embutimento nas alvenarias ou quebra de argamassa de fixação. Porém a região encontrava-se em perfeito estado, apesar de não respeitar a constatação dos autores.

Figura 28 – Infiltração interna



(fonte: autor)

Para a verificação do surgimento da infiltração o engenheiro responsável pela execução do empreendimento realizou um teste lançando água, através de uma mangueira, para simular uma situação de chuva dirigida. Para o teste, não foi controlada a pressão nem a vazão da água, foi feito somente para detectar o ponto de infiltração no rufo, já que esta não ocorria por percolação devido fissuras na platibanda e que era possível ser observada devido ao grande escoamento da água, formando um filete, na parte interna da cobertura. Após observar o

ponto em que penetrava a água constatou-se que infiltração era proveniente de uma falha na fixação e vedação entre os perfis metálicos que compunham os rufos.

Os módulos de rufos fabricados e utilizados no empreendimento são metálicos galvanizados e após a instalação destes foram pintados para proteção. Cada módulo contém três metros de comprimento, sendo que para vãos maiores e recortes foram feitas as junções entre esses perfis metálicos com a utilização de solda pino para a estruturação entre os perfis e o Poliuretano (PU) auxiliando na vedação, conforme a figura 29 abaixo.

Figura 29 – a) Elementos de vedação; b) Vedação entre módulos com PU



(fonte: autor)

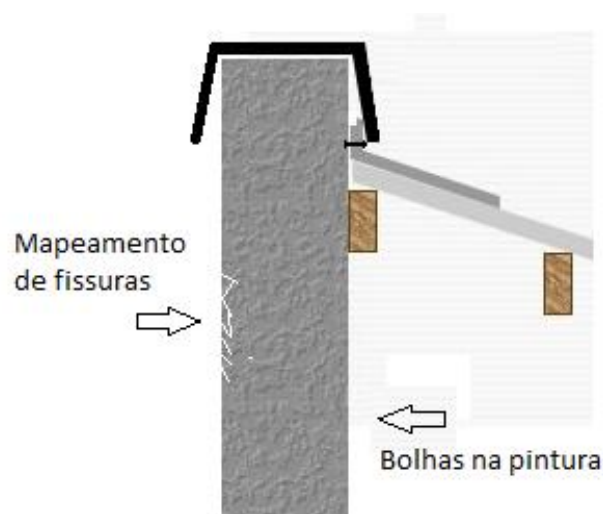
Campos (2009) afirma que ventos incidentes com velocidades elevadas e fortes chuvas podem causar danos as juntas e acarretar na indevida entrada de água. O engenheiro relatou que a infiltração ocorreu após chuvas fortes e ventos, no dia anterior ao reclamado pelo cliente, constatando a causa principal da infiltração. Apesar do evento climático ter gerado o problema, o ponto de falha da emenda do rufo, em que ocorreu a infiltração, foi o único

observado em todo o contorno do telhado, visto que nos dois apartamentos onde ocorreram infiltrações continham juntas de ligação entre os rufos, sendo evidente que somente este ponto não se encontrava estanque. A figura 1, referente às isopletras, demonstra o vento incidente na região de Porto Alegre como 45 m/s para o cálculo de estruturas e elementos de fachada, sendo muito superior ao ocorrido no dia em que aconteceu a falha no apartamento, não justificando assim a falha devido à ação do clima.

Juntamente com a falha na junção dos módulos do rufo, o selante de poliuretano (PU) não foi eficaz. Porém a ineficácia ocorreu devido à falta de manutenção deste, visto que o empreendimento já tem cinco anos do habite-se e o material ainda não havia recebido manutenção. O local onde se encontra a proteção com este material está exposto a condições que o forçam a deformações expressivas, como variações de temperaturas, que levam a ocorrência de dilatações e contrações ao longo do dia. Com a falta de manutenção esse sistema auxiliar de proteção veio, também, a falhar.

Ainda se observou uma outra possível causa para a aparição de bolhas na pintura interna no local apresentado anteriormente, onde ocorreu a infiltração pela falha no rufo. Na face externa desta mesma parede, oposta ao surgimento dessas bolhas, havia um mapeamento de fissuras devido à retração do revestimento argamassado, representado pela figura 30 abaixo.

Figura 30 – Mapeamento de Fissuras



(fonte: autor)

Devido às grandes fissuras, visíveis a olho nu, a água teve fácil entrada por este local e ficou ali retida, conforme observado na figura 31 abaixo:

Figura 31 – Fissuras em fachada



(fonte: autor)

De acordo com Taha (2012) fissuras de retração são provenientes da ação de secagem abrupta da argamassa e da trabalhabilidade entre os materiais constituintes da parede. São elas retração hidráulica e contração térmica respectivamente, o que pode ser observado na figura 31, cujas fissuras formam canais para a penetração da água de chuvas, agravando, assim, a manifestação patológica observada na área interna.

5.2 CASO 2: INFILTRAÇÃO EM FACHADA CERÂMICA

Por pedido de sigilo pelo resguardo do empreendimento e da empresa, para que não fossem prejudicados, a obra em que ocorreu o problema não pôde ser apresentada, porém algumas informações são pertinentes para o estudo. As torres em que ocorreram problemas de fachada têm doze pavimentos e são feitas de estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, e

estão situadas no bairro Menino Deus. O habite-se do empreendimento já tem aproximadamente três anos e o empreendimento está ao cargo da assistência técnica que, nesta empresa, fica cinco anos após a obra entregue. Em algumas faces das torres, o revestimento externo foi feito com pastilhas cerâmicas ao longo de todo o comprimento desta, contendo, portanto, juntas de movimentação para que absorvessem as deformações devido ao trabalho dos materiais componentes de toda estrutura.

O problema principal ocorreu devido à infiltração de água através de falhas nas juntas de movimentação que dividiam o revestimento cerâmico externo presente na fachada. Essas juntas vieram a ter problemas meses após entregue a obra e até hoje há retrabalhos e evidências de falhas de execução. Alguns apartamentos e espaços comuns, como áreas de lazer internas das torres construídas, apresentaram manifestações patológicas provenientes da entrada da água da chuva, conforme a figura 32. Em todos os casos em que a água da chuva percolou para o interior do empreendimento, podem ser observados, na parte interna, manchamentos e bolores devido à umidade próximo a linha demarcada pela junta. Ainda ocorreu casos em que o rejunte estava com falhas e não preenchido, sendo um fator agravante para a entrada de água da chuva, principalmente se for chuva dirigida.

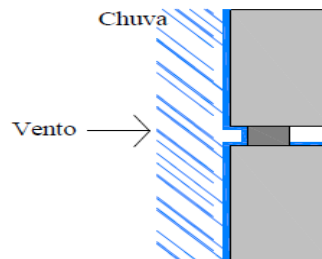
Figura 32 – Mofo devido umidade em papel de parede



(fonte: autor)

Junior (2010) afirma que há forte influência da pressão do vento sobre a infiltração, afirmando que esta age somatoriamente à presença da força de gravidade e de capilaridade, ao meio poroso, capilar e nas juntas defeituosas, conforme ilustrado na figura 31 abaixo.

Figura 33 – Água de chuva penetrando em juntas de movimentação



(fonte: JUNIOR, 2010, p.73)

5.2.1 Selante fissurado

A primeira causa visível para a falha foi o selante que apresentou rasgos e fissuras. A NBR 8214 (2001) referente ao assentamento de azulejos define que na vedação das juntas devem conter selantes a base de poliuretano, polissulfeto ou silicone. Porém, mesmo que aplicados com estes materiais, o selante veio a romper precocemente ou a se desgastar indevidamente, conforme pôde ser visto em grande parte das juntas de movimentação das torres (figuras 34 e 35).

