

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

Juliana Pereira da Silva

**PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE PVC:
MEDIDAS PARA A PREVENÇÃO DOS CASOS DE
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DEVIDO ÀS FALHAS NO
PROCESSO DE INSTALAÇÃO**

Porto Alegre
dezembro 2014

JULIANA PEREIRA DA SILVA

**PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE PVC:
MEDIDAS PARA A PREVENÇÃO DOS CASOS DE
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DEVIDO ÀS FALHAS NO
PROCESSO DE INSTALAÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento 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

Orientador: Ruy Alberto Cremonini

Porto Alegre
dezembro 2014

JULIANA PEREIRA DA SILVA

**PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE PVC:
MEDIDAS PARA A PREVENÇÃO DOS CASOS DE
INFILTRAÇÃO DE ÁGUA DEVIDO ÀS FALHAS NO
PROCESSO DE INSTALAÇÃO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2014

Prof. Ruy Alberto Cremonini
Dr. pela Universidade de São Paulo
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Dra. pelo PPGA/UFRGS
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

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

Prof. Ruy Alberto Cremonini (UFRGS)
Dr. pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a meus pais, Jairo e Neiva, e minhas irmãs, Marcia e Cristiana, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Ruy Alberto Cremonini, orientador deste trabalho, pela atenção, disponibilidade, dedicação e conhecimentos compartilhados durante a realização deste trabalho.

Agradeço à Prof. Carin Maria Schmitt, pela sua paciência e dedicação ao transmitir seus conhecimentos, tornando possível este trabalho.

Agradeço aos meus pais, Jairo e Neiva, e às minhas irmãs, Marcia e Cristiana, pelo incentivo, carinho e todo esforço que sempre fizeram para que eu alcançasse meus objetivos, além da compreensão durante a realização deste trabalho.

Agradeço ao meu cunhado e amigo, Pedro Barcellos, por estar sempre disposto a me ajudar.

Agradeço à Arq. Karine Hoffmann, por entender minhas ausências do trabalho durante boa parte do período de meu Curso de Graduação, pelos conhecimentos compartilhados, pela confiança, carinho e, principalmente, pelo incentivo que sempre me deu.

Agradeço às minhas queridas amigas, Virgínia Taffarel e Diéssica Baldo, que me acompanharam durante toda a realização deste trabalho, sempre dispostas a me ajudar.

Agradeço à amiga e colega de trabalho, Aline Lima, pelo apoio e por diversas vezes cobrir minhas ausências no trabalho.

Agradeço aos colegas e grandes amigos, Lucas Zito e Anderson Bortolini, companheiros ao longo de todo período do meu Curso de Graduação, pela amizade e bons momentos compartilhados.

Agradeço à Eng. Eunice Merlotti e ao Arq. Ramiro Lubisco, pela indicação do tema, disponibilidade e por compartilharem comigo suas experiências e conhecimentos durante a realização deste trabalho.

Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

Leonardo da Vinci

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo realizado com o objetivo de destacar as principais falhas que podem afetar a estanqueidade de esquadrias de PVC, observadas durante a execução dos vãos e na instalação das mesmas, além de definir as medidas que podem ser tomadas para prevenir os casos de infiltração de água nessas. Os cuidados durante o processo de instalação são importantes para que estas esquadrias apresentem um satisfatório atendimento ao requisito estanqueidade, conforme previsto na NBR 15575/2013 e na NBR 10821/2011. Este tipo de esquadria passou a ser empregado nos empreendimentos da Construtora foco deste estudo devido à elevada incidência de problemas de infiltração de água que vinham sendo constatados em esquadrias de alumínio. Acreditava-se que, por possuir algumas características especiais e bons índices de desempenho, a utilização das esquadrias de PVC reduziria os números daquele tipo de manifestação patológica. Porém, esta expectativa não se confirmou, sendo ainda recorrentes os casos de infiltração de água nestas, causados principalmente por falhas durante os processos construtivos nas obras. Através do acompanhamento, *in loco*, de todo processo que resulta na instalação de esquadrias de PVC, foi possível observar diversas falhas durante as etapas de marcação e ajuste de medidas dos vãos, revestimento destes e instalação das esquadrias. O acompanhamento de desempenho das esquadrias em três dias chuvosos comprovou que algumas falhas observadas anteriormente, durante os processos construtivos, afetaram diretamente a estanqueidade da interface das esquadrias de PVC com o vão onde foram instaladas. Desta forma, foi possível concluir que a grande incidência desta manifestação patológica se deve à falta de conferência e controle dos processos construtivos durante a execução. Como forma de prevenir este problema em obras futuras, podem ser adotadas algumas técnicas construtivas diferentes das utilizadas na obra em estudo, como, por exemplo, a modulação da alvenaria e a utilização de contramarco ou gabarito. Além disso, é necessário que seja feita uma etapa de conscientização da equipe responsável pela execução, para que se adote pela mesma um controle e acompanhamento mais rigoroso do processo, pois isto é fundamental para o bom desempenho das esquadrias de PVC.