Figura 34 – Fina camada de selante rompido



(fonte: autor)

Figura 35 – Fina camada de selante desgastado



(fonte: autor)

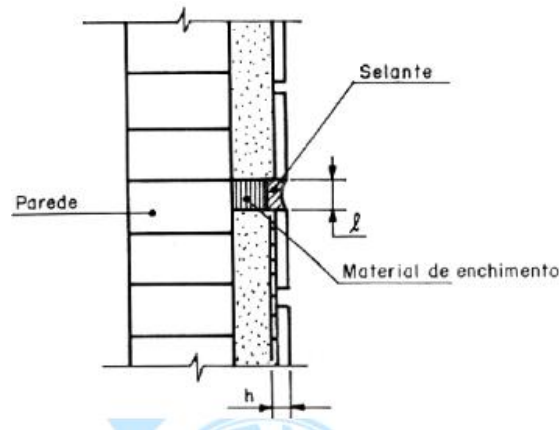
Para a melhor análise do fato, esse tipo de junta deve ser melhor estudado para que se tenha maior certeza do motivo de fissuração deste material. Este tipo de junta deve ser prevista ainda em fase de projeto, onde será detalhada para a correta execução, salienta-se a importância de observar o que os fabricantes do revestimento cerâmico ou da argamassa colante podem vir a sugerir como dimensionamento para a junta, favorecendo a aplicação adequada dos seus produtos. (IAU-USP, 2018)

O IAU-USP (2018) indica que os espaçamentos corretos para as juntas de movimentação são:

- a. Em interiores, as juntas de movimentação são necessárias para áreas maiores que 32 m^2 ou sempre que uma das dimensões for maior que 8 m;
- b. Para paredes exteriores, as juntas de movimentação devem ser executadas quando a área for igual ou maior que 24 m^2 ou sempre que uma das dimensões for maior que 6 m;
- c. Em áreas externas - pisos ou paredes - diretamente expostas à insolação e/ou umidade, as juntas são necessárias sempre que a área for igual ou maior que 20 m^2 ou sempre que uma das dimensões for maior que 4 m;
- d. Para revestimentos externos de fachadas, são recomendadas juntas horizontais de movimentação espaçadas no máximo a cada 3 metros ou a cada pé-direito, na região de encunhamento da alvenaria, e, ainda, juntas verticais espaçadas no máximo a cada 6 metros.

A NBR 8214 (2001) define dimensões das juntas de movimentação de oito a quinze milímetros de largura, ainda define uma relação entre largura da junta (l) e altura do selante (h), medida na horizontal, conforme a figura 36 e o quadro 11 abaixo:

Figura 36 – Acabamento das juntas de movimentação com enchimento e selante



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.8)

Quadro 11 – Disposições construtivas das juntas de movimentação executadas com selantes flexíveis

Dimensão do painel limitada pela(s) junta(s) ^(A) (m)	Paredes internas		Paredes externas	
	Largura l da junta (mm)	Altura h do selante (mm)	Largura l da junta (mm)	Altura h do selante (mm)
3,0	8	8	10	8
4,0	10	8	12	8
5,0	12	8	15	10
6,0	12	8	15	10
7,0	15	10	-	-
8,0	15	10	-	-

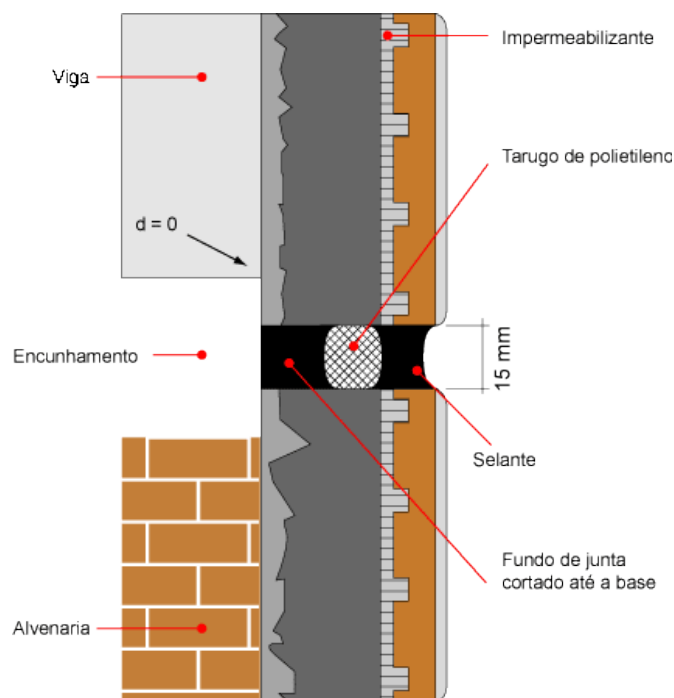
(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p.8)

É correto também o selante ter profundidade igual à metade da largura da junta de movimentação, contendo uma área de aderência mínima de oito milímetros e uma abertura menor ou igual a dezesseis milímetros (IAU-USP, 2018).

A NBR 8214 (2001) informa sobre determinados materiais para compor as juntas. No caso do enchimento desta, a norma solicita que se use materiais com deformabilidade para que seja

feito o trabalho de movimentação e que vede contra a água. São esses materiais as borrachas alveolares, a espuma de poliuretano, a manta de algodão para calafetação, cortiça e aglomerado de madeira, sendo este último com massa específica aparente na ordem de 0,25 g/cm³. Posteriormente a essa camada, e ainda compondo o enchimento, há uma tira pré-formada (tarugo) de material compressível e flexível de polietileno (tarucel) não aderente nem ao fundo nem ao selante conforme a figura 37 abaixo (IAU-USP, 2018).

Figura 37 – Representação de junta de movimentação aprofundada até a superfície da parede



(fonte: IAU-USP, 2018)

Para o material constituinte da vedação externa da junta de movimentação, ou seja, os selantes, a norma recomenda o uso de materiais a base de poliuretano, polissulfeto, silicone, etc. Importante também salientar que o tarugo de polietileno, de acordo Beltrame e Loh (2009, p.28), tem que ser maior que a largura da junta, no caso recomendam uma espessura 25% maior que o da largura para absorção de movimentações e estanqueidade.

Através das recomendações dos autores e das exigências da norma NBR 8214 (2001), vistos anteriormente, foi possível concluir que a fissuração no selante ocorreu devido três fatores, sendo o número 1 (um) o principal e causador dos demais problemas listados abaixo:

1. profundidade das juntas de movimentação incorretas;
2. quantidade do material de enchimento incorreto;
3. proporção entre largura e profundidade do selante incorreta.

Mesmo que tenham sido estes os principais fatores, deve-se salientar outro fator que estava incorreto de acordo com IAU-USP (2018) e que contribuiu na infiltração de água. Seria a quantidade de juntas de movimentação que, como citado anteriormente, o espaçamento entre estas juntas deve ser no máximo a cada três metros ou a cada pé direito do prédio. Neste caso este espaçamento não ocorreu, sendo observado uma junta de movimentação a cada dois pavimentos, ou, aproximadamente, a cada seis metros.

O problema de infiltração se deu devido às falhas citadas logo acima, visto que os problemas de má execução no preenchimento das juntas de movimentação eram nítidos e visíveis, mas o erro no espaçamento também contribuiu.

5.2.1.1 Profundidade das juntas de movimentação incorretas

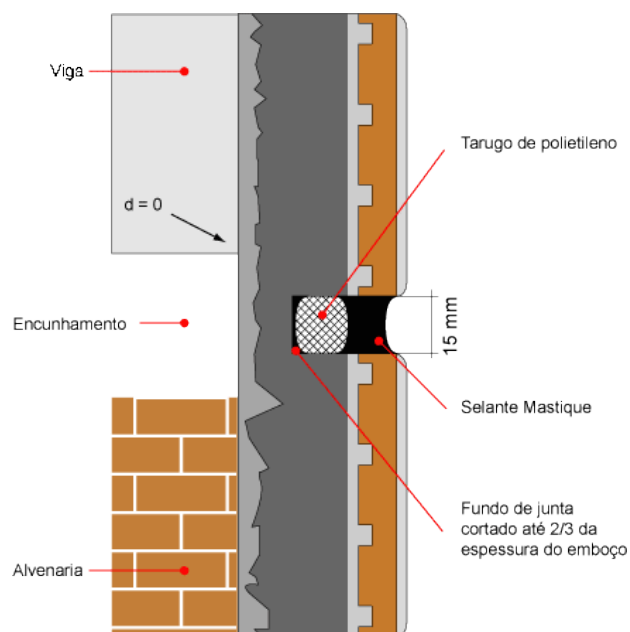
De acordo com a NBR 8214 (2001) a largura da junta de movimentação não passaria de quinze milímetros, porém o observado no empreendimento foi uma junta de movimentação com variação de 15 a 20 milímetros de largura passando assim do exigido pela norma. Apesar disso o artigo publicado pelo IAU-USP (2018) afirma que, para fachadas, a largura das juntas pode chegar a 20 milímetros, estando assim, corretamente executadas. Portanto o que realmente se mostrou falho, de acordo com as bibliografias foi a profundidade, pois esta não era compatível com o mínimo para que fosse executado corretamente o selante e a colocação do preenchimento de polietileno de baixa densidade (tarucel). De acordo com a engenheira responsável pela recuperação destas falhas no empreendimento, a profundidade variou de dimensão, sendo que diversas medidas eram menores que 15 milímetros. Portanto essa falha

no dimensionamento tanto da largura e principalmente da profundidade do friso fez com que a vedação com estes materiais não fosse possível ser executada corretamente.

5.2.1.2 Quantidade do material de enchimento incorreto

Devido à falta de profundidade do friso, o material de enchimento usado não estava de acordo com os tamanhos exigidos pela NBR 8214 (2001) que determina: "[...] as juntas de movimentação devem aprofundar-se até a superfície da parede [...]", conforme figura 37. IAU-USP (2018) afirma, também, que "[...] essas juntas podem ser abertas até 2/3 da espessura do emboço, ficando um fundo de argamassa que protegerá contra eventual entrada de umidade [...]", conforme figura 38 abaixo.

Figura 38 – Representação de junta de movimentação aprofundada até 2/3 do emboço

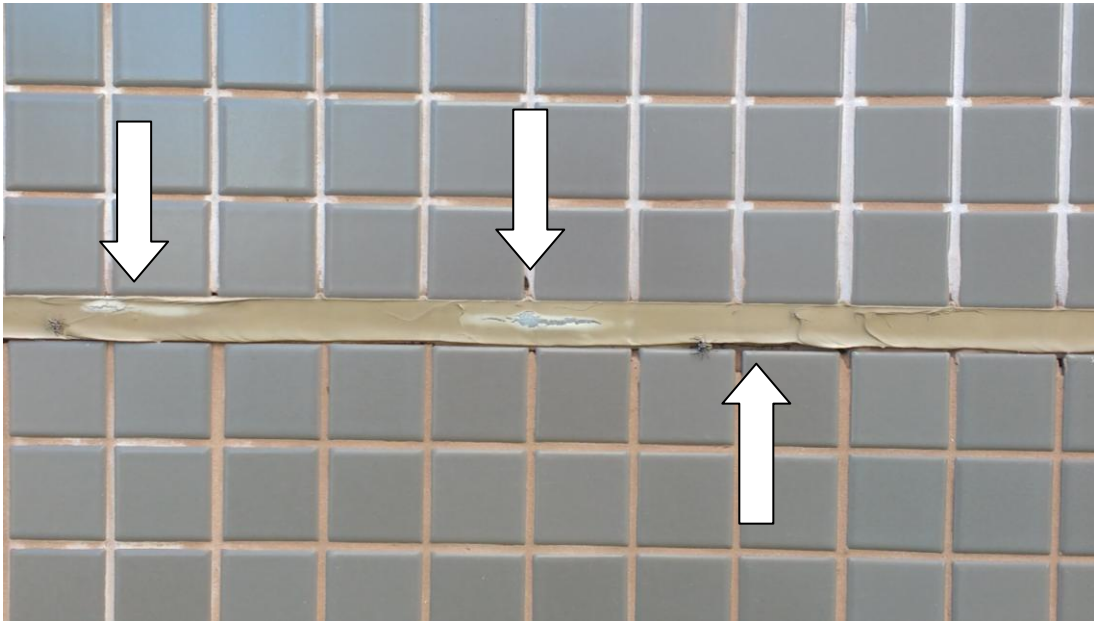


(fonte: IAU-USP, 2018)

Tendo em vista que as profundidades estavam menores que 15 milímetros, em boa parte dos casos de infiltração observados, o cordão de polietileno (tarucel) usado não estava no tamanho certo. Como visto anteriormente o seu tamanho deve ser 25% maior que a largura da junta. De acordo com a engenheira responsável pela recuperação dessas falhas, haviam cordões de preenchimentos cortados, ou até menores que a largura da junta, e nos casos em que estavam

em tamanho correto, estes não deixavam espaço para a correta aplicação do selante, deixando-o com uma camada muito fina, vindo a fissurar, o que pôde ser observado na figura 39 abaixo.

Figura 39 – Fissuras no selante



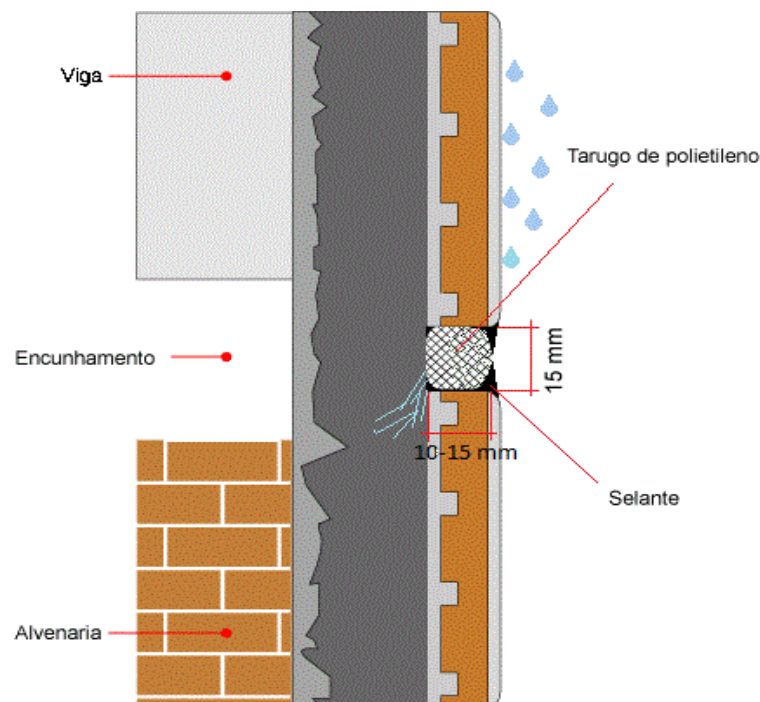
(fonte: autor)

5.2.1.3 Proporção entre largura e profundidade do selante incorreta

Por fim, a proporção entre a largura da junta de movimentação e a profundidade do selante também se encontravam incorretas, devido à falta de profundidade em todo o sistema da junta. De acordo com a engenheira responsável pelas recuperações destas falhas, a profundidade da junta teria que ser no mínimo de 30 milímetros. De acordo com a norma, analisando o caso em que a junta obedeceu o valor máximo de 15 milímetros de largura, conforme o quadro 11, a profundidade do selante teria que ser de 10 milímetros, e ainda assim a profundidade da junta deveria comportar ao fundo um cordão de polietileno de 20 milímetros, ou seja, 25% maior que a largura junta conforme Beltrame e Loh (2009, p.28). Sendo 20 milímetros de cordão mais 10 milímetros de selante, a profundidade mínima comentado pela engenheira responsável se confirma segundo a norma e estes autores.

A camada de selante observada no empreendimento não obteve a profundidade exigida pela norma. Esta ficou com muito menos de 10 milímetros e em muitos casos se observou tão fina que veio a romper alguns meses após a aplicação conforme afirmam os responsáveis. Abaixo na figura 40 está a representando um dos casos observados no empreendimento em que a profundidade do sistema não foi suficiente nem para o enchimento nem para o selante.

Figura 40 – Situação observada com profundidade da junta inadequada e selante subdimensionado



(fonte: IAU-USP (2018), adaptado pelo autor)

Portanto a profundidade incorreta da junta de movimentação foi a principal causa para a falha no sistema de vedação, visto que esta ocasionou o erro em todas as atividades seguintes do preenchimento e de aplicação do selante, fazendo com que a água da chuva penetrasse para o interior do empreendimento. Ainda assim, a equipe de entregas técnicas relatou que casos mais recentes, em que constatou-se o problema do rompimento do selante, e que há a correta execução das dimensões das juntas de movimentação e aplicação do selante, já não estão mais sob responsabilidade da empresa, visto que o tempo de garantia (do material) fornecido pelo fabricante do selante utilizado é de três anos, passando assim, a responsabilidade pelos custos da manutenção deste selante para o condomínio.