Palavras-chave: Estanqueidade. Esquadrias de PVC. Infiltração de Água.
Processos Construtivos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do trabalho	20
Figura 2 – Condições de exposição ao vento conforme as regiões brasileiras	25
Figura 3 – Detalhe do peitoril	29
Figura 4 – Processo de produção do composto de PVC	37
Figura 5 – Corte de uma esquadria de PVC	41
Figura 6 – Vista de uma parede com modulação de blocos inicialmente prevista	57
Figura 7 – Detalhe do avanço lateral da contraverga	58
Figura 8 – Vista externa: detalhe do ressalto na contraverga	58
Figura 9 – Utilização de formas de madeira para requadro dos vãos	59
Figura 10 – Espessuras verificadas para requadros de argamassa dos vãos	60
Figura 11 – Ilustração do requadro do vão	60
Figura 12 – Espessura de requadro acima do máximo recomendado	61
Figura 13 – Descolamento do revestimento de argamassa no vão	61
Figura 14 – Fissuras no canto inferior do vão	61
Figura 15 – Análise da folga lateral para instalação das esquadrias na torre 1	64
Figura 16 – Análise da folga lateral para instalação das esquadrias na torre 3	64
Figura 17 – Levantamento <i>in loco</i> das folgas laterais dos vãos na torre 1	66
Figura 18 – Distribuição das folgas laterais levantadas na torre 1	67
Figura 19 – Levantamento <i>in loco</i> das folgas laterais dos vãos na torre 3	68
Figura 20 – Distribuição das folgas laterais levantadas na torre 3	69
Figura 21 – Análise da folga na altura para instalação das esquadrias na torre 1	70
Figura 22 – Análise da folga na altura para instalação das esquadrias na torre 3	70
Figura 23 – Levantamento <i>in loco</i> das folgas na altura dos vãos na torre 1	72
Figura 24 – Distribuição das folgas de altura levantadas na torre 1	73
Figura 25 – Levantamento <i>in loco</i> das folgas na altura dos vãos na torre 3	74
Figura 26 – Distribuição das folgas de altura levantadas na torre 3	75
Figura 27 – Detalhe do encaixe para avanço lateral do peitoril	76
Figura 28 – Detalhe avanço lateral e ressalto do plano da fachada	76
Figura 29 – Verificação do caimento dos peitoris	76
Figura 30 – Fissura no canto inferior do vão	77
Figura 31 – Fissura no canto inferior do vão	77
Figura 32 – Preenchimento do peitoril com argamassa	78

Figura 33 – Preenchimento do peitoril com medida superior ao perfil da esquadria	78
Figura 34 – Posicionamento da esquadria de PVC no vão	79
Figura 35 – Parafuso utilizado para fixação das esquadrias	80
Figura 36 – Descolamento do revestimento de argamassa próximo ao ponto de fixação lateral	81
Figura 37 – Fissura próxima ao ponto de fixação lateral	81
Figura 38 – Perfil de arremate externo	81
Figura 39 – Vista externa da esquadria antes e depois da colocação do perfil adaptado de arremate	82
Figura 40 – Esquadria não instalada sobre o peitoril de granito	82
Figura 41 – Infiltração na região central inferior da esquadria	83
Figura 42 – Infiltração pelas folgas laterais e inferiores do vão	84
Figura 43 – Infiltração através de falha na vedação do encontro de peitoris	84
Figura 44 – Infiltração por falta de arremate de vedação e folga inferior do vão	84
Figura 45 – Infiltração através de falha na vedação do peitoril	85
Figura 46 – Infiltração no canto de esquadria com folga	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos conforme NBR 13749	27
Quadro 2 – Níveis de desempenho da esquadria quanto ao seu uso	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Condições de ensaio de estanqueidade à água de sistemas de vedações verticais externas	24
Tabela 2 – Estanqueidade à água de vedações verticais externas (fachadas) e esquadrias	25
Tabela 3 – Valores de pressão de vento conforme região do país e o número de pavimentos da edificação	31
Tabela 4 – Dimensões e tolerâncias dos vãos em relação à largura	49
Tabela 5 – Dimensões e tolerâncias dos vãos em relação à altura	49
Tabela 6 – Quantidade recomendada de parafusos para fixação da esquadria	51

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ISO – International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização)

NBR – Norma Brasileira

PVC – Policloreto de vinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	18
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	18
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA	18
2.2.1 Objetivo principal	18
2.2.2 Objetivos secundários	18
2.3 PRESSUPOSTO	18
2.4 PREMISSE	19
2.5 DELIMITAÇÕES	19
2.6 LIMITAÇÕES	19
2.7 DELINEAMENTO	19
3 ESTANQUEIDADE	23
3.1 REQUISITO DE DESEMPENHO	23
3.2 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNO	26
3.2.1 Revestimento de argamassa externa	26
3.2.2 Detalhes construtivos em fachadas	28
3.2.3 Esquadrias externas	29
3.2.4 Juntas e materiais de vedação	33
4 ESQUADRIAS EXTERNAS DE PVC	36
4.1 O PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA PRODUÇÃO	36
4.2 AS ESQUADRIAS DE PVC NO MERCADO	39
4.3 CARACTERÍSTICAS DAS ESQUADRIAS DE PVC	40
4.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	41
4.4.1 Fabricação dos perfis	41
4.4.2 Montagem das esquadrias	43
4.4.3 Componentes das esquadrias	44
4.4.4 Vidros	45
4.4.5 Armazenamento, transporte e manutenção	45
4.5 VINCULAÇÃO DOS VÃOS E ESQUADRIAS	46
4.5.1 Execução dos vãos	46
4.5.2 Instalação das esquadrias	49
4.5.3 Manifestações patológicas	53

5 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE PVC EM UMA OBRA EM PORTO ALEGRE.....	55
5.1 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM ESQUADRIAS	55
5.2 APRESENTAÇÃO DA OBRA EM ESTUDO	56
5.3 ACOMPANHAMENTO <i>IN LOCO</i> DO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS	56
5.3.1 Marcação do vão e requadro com argamassa de revestimento	57
5.3.2 Acabamento e dimensões finais do vão para instalação da esquadria	62
5.3.2.1 Largura dos vãos prontos	63
5.3.2.2 Altura dos vãos prontos	69
5.3.2.3 Condições dos peitoris	75
5.3.3 Instalação das esquadrias	78
5.3.4 Análise da estanqueidade à água das esquadrias	83
6 CONCLUSÕES	86
REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

O elevado crescimento observado nos últimos anos na construção civil resultou em uma alta competitividade no mercado imobiliário, fazendo com que as empresas construtoras passassem a adotar diferentes tipos de materiais e técnicas de execução que permitissem a redução de custos e o aumento da produtividade. Porém, devido à falta de mão de obra especializada e a prazos cada vez mais reduzidos para execução dos serviços, mesmo que a empresa possua um procedimento padronizado para execução, pode ocorrer desse não ser devidamente controlado e cumprido pela equipe de produção no canteiro de obra. Como consequência, ocorre a perda da qualidade do produto final, além de causar transtorno aos usuários.