5.2.1.4 Boas práticas

As falhas no sistema da junta de movimentação fizeram com que este ponto ficasse vulnerável para a entrada de água, que através das fissuras no selante e da falta de estanqueidade por parte do tarucel, tornando possível a entrada de água de chuvas. Importante salientar que abaixo do sistema de vedação da junta, o revestimento argamassado se encontrava aparente, sem algum tipo de impermeabilização, portanto a água que penetrava, devido à falha no sistema de vedação, ali ficava instalada e permitia a entrada para as áreas internas do empreendimento através dos capilares, representado também na figura 40.

Ao consultar a empresa sobre alguma ação tomada em cima deste erro esta afirmou que adotou em seu caderno de detalhes, padronizando assim a atividade, mais uma prevenção contra casos deste tipo de ocorrência onde a água penetra por falhas no sistema de juntas. Como uma boa prática, a empresa passou a empregar a aplicação de uma membrana impermeável em todos os frisos antes do assentamento das placas cerâmicas. Adotou também o espaçamento da junta de movimentação conforme a norma, ou seja, uma a cada pavimento e na linha do encunhamento, e adotou tamanhos padrões para todos os materiais constituintes da junta. Abaixo estão as figuras 41 e 42 referentes ao detalhe padrão adotado para as juntas e a aplicação deste em outra obra da mesma empresa, respectivamente.

Figura 41 – Detalhe padrão adotado pela empresa

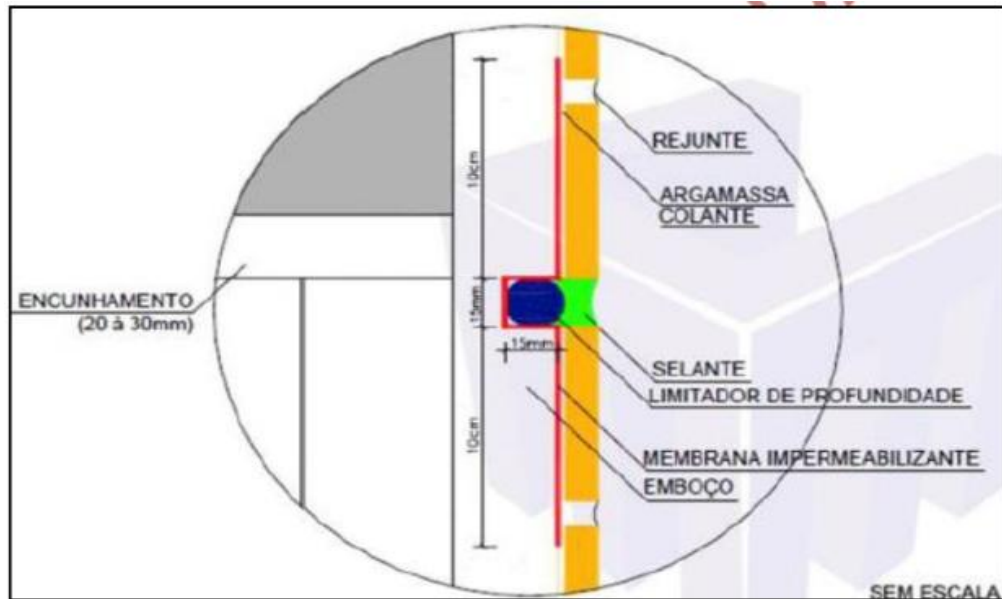
(fonte: autor⁸)

Figura 42 – Juntas de movimentação com membrana impermeabilizante



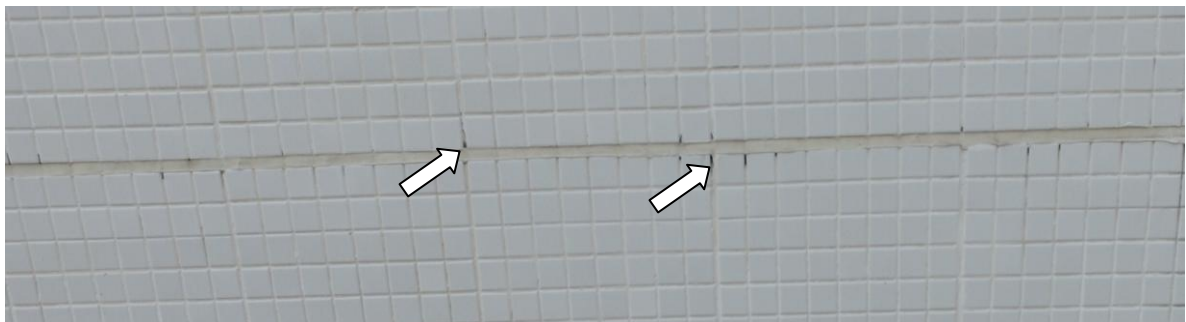
(fonte: autor)

⁸ figura executada pela construtora e disponível em seu caderno de detalhes, para uso padrão em todas as obras.

5.2.2 Falhas no rejunte

Outro fator observado nas torres foram as falhas na execução do rejunte entre as pastilhas cerâmicas. O fato ocorreu principalmente próximo às juntas de movimentação agravando assim o problema de infiltração neste local.

Figura 43 – Falhas no rejunte

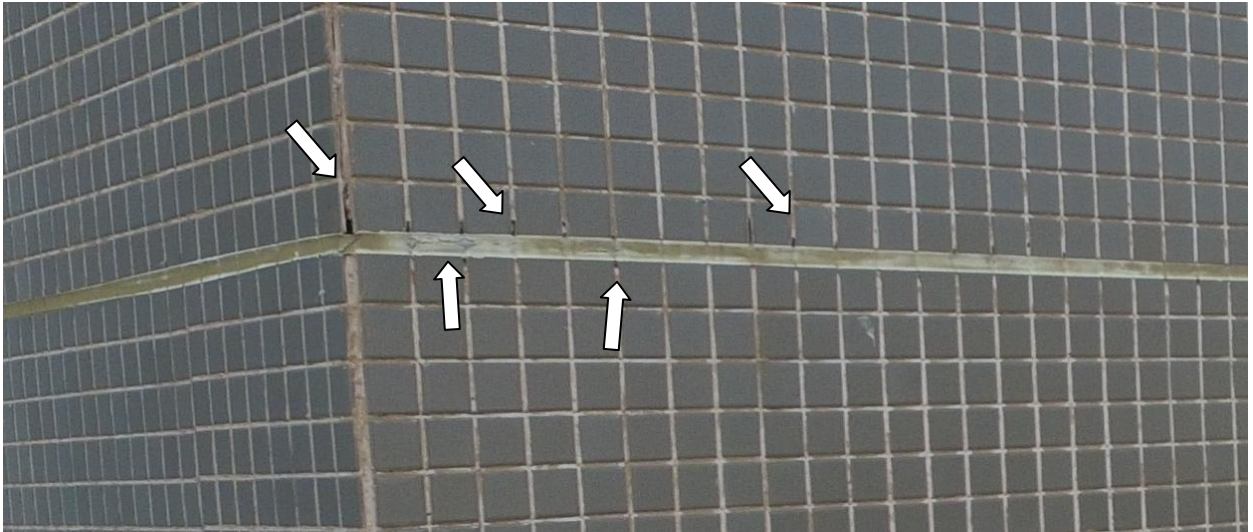


(fonte: autor)

A equipe que trabalha com as recuperações do empreendimento, na assistência técnica ao cliente, executou filmagens em todas as fachadas das torres para verificar o estado de todas as juntas de movimentação, e o que foi observado, além das falhas nas juntas, foi uma má execução do rejunte do revestimento cerâmico. Com as filmagens foi possível observar locais em que o rejunte não foi executado, formando buracos entre as pastilhas. Esses erros possibilitaram a aparição de manifestações patológicas, fato observado na fachada.