Para se destacar neste mercado altamente competitivo e cada vez mais exigente, as empresas devem garantir a satisfação dos clientes através da qualidade dos insumos utilizados e também da qualidade na execução dos serviços. Para que isso seja alcançado, é preciso buscar a melhoria contínua dos processos construtivos, de forma que se consiga aliar a redução de custos e de tempo, eliminando ou reduzindo, paralelamente, os problemas recorrentes que afetam a satisfação dos usuários e a imagem da empresa.

De acordo com a NBR ISO 9000 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. V), que define os fundamentos de um sistema de gestão da qualidade, os seguintes princípios:

[...] podem ser usados pela Alta Direção para conduzir a organização à melhoria do seu desempenho:

- a) foco no cliente: organizações dependem de seus clientes e, portanto, convém que entendam as necessidades atuais e futuras do cliente, os seus requisitos e procurem exceder as suas expectativas;
- b) liderança [...];
- c) envolvimento de pessoas [...];
- d) abordagem de processo [...];
- e) abordagem sistêmica para a gestão [...];
- f) melhoria contínua: convém que a melhoria contínua do desempenho global da organização seja seu objetivo permanente;

- g) abordagem factual para tomada de decisão: decisões eficazes são baseadas na análise de dados e informações;
- h) benefícios mútuos nas relações com os fornecedores [...].

Com base nestes princípios de gestão da qualidade, uma Construtora de Porto Alegre/RS possui um histórico dos defeitos apontados por clientes após a ocupação dos imóveis construídos pela mesma. Com a análise destes dados, levantados através da equipe de assistência técnica da empresa, foi possível observar um elevado número de ocorrências de casos de infiltração de água em esquadrias.

A NBR 15575-1 define que a estanqueidade é um dos requisitos dos usuários que deve ser atendido, e está relacionado à habitabilidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 11). Já a NBR 10821-2 define os níveis de desempenho das esquadrias quanto ao uso, sendo a estanqueidade um dos requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 8). Uma esquadria, para apresentar qualidade, deve atender às exigências citadas acima, além da permeabilidade ao ar, operações de manuseio, entre outras, não estando inseridas essas últimas no objeto deste trabalho.

De acordo com Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 14), “A estanqueidade à água de chuva é uma das propriedades ou requisitos mais difíceis de serem bem atendidos por uma janela [...]”, pois é influenciada, além do projeto de fachada e fabricação da esquadria, pelo processo de instalação e manutenção da mesma. Portanto, o controle de todo processo vinculado à instalação das esquadrias é de extrema importância, devendo ser acompanhado desde a preparação do vão até a instalação e vedação da esquadria para garantia de um bom desempenho.

As esquadrias de PVC apresentam diversas vantagens em relação às esquadrias fabricadas com outros materiais. Segundo Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 88), “Em quaisquer condições climáticas, e de oscilações de temperatura ou umidade, os perfis de PVC mantêm-se estáveis em suas dimensões, vedando e resistindo adequadamente a cargas extremas de vento e chuva.”. Outra vantagem dessas esquadrias está na forma como elas são produzidas. Por sua fabricação ser um processo altamente industrializado, é possível garantir às esquadrias precisões milimétricas, além da ligação dos perfis por meio de soldagem, eliminando o uso de cantoneiras, parafusos ou grampos.

Dessa maneira, devido à verificação da incidência significativa de problemas relacionados à estanqueidade à água em esquadrias de PVC na Construtora já citada, e havendo o interesse desta pela redução e prevenção de tal manifestação patológica, este trabalho foi desenvolvido. O mesmo visa à identificação das falhas que eventualmente podem estar ocorrendo durante todo o processo que resulta na instalação das esquadrias, sendo assim possível propor algumas medidas que podem ser tomadas para a redução destes casos.

O presente trabalho está dividido em seis capítulos. No primeiro capítulo é feita uma breve apresentação do tema e uma justificativa pela sua escolha. Já no segundo são apresentadas as diretrizes do trabalho, sendo descritos a questão, os objetivos, o pressuposto, a premissa, as delimitações, as limitações e o delineamento.

O terceiro capítulo foi elaborado com base na revisão bibliográfica, abordando os principais aspectos e definições para o atendimento do requisito estanqueidade nas edificações. As principais recomendações e exigências destacadas ao longo do texto estão baseadas na NBR 15575-4, que trata do desempenho dos sistemas de vedação vertical externa, nos quais se enquadram as esquadrias. Também é abordado neste capítulo a NBR 10821, que trata das exigências e definições relacionadas às esquadrias externas de uma edificação, sendo a estanqueidade um dos seus requisitos a serem atendidos. No último item ainda são destacados o sistema de juntas e os materiais de vedação, sendo estes sempre um ponto crítico quando se trata de estanqueidade.

No quarto capítulo, também fruto da revisão bibliográfica, o tema principal é as esquadrias externas de PVC. Inicialmente são abordados a importância do PVC na construção civil e sua forma de produção, além da sua situação neste mercado. Nos itens seguintes são descritas as principais características do material e suas vantagens de aplicação. As etapas de produção dos perfis até a montagem das esquadrias de PVC, as recomendações para transporte, armazenamento e manutenção também são abordadas neste capítulo. Por fim estão as formas de vinculação entre a alvenaria e a esquadria, sendo descritos os cuidados a serem observados durante a execução dos vãos e a instalação das esquadrias, além das principais manifestações patológicas que podem ocorrer devido às falhas construtivas durante o processo.

O quinto capítulo descreve o acompanhamento *in loco* do processo de instalação de esquadrias de PVC. É iniciado com uma breve apresentação da obra na qual se desenvolveu este estudo, além da apresentação do histórico de ocorrência de casos de infiltração de água em esquadrias

da Construtora. Em seguida descreve-se as etapas de acompanhamento do processo em estudo, sendo apresentados os dados e observações levantados na obra. O processo foi dividido em três etapas, sendo elas a marcação e ajuste de dimensões dos vãos, o acabamento final do vão e a instalação da esquadria. Por fim, foi acompanhado o desempenho de algumas esquadrias em dias chuvosos.

O sexto e último capítulo, traz as conclusões deste trabalho. Além de retomar alguns assuntos discutidos nos capítulos anteriores, descreve uma análise das principais dificuldades observadas durante as etapas construtivas acompanhadas. Por fim, são apontadas algumas medidas que podem ser adotadas para a melhoria da qualidade final do serviço e, conseqüentemente, a prevenção de casos de infiltração de água nessas esquadrias em futuras obras da Construtora.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

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

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: frente às falhas no processo de instalação de esquadrias de PVC detectadas, quais seriam as possíveis medidas a serem adotadas para reduzir os problemas de infiltração de água nas mesmas?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a elaboração de medidas que podem ser tomadas para a redução da ocorrência dos casos de infiltração de água em esquadrias de PVC.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) descrição das falhas observadas desde a execução da alvenaria até o preparo do vão para receber a esquadria que podem vir a ocasionar infiltração de água pelas mesmas;
- b) descrição das falhas observadas durante a instalação de esquadrias de PVC;

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a esquadria é considerada estanque quando atende aos níveis de desempenho estabelecidos na Norma NBR 10821-2.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa a grande frequência com que se observam problemas de estanqueidade na interface entre alvenaria e esquadria na Construtora em questão, gerando sérios transtornos aos usuários da edificação, levando a necessidade do estudo da sua origem.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao acompanhamento do processo de preparação do vão e de instalação de esquadrias de PVC de uma obra residencial em uma construtora situada na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) análise da instalação de esquadrias em três torres residenciais, observando-se o procedimento em três fases distintas;
- b) apenas esquadrias externas.