Estavam visíveis manifestações patológicas devido ao mau rejuntamento e, entre essas, constatou-se a eflorescência. De acordo com Roscoe (2008), através da água das chuvas, particularmente em juntas mal executadas, a eflorescência pode vir a aparecer. Não somente a eflorescência, mas também a infiltração de água passa a ser bem plausível de acontecer, visto a exposição da parede à água da chuva e a água retida nesses locais. Em um somatório aos problemas das juntas, a falha no rejunte agravou a situação de infiltração de água no local.

Figura 44 – Falhas no rejunte e nas juntas de movimentação



(fonte: autor)

Para ambas as situações em que ocorreram as falhas, o transtorno e os custos extras devido os problemas de infiltrações nas fachadas poderiam ser reduzidos drasticamente se estas atividades tivessem sido executadas corretamente em obra. A má qualidade da mão de obra, dos processos de conferência e de projetos adequados tornaram estes pequenos detalhes, com um custo baixo no total de um orçamento, em um grande problema. Tanto para o cliente como para a empresa que, acima de qualquer custo, expõe o seu produto com uma imagem indesejável e comprometedora no mercado acirrado e competitivo.

5.3 CASO 3: EDIFÍCIO EM REFORMA

O último caso estudado ocorreu no bairro Jardim Lindóia, na zona norte da cidade. O empreendimento é um edifício multiuso de 4 pavimentos, sendo, atualmente, o térreo composto por salas clínicas, que estão locadas, o segundo pavimento se encontra uma academia, o terceiro a continuação da academia e uma sala, e o quarto e último pavimento são escritórios integrados e locados para uma imobiliária que está ali instalada. Os dois últimos pavimentos são menores em área e deixando, assim, parte do terceiro pavimento com um terraço sem acesso aos usuários.

Figura 45 – Perspectiva do empreendimento



(fonte: autor)

O prédio está atualmente terminado e em uso, porém quando foi estudado o local, ele estava em situação de reforma. O empreendimento continha três pavimentos somente, portanto o edifício foi ampliado para que recebesse mais o escritório. Apesar de ter passado por reformas, a empresa que tinha sido contratada para ampliação do espaço e para reforma geral do prédio acabou não cumprindo com datas nem com o orçamento estipulado, entregando aos donos do empreendimento um serviço ruim e indesejável. Para correção da reforma, portanto um retrabalho, uma nova empresa assumiu o serviço e corrigiu os problemas encontrados, inclusive, infiltrações.

As infiltrações ocorridas nas fachadas apareceram antes do início das reformas, afirma um dos proprietários, sendo um dos motivos da execução da reforma, além da ampliação do espaço. Porém as infiltrações apareceram também após a entrega da ampliação pela primeira empresa, localizadas no terceiro e quarto pavimento. Ocorreram infiltrações nas janelas do novo pavimento (quarto pavimento), infiltrações nas interfaces das fachadas com o prédio vizinho e em ralos de sacadas da academia.

5.3.1 Infiltração em interface entre prédios

A infiltração que mais se destacava, ocorreu devido à problemas na fachada, na interface do terceiro pavimento do edifício com a edificação vizinha. A hipótese inicial foi formulada pela verificação do comportamento das manifestações patológicas nos dois andares abaixo do terceiro pavimento (segundo e térreo). O bolor e as manchas presentes ao longo das paredes internas dos dois pavimentos abaixo, demonstravam uma infiltração forte no local, visto que os acabamentos como pintura e até o revestimento argamassado interno já demonstravam desgaste pela indevida entrada de água no local.

A figura 46 ilustra a infiltração da água no local mencionado no segundo pavimento. A umidade está presente no canto da laje e nas paredes adjacentes. Onde há madeira a umidade não está visível pois este acabamento impede que se observe a parte interna, mas esta continha manchas e bolores nos revestimentos.

Figura 46 – Manifestações patológicas devido a entrada de água da chuva no 2º pavimento



(fonte: autor)

Já a figura 47 apresenta o problema no pavimento térreo. A umidade penetrou na mesma face, lateral e canto observado na parede do pavimento acima, da figura 46. As manifestações devido à entrada da água também estiveram presentes na laje e nas paredes de ambos os pavimentos, apresentando-se da mesma forma.

Figura 47 – Manifestações patológicas devido à entrada de água da chuva no térreo



(fonte: autor)

A causa para a infiltração estava na falha do sistema de vedação do telhado vizinho. A edificação ao lado do empreendimento já existia na construção do prédio, a parede que estava na divisa ficou sem revestimento argamassado e pintura, portanto a estrutura e a alvenaria de vedação ficaram expostas. A altura do telhado vizinho coincide com o início do terceiro andar o que justifica a entrada de água pelas paredes somente abaixo disto, visto que a interface com o muro não pôde ser finalizada, ficando a alvenaria exposta e desprotegida.

As figuras 48 e 49 apresentam este local, apontando o problema na vedação do telhado e na interface entre as construções, sendo possível observar que em cima do rufo já haviam tentado uma recuperação com argamassa, porém, sem êxito, voltando o local a infiltrar. De acordo com Sousa (2008) e Oliveira (2015) alguns dos erros mais frequentes na instalação dos rufos são a falta de embutimento destes nas alvenarias e quebra de argamassa de fixação. Fato confirmado e observado na figura 49 que apresenta o rufo defeituoso reparado erroneamente com argamassa. Diferente do caso apresentado anteriormente, no item 5.1.2, em que o

problema se deu na junção entre dois módulos de rufo, o problema aqui apresentado ocorreu devido ao não embutimento do rufo na parede quando executado e pela má reparação ou manutenção dele feita com argamassa. Este detalhamento deveria ter sido previsto no projeto ou, pelo menos, na fase de construção, visto que a existência da edificação vizinha já era de conhecimento da construtora.

Figura 48 – Local da entrada de água



(fonte: autor)

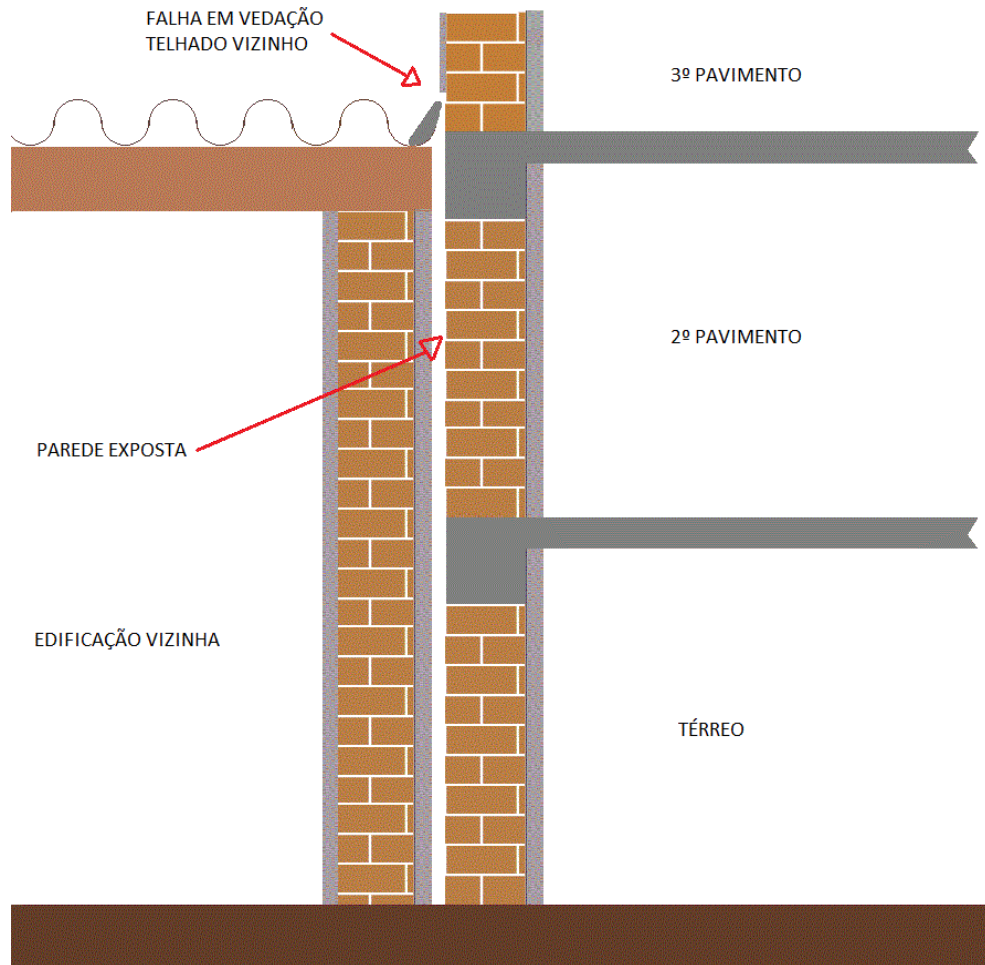
Figura 49 – Falha na fixação do rufo à parede reparada, erroneamente, com argamassa



(fonte: autor)

Para melhor visualização da situação da origem da umidade no empreendimento, a figura 50 abaixo representa o esquema do encontro entre as duas construções vizinhas e o local por onde a água infiltrou.

Figura 50 – Esquema do local de infiltração



(fonte: autor)

5.3.2 Infiltração em ralo

Durante a reforma final do empreendimento foram observados manchamentos na sacada do segundo pavimento. As manifestações patológicas eram visíveis do térreo, na calçada, já que a sacada formava uma marquise aos pedestres. Abaixo a figura 51 mostra a superfície inferior

da laje da estrutura que compõe a sacada com o problema devido à umidade. O comportamento da manifestação aponta para uma infiltração na laje, visto que o bolor e o manchamento apresentado se concentram no centro da laje e da sacada.

Figura 51 – Manchas e bolores em laje



(fonte: autor)

Alguns autores como Verçoza (1991) confirmam que o maior problema que contribui para vazamentos em lajes de cobertura e terraços é o defeito na impermeabilização, normalmente por serem mal executadas. Salientam também a importância da correta execução de detalhes na impermeabilização como a estanqueidade dos ralos. Analisando a situação constatou-se que o problema estava na impermeabilização da laje, visto que esta continha somente tubulações de ralos que captam a água da chuva no local.

Ao observar a sacada, na laje do segundo pavimento, por onde a água da chuva estava penetrando, não foi possível detectar fissuras ou pontos que estivessem suscetíveis ao longo desta. Porém, o local em que se encontrava o centro da manifestação patológica coincide com o local em que está situado o ralo, acusando então o ponto falho (figura 52 e 53).

A figura 53 apresenta as condições do ralo onde, se percebe problemas nítidos de impermeabilização e de quebra em alguns pontos deste. Não somente por problemas construtivos na execução, mas observou-se quebras causada pela interpolação de tubulações colocadas posteriormente à construção, por cima da proteção mecânica. A seta preta indica a quebra da tubulação embutida no local, deixando a passagem de água livre para o interior da laje. A seta vermelha mostra uma falha causada pela tubulação que foi ali instalada posteriormente, inserida na proteção mecânica. Na figura 52 ainda é possível observar essas duas tubulações chegando acima da laje podendo estas terem contribuído para a falha na impermeabilização no entorno do ralo, através da perda de continuidade da manta no encontro destes.

Figura 52 – Ralo com problemas de estanqueidade



(fonte: autor)

Figura 53 – Localização dos problemas no ralo



(fonte: autor)

Verçoza (1991) alega que os ralos devem estar sempre situados sob a impermeabilização e o material impermeabilizante deve envolver os ralos, passando 10 centímetros para o interior destes, sendo fixados em todo o perímetro. De acordo com a NBR 9575 (2010), o ralo encontrava-se em perfeito estado para aplicação da manta durante a execução, visto que este tinha o diâmetro mínimo para os sistemas de impermeabilização e se encontrava suficientemente afastado de paredes e parâmetros verticais para o manuseio do material impermeabilizante. Apesar dessas exigências, o ralo apresentou falhas no sistema de impermeabilização no entorno deste.

A correta aplicação da manta está representada na figura 54 que demonstra as quatro etapas da correta execução deste elemento, para que seja evitada a infiltração, de acordo com Righi (2009).

Ainda há testes que podem ser feitos para descobrir se é realmente falha no ralo, de acordo com Souza (2008). O autor propõe encher o ralo de água, em quantidade definida de modo que não chegue a atingir o nível de extravasamento para a laje. Caso o teste não possa identificar a causa da infiltração neste ponto, este conclui a falha está ocorrendo em outro local. Apesar da verificação ser importante, neste caso não foi necessária para detecção da causa das manifestações patológicas, já que o sistema que compunha o ralo estava bem

deteriorado. Além disso o teste talvez não se mostrasse tão eficaz visto que o manchamento estava acentuado, podendo causar a falsa impressão de conformidade do ralo.

Figura 54 – Execução de impermeabilização junto ao ralo



(fonte: RIGHI, 2009)

5.3.3 Infiltração em janelas

A última ocorrência de umidade no empreendimento analisada aconteceu no quarto andar, onde foi executado pela empresa contratada para a ampliação do espaço. Como dito anteriormente, a contratação da empresa foi anulada devido ao orçamento incorreto, subestimando alguns custos, e falta de qualidade e conclusão dos serviços contratados. A estrutura foi posteriormente recuperada e concluída pela segunda empresa de reformas que solucionou todos os problemas de umidade e finalizou a ampliação conforme o solicitado.

O problema de infiltração de água pela fachada ocorreu em todas as janelas, cujos peitoris estavam assentados, porém sem observar os detalhes construtivos corretos. A parte interna do

quarto pavimento já havia sido pintada para o recebimento das paredes divisórias dos escritórios, porém a infiltração impediu a finalização, sendo necessário que a parede fosse corrigida e repintada internamente. A infiltração se estendia ao longo da parte inferior da esquadria, conforme a figura 55.

Figura 55 – Infiltração abaixo da janela



(fonte: autor)

As janelas se encontravam com a argamassa de revestimento aparente, sem qualquer tipo de proteção ou pintura, porém sem fissuras (visíveis), o que leva a um estudo sobre o revestimento argamassado usado. Mustelier (2002) afirma que a espessura do revestimento argamassado assim como o seu traço influenciam diretamente na estanqueidade do revestimento. Quanto mais rico em cimento, menores quantidades de capilares e menor a entrada de água no local e quanto maior a quantidade de água no traço, maior a capilaridade. Atentando sempre para a dosagem perfeita, visto que a rigidez pode provocar fissuras. Bauer (1992) ainda complementa que a água incidente de chuvas sobre as fachadas dos edifícios tende a ser absorvida, primeiramente, por materiais porosos como concreto, tijolos e revestimentos argamassados. Ocorrendo saturação destes materiais, já não podendo mais absorver umidade, a água começa a migrar para baixo umedecendo o local. O autor também relata que a ação conjunta da infiltração por capilaridade com a incidência de ventos aumenta a pressão na fachada e nos materiais constituintes, agravando a situação da infiltração de água.

A figura 56 apresenta a situação das janelas do quarto pavimento. Estas se encontravam com a argamassa exposta sem nenhuma proteção, feita com cimento e areia com traço 1:3 para assentamento do peitoril. Apesar de não ter sido empregado nesta obra, há autores que indicam, para fachadas, o uso de aditivos plastificantes e impermeabilizantes juntamente com o revestimento argamassado. Dubaj (2000) relata que argamassas com pouca proporção de cimento, em comparação à areia, podem ter adição de aditivos plastificantes. Geralmente aeradores, dão maior trabalhabilidade para a argamassa assim como aumentam a capacidade de retenção de água. Ainda indica a Sika-1⁹ como aditivo impermeabilizante, relatado também pelo engenheiro da reforma como protetor contra infiltração.

De acordo com o fabricante, a Sika-1¹⁰ trata-se de um aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassa e concreto, que reage com o cimento durante o processo de hidratação, dando origem a substâncias minerais que bloqueiam a rede capilar, proporcionando elevada impermeabilidade à argamassa e concreto.