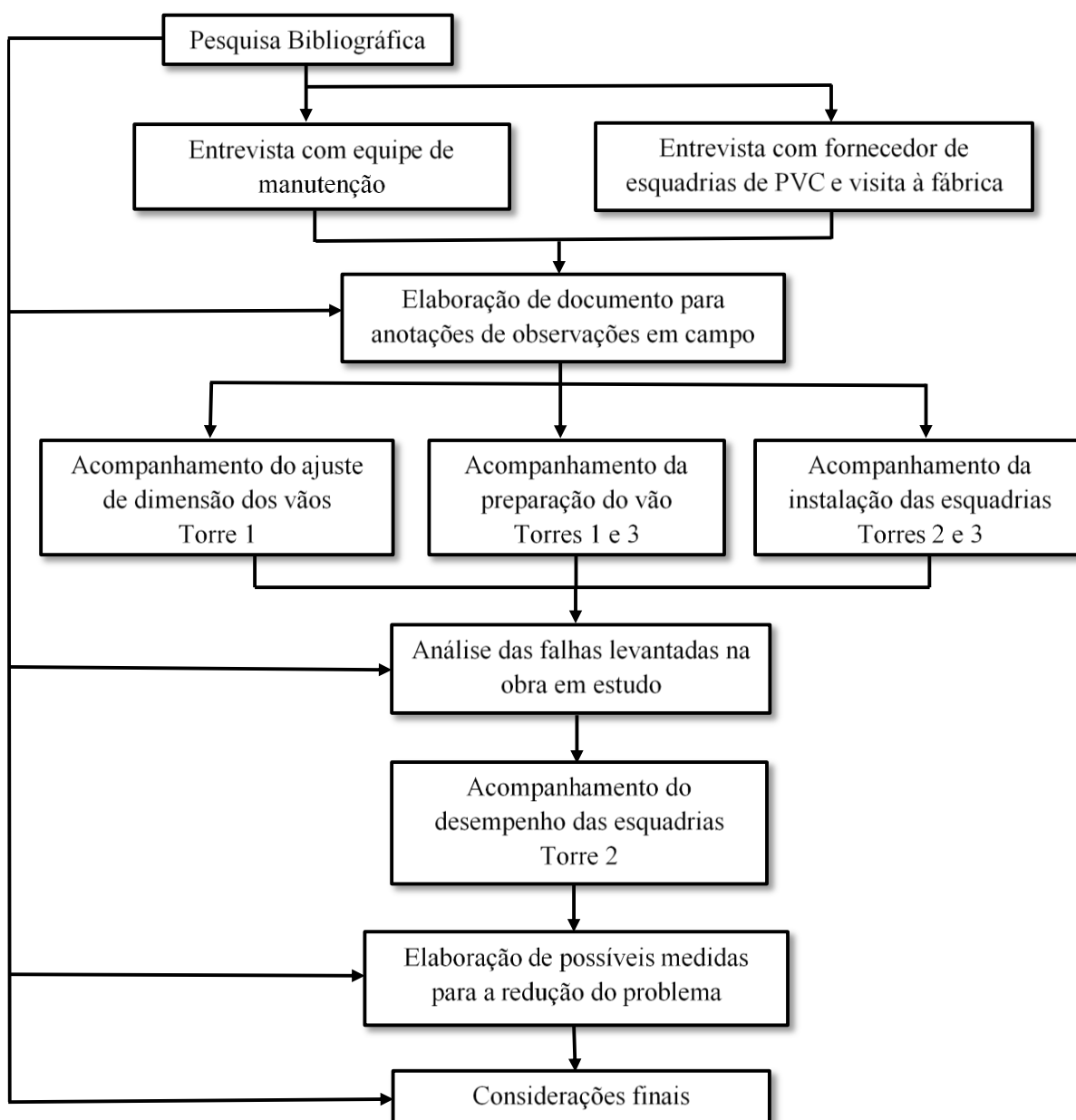
2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) entrevista com a equipe de manutenção da empresa;
- c) entrevista com o fornecedor de esquadrias de PVC e visita à fábrica dessas;
- d) elaboração de documento para anotações de observações em campo;
- e) acompanhamento do ajuste de dimensões dos vãos, na torre 1;
- f) acompanhamento da preparação dos vãos que recebem as esquadrias, nas torres 1 e 3;
- g) acompanhamento da instalação das esquadrias, nas torres 2 e 3;
- h) análise das falhas levantadas ao longo do processo na obra em estudo;
- i) acompanhamento do desempenho das esquadrias instaladas, na torre 2;

- j) elaboração das possíveis medidas para a redução da ocorrência do problema;
l) considerações finais.