Figura 56 – Assentamento de peitoril desprotegido



(fonte: autor)

⁹ Sika®-1; Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassa e concreto não armado da marca SIKA®. **Ficha técnica do produto.** Disponível em: < <https://bra.sika.com/pt/solucoes-produtos/construcao/impermeabilizacao/fundacoes-e-subsolos/grupos-de-produtos-fundacoes-e-subsolos/aditivos-impermeabilizantes.html>>. Acesso em: 11 mai, 2018.

¹⁰ Idem

No estudo de caso, portanto, a infiltração ocorreu devido à exposição do revestimento argamassado a chuvas e ventos. Este não foi capaz de garantir a estanqueidade do local vindo a infiltrar por percolação. Conforme dito por Bauer (1991), a água incidente tende a ser absorvida por esse tipo de material, visto que constitui um meio poroso e absorvedor de água. Além disso não se pode ter certeza da quantidade de água usada na mistura dessa argamassa, podendo esta ficar ainda mais suscetível a infiltrações. Portanto, para que se pudesse prevenir esse tipo de ocorrência poderia ter sido empregado aditivo impermeabilizante, podendo ainda assim vir a infiltrar. Silva (2015) adverte como o meio mais eficaz para a estanqueidade de fachadas: "[...] a grande responsabilidade da estanqueidade da água em fachadas é da tinta [...]", e complementou, "[...] uma tinta boa e bem aplicada, o sistema não gera problemas ... atingindo a durabilidade da tinta tem que ser repintado [...]". Portanto a pintura no local garantiria, se corretamente aplicada e com a manutenção adequada, a estanqueidade da fachada.

Outra possível causa que colaborou com essa infiltração foi a falha no tamanho do peitoril instalado pela empresa que fez a ampliação, pois os vértices inferiores das janelas apresentavam também infiltração visto na figura 57. O peitoril se encontrava com uma projeção menor que quatro centímetros para fora e este tinha o comprimento exato da abertura, conforme visto na figura 58. Iizuka (2001) aconselha a projeção do peitoril de quatro centímetros para fora da parede para que o sistema de vedação seja mais eficaz, garantindo que não volte a escoar pela fachada e não fique retida no local.

Na figura 58 é visível também a exposição do revestimento argamassado nas bordas. Há grandes chances de a água ter infiltrado por este local também já que a exposição torna possível a entrada de água por percolação, como relatado anteriormente. Por fim o comprimento do peitoril também está inadequado, segundo Perez (1988) 60 a 70 por cento dos problemas de umidade são devido aos entornos das janelas. Infiltrações nas interfaces (janela/peitoril e extremidades do peitoril) causam infiltrações e manifestações patológicas tal como bolores ou degradação da pintura sendo consequência, também, devido à problemas como inexistência de declividade no peitoril e inexistência de prolongamento longitudinal. Poyastro (2011) ressalta a importância desses detalhes arquitetônicos para a prevenção da infiltração e de manchamentos pela fachada devido à ação da água da chuva. A figura 59 apresenta a correta aplicação do peitoril com o comprimento deste passando do tamanho do

vão. Fato este não observado na edificação analisada, além da exposição do revestimento que se encontrava sem pintura.

Figura 57 – Infiltração abaixo dos vértices inferiores das janelas



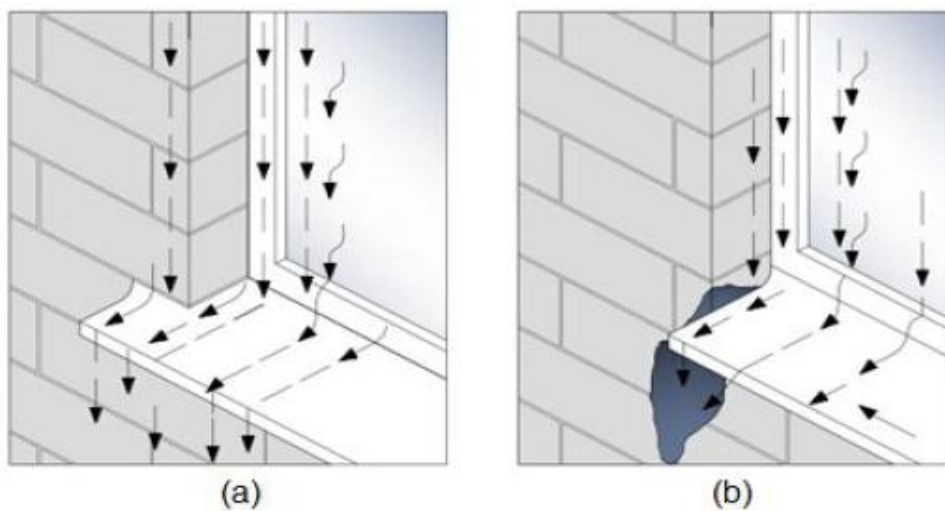
(fonte: autor)

Figura 58 – Peitoril com pouco prolongamento da pingadeira e comprimento igual ao vão



(fonte: autor)

Figura 59 – Fluxo de água da chuva em peitoril: (a) o fluxo é defletido para fora da fachada; (b) a água concentra-se nas laterais do peitoril, provocando manchas de umidade e sujeira na fachada



(fonte: LUDUVICO, 2016, p.85)

6 CONCLUSÕES

A análise dos casos de infiltração nos três empreendimentos possibilitou conclusões sobre uma pequena amostra inserida na cidade de Porto Alegre. Os empreendimentos foram selecionados de maneira que abrangessem amostras de edificações de diferentes regiões e de entornos da cidade que se comportassem de forma diferente, conforme cada localidade. Mesmo que expostos a chuvas e ventos com intensidade diferentes, a literatura e as normas brasileiras especificam exigências mínimas ou sugestões construtivas para que o problema de infiltração em fachadas não venha a ocorrer.

Todos os casos estudados apontaram para falhas que, no geral, podem ser concluídas como oriundas da negligência ou do desconhecimento por parte das empresas ou gestores, visto que a maioria das edificações onde ocorreu as infiltrações eram recém executadas e ainda não era necessária manutenção. Nas que não eram recentes, foi possível detectar problemas de execução e que tinham grandes chances de vir a causar manifestações patológicas.

As normas apresentam, além de conceitos, exigências mínimas para que se tenha um bom funcionamento de cada componente que compreende uma estrutura ou construção. Portando essas exigências têm que ser atendidas para que se possa garantir uma eficácia mínima do produto, visto que as normas são amplamente estudadas pelas Comissões de Estudo para que seja possível a normalização dos conteúdos abordados. Os casos apresentados demonstraram erros que poderiam ser evitados se a norma fosse estudada e aplicada. Um exemplo está no segundo caso, cujas infiltrações ocorreram por mau dimensionamento das juntas de movimentação gerando custos extras bem acima do orçamento previsto para o empreendimento.

Há, também, uma vasta bibliografia que relata o correto dimensionamento e execução de elementos de fachada para que estes sejam eficazes em sua função. Em todos os casos, sem exceção, haviam livros, artigos acadêmicos e publicações em revistas renomadas que levavam às mesmas conclusões para as falhas ocorridas em cada local observado. Complementando as normas, esses estudos publicados apontam detalhes arquitetônicos, detalhes construtivos e exigências para execução de cada atividade para que essa não venha gerar problemas. Além

disso, tais estudos mostram todo o comportamento da água da chuva que incide sobre cada material que compõe a fachada, assim como apontam as falhas mais comuns e corriqueiras apresentadas nas obras e que podem dar início para infiltrações.

Conclui-se que os casos analisados, nesta amostra, não cumpriram com a exigência apresentada pela literatura e, em alguns casos, pela norma. Não houve a ocorrência de uma causa até então não pesquisada, portanto todos os erros que compreenderam o estudo estavam presentes e apresentados na revisão bibliográfica, composta por material de pesquisa de acesso público, disponível a todos. O não cumprimento das exigências gerou desgastes por parte das empresas que tiveram custos extra orçamentários e suas reputações marcadas negativamente devido à aparição de manifestações patológicas, causadas pelas infiltrações de água; manifestações que poderiam ser evitadas com a correta execução das atividades.

Houve casos, também, em que a negligência e o desconhecimento não estavam somente na parte da gestão. A falta de procedimentos padronizados, com previsão de itens a serem fiscalizados, levou a uma fiscalização dos serviços executados inadequada, visto que ainda parte da mão de obra da construção civil é desqualificada e necessita de acompanhamento durante a execução. Os processos de conferência das atividades, de acordo com os resultados apresentados, podem reduzir custos para a empresa ou para a construtora do empreendimento. Muitas vezes, detalhes como a falta de caimento do peitoril, falta de pintura no entorno da esquadria ou até mesmo a falha na soldagem do encontro entre rufos, apresentados nos casos um e três, poderiam ter sido evitados se houvesse um *check-list* das atividades e uma conferência adequada por parte da equipe de obra e dos trabalhadores que compunham a mão de obra.

Somado a isso, a falta de projetos e a falta de especificação em cadernos que apresentam detalhes executivos padrões das empresas responsáveis pela execução das atividades originou a ocorrência de erros, também presentes neste levantamento. A falta de contraverga, no caso um, e a interpolação de tubulações que causaram quebra do ralo e falha da impermeabilização, no caso três, apontaram problemas que já são de conhecimento da maioria das empresas construtoras e que poderiam ter sido evitados. Projetos bem detalhados, com medidas claras, especificações de materiais e de garantia do fabricante, obedecendo as

exigências de normas garantem que o processo construtivo seja eficaz e evite problemas e transtornos.

Por fim, um último aspecto foi observado como causa para infiltração na fachada: a falta de manutenção. Todos os materiais que compõem a fachada requerem manutenção em determinado tempo, visto que a degradação é impreterível. Alguns materiais requerem tempos diferentes dos outros para manutenção, como por exemplo, a pintura ou materiais como o poliuretano (PU) e o selante, apresentados no caso um e dois, cuja vida útil apresenta um tempo relativamente curto e requerem maior atenção. Não atentar para manutenções podem gerar problemas e falhas dos materiais que compõe a fachada, pois essas estão expostas a ações como vento, chuva e sol, sendo o desgaste, inevitável. Portanto o condomínio ou o responsável pela edificação deve estar ciente do momento para a manutenção de cada material, permitindo que ele continue funcionando corretamente, prevenindo, também, contra problemas como infiltração de água em fachadas.

A amostra deste trabalho permitiu a coleta de dados de três empreendimentos na cidade de Porto Alegre, portanto os resultados demonstram uma porção pequena dentro do que podemos encontrar na totalidade. Apesar disso, os dados se apresentaram fiéis à literatura que descreve problemas recorrentes e que, infelizmente, ainda persistem em aparecer. Portanto o processo de aprendizagem tem que ser constante para que estes problemas não voltem a ocorrer, priorizando sempre a prevenção para que não venham a causar custos extras e transtornos. Muitas vezes, em empresas grandes ou pequenas, o acerto e a consolidação do produto só aparecem depois de um longo caminho de aprendizado devido, também, a erros cometidos e devidamente reparados. Assim, estar a par das pesquisas, das normas e de novas tecnologias trazem vantagens aos que buscam o crescimento da empresa e a consolidação dela no mercado que se mostra cada vez mais competitivo e exigente.

REFERÊNCIAS

- AS CAUSAS de fissuras. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano 6, n.36, Setembro (1998). Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/36/artigo287160-1.aspx>>. Acesso em: 15 nov, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575-5**: edifícios habitacionais até 5 pavimentos - desempenho - parte 5: requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- _____. **NBR 9575**: impermeabilização - seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **NBR 15.575-4**: edifícios habitacionais até 5 pavimentos - desempenho - parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 13.245**: tintas para construção civil - execução de pinturas em edificações não industriais - preparação da superfície. Rio de Janeiro, 2011.
- _____. **NBR 10.821**: esquadrias para edificações. Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 10.821-2**: esquadrias para edificações - parte 2: esquadrias externas - requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2017.
- _____. **NBR 8214**: assentamento de azulejos. Rio de Janeiro, 1983.
- BAUER, E. **Resistencia a penetração de chuva em fachadas de alvenaria de materiais cerâmicos: uma análise de desempenho**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 1987.
- BAUER, L. A. F.; **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1992, 2-v.
- BELTRAME, F. R.; LOH, K. Aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas. **Recomendações Técnicas Habitare**, v.5, Porto Alegre: ANTAC, 2009.
- BONIN, L. C.; Manuais de referência técnica. In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONTRUÇÃO CIVIL. Gestão e tecnologia, 2.1993. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Curso de pós-graduação em engenharia Civil, NORIE, UFRGS, 1993.
- CARDOSO, F. F.; Cobertura em telhados. **Notas de aula**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Construção Civil - PCC 436 – Tecnologia da Construção de Edifícios II, São Paulo, 2000.
- CBIC/SENAI; **Esquadrias para edificações, desempenho e aplicações: orientações para especificação, aquisição, instalação e manutenção**. – Brasília, 2017. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=krvwyr2LCMI>>. Acesso em: 15 nov, 2017, p.16.

COSTA, W. A.; Proteção de lajes contra infiltração. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano.12, n.84, Março (2004). Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/84/artigo287309-1.aspx>>. Acesso em: 15 nov, 2017.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassas de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2000.

IAU-USP; **Juntas de movimentação**. Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.iau.usp.br/pesquisa/grupos/arqtema/guiaceramica-completo/02/content/020602_juntas_movimentacao.htm#>. Acesso em: 9 mai, 2018.

IIZUKA, M. T. **Instalação de esquadrias de alumínio: prática e inovação**. Dissertação (Mestrado Profissional em Habitação) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, São Paulo, 2001.

JUNIOR, C. M. M.; **Influência da chuva dirigida e dos detalhes arquitetônicos na durabilidade de revestimentos de fachada**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Geotecnia, UFG. Goiânia, 2010.

LUDUVICO, T. S.; **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede**. . Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia Civil, UFSM. Santa Maria, 2016.

MUSTELIER N. L. **Avaliação de desempenho de blocos e argamassas com cinzas de carvão mineral incorporada para aproveitamento em conjuntos habitacionais**. Dissertação de mestrado. Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. p32.

NICHELE, B. P.; **Alvenaria estrutural de blocos cerâmicos: controle na execução para evitar manifestações patológicas**. Dissertação de diplomação de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

OLIVEIRA, C. S. P. ; **Sistemas de impermeabilização - 1ª parte. Notas de aula**. Apostila de aula - edificações II. Faculdade de Engenharia Civil. UFRGS, Porto Alegre, set. 2015

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, T. M.; FILHO C. V. M. Estaqueidade de fachadas à água de chuva. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano.14, n.106, Janeiro (2006). Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/106/artigo287060-1.aspx>>. Acesso em: 15 nov, 2017.

PEREZ, A. R. Umidade nas edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas. **Tecnologia de edificações**. São Paulo: PINI/IPT, 1988. p 571-578

POYASTRO, P. C. . **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2011.

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções - análise de casos.** Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação de Engenharia Civil, UFSM. Santa Maria, 2009.

RODRIGUES, A. H.; **Estanqueidade de alvenaria revestida com diferentes argamassas e acabamentos:** aplicação da NBR 15575-4/2008. Dissertação de diplomação de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

ROSCOE, M. T. **Patologias em revestimento cerâmico de fachada.** Curso de especialização em construção civil, UFMG. Belo Horizonte, 2008.

SILVA, J. P.; **Processo de instalação de esquadrias de PVC:** Medidas para prevenção dos casos de infiltração de água devido as falhas no processo de instalação. Dissertação de diplomação de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2014.

SILVA, M. D. F.; **SEMINÁRIO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS PAULUZZI. 2015.** Disponível em: <
<https://www.youtube.com/watch?v=krvwyr2LCMI>>. Acesso em: 15 nov, 2017. Não paginado.

SOUZA, M. F.; **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** Monografia de especialização em Construção Civil, UFMG, Belo Horizonte, 2008.

TAHA, C. S.; Fissuras em fachadas. **Revista Construção Mercado Negócios de incorporação e Construção**, São Paulo: PINI, ano.16, nº126, Abril (2012). Disponível em: <
<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/129/fissuras-em-fachadas-os-problemas-de-fissuras-em-fachadas-299128-1.aspx>>. Acesso em: 09 abr, 2018.

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