Figura 1 – Etapas do trabalho



(fonte: elaborado pela autora)

O trabalho iniciou pela pesquisa bibliográfica, que se estendeu até a sua conclusão. Através dela, foi possível obter um maior conhecimento teórico sobre o assunto proposto, permitindo confrontar as situações descritas com o processo acompanhado em campo. Além da análise das Normas NBR 10821-2 e NBR 15575-4, que especificam, respectivamente, os requisitos a serem

atendidos para garantia de qualidade de uma esquadria e os requisitos de desempenho exigidos pelos usuários em edificações habitacionais, foram levantadas informações técnicas sobre o processo de instalação de esquadrias de PVC e os requisitos necessários para a garantia de um vão adequado para receber essa esquadria.

Em seguida, através de entrevistas com a equipe de assistência técnica, foi possível fazer uma análise geral sobre os principais pontos observados com relação às ocorrências de infiltração de água em esquadrias, levantados em outras obras finalizadas pela empresa. Também foi realizada uma entrevista com o fabricante das esquadrias de PVC da obra em estudo, além de uma visita à fábrica dessas, situada na cidade de Eldorado do Sul/RS, sendo possível a obtenção de informações sobre o produto que seria instalado e as principais recomendações para o seu bom desempenho. Com estas informações, junto das obtidas na pesquisa bibliográfica, foram elaborados os instrumentos utilizados para fazer anotações das principais observações durante o acompanhamento em obra.

A quarta etapa foi o acompanhamento, *in loco*, de todo processo que resultou na instalação das esquadrias externas de PVC. Esta etapa foi dividida em três fases distintas, ou seja, o acompanhamento:

- a) do ajuste de dimensão dos vãos, realizado na torre 1. Nesta fase, foram levantadas as medidas do vão após a elevação da alvenaria e as espessuras de requadro, realizado com argamassa de revestimento externo. A finalidade dessa etapa foi observar o controle dimensional dos vãos;
- b) da preparação do vão, que é a fase anterior à instalação da esquadria, a qual garante o acabamento final do vão e a verificação das condições exigidas para a instalação da mesma, que foi verificada nas torres 1 e 3;
- c) da instalação das esquadrias, sendo esta a fase final, analisada nas torres 2 e 3.

Após, iniciou-se a análise das falhas identificadas durante todo o processo, além da realização do acompanhamento do desempenho quanto ao atendimento à estanqueidade das esquadrias instaladas na torre 2.

Após a análise das falhas e o acompanhamento de desempenho, foi possível a elaboração das medidas que podem ser adotadas visando à redução do número de ocorrências de infiltração de água pela interface entre alvenaria e esquadrias de PVC.

As considerações finais marcaram a conclusão deste trabalho, onde foi realizada uma avaliação para verificar se os objetivos propostos foram alcançados e de que forma as medidas propostas podem ser implantadas para melhorar a qualidade do processo em questão.

3 ESTANQUEIDADE

Segundo Moura e Yoshioka (2009, p. 56), “A estanqueidade à água dos ambientes é um requisito fundamental quando se tratam de conforto, salubridade e durabilidade nas edificações.”. A presença de umidade nas habitações, muitas vezes, afeta as condições de saúde e de higiene dos usuários, causando doenças respiratórias, formação de fungos, entre outros, além de ter forte influência na durabilidade das construções (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 177). Portanto, o atendimento deste requisito é de extrema importância quando se busca a satisfação dos usuários e a qualidade do produto em edificações habitacionais.

Neste capítulo são abordados os principais aspectos e definições que devem ser observados para atendimento do requisito estanqueidade, conforme exigências da NBR 15575 e NBR 10821. Além da definição deste requisito, são destacados também a importância do bom desempenho de cada subsistema de vedação externa, através das recomendações para a execução do revestimento dos vãos, adoção de detalhes construtivos e especificações do sistema de juntas e materiais de vedação.

3.1 REQUISITO DE DESEMPENHO

A estanqueidade à água é um dos requisitos do usuário relacionado à habitabilidade, exigidos pela norma NBR 15575-1, que avalia o desempenho dos sistemas construtivos. Este, se atendido em paralelo a outros requisitos e critérios definidos nesta norma, garante o conforto, salubridade e durabilidade da edificação, que são as principais exigências dos usuários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 11).

A água é considerada um agente agressivo, que é capaz de acelerar os mecanismos de deterioração de alguns elementos dos edifícios. Sua presença, em algumas situações, pode causar transtornos relacionados à habitabilidade da edificação e a higiene aos usuários. Portanto é importante que seja dada atenção a este fator já durante a fase de projeto de uma fachada, de modo a evitar que ocorram manifestações patológicas relacionadas a ele (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013a, p. 20).

Moura e Yoshioka (2009, p. 56) definem duas formas de combater problemas de estanqueidade durante a etapa de projeto:

A primeira é evitar o contato direto dos vãos com a chuva, por meio de soluções arquitetônicas e construtivas como beirais, pingadeiras e recuos dos vãos em relação aos planos das elevações. A segunda forma de buscar a estanqueidade é, havendo contato dos vãos com a água de chuva, impedir que esta penetre nos ambientes.

De acordo com a norma NBR 15575-4, a seguinte premissa deve ser considerada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 25):

O projeto deve indicar os detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes, a fim de facilitar o escoamento da água e evitar a sua penetração para o interior da edificação. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações a que os componentes da vedação externa estarão sujeitos durante a vida útil de projeto da edificação habitacional.

Levando-se em consideração a ação do vento e a água da chuva, a NBR 15575-4 define o seguinte critério para o atendimento ao requisito de estanqueidade em uma fachada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 22):

Para as condições de exposição indicadas na Tabela [...] [1], e conforme as regiões de exposição ao vento indicadas na Figura [...] [2], 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, escorrimentos ou formação de gotas de água aderentes na face interna, podendo ocorrer pequenas manchas de umidade, com áreas limitadas aos valores indicados na Tabela [...] [2].

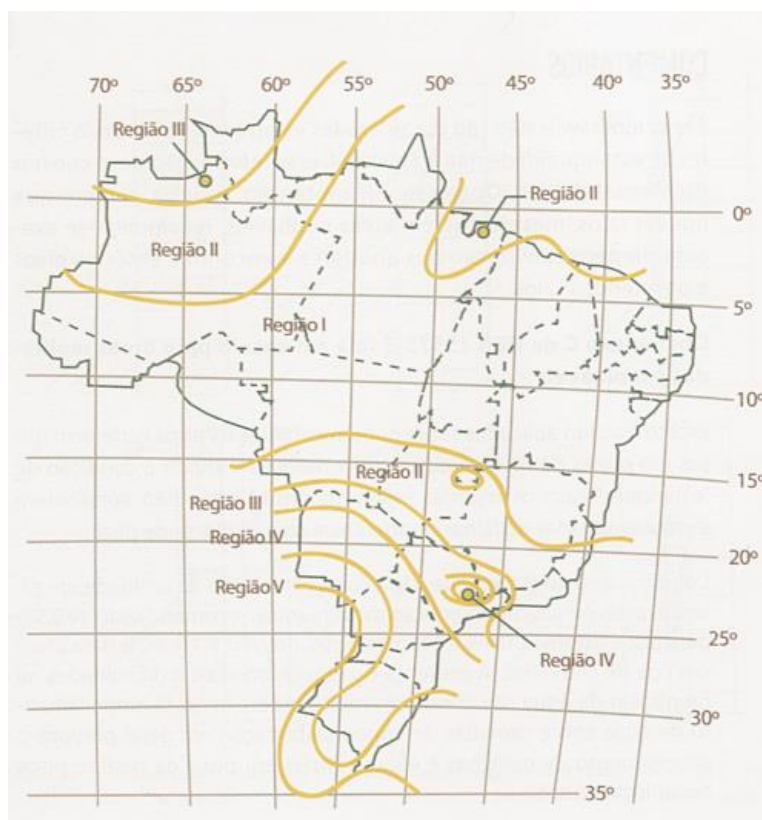
Para esquadrias externas, devem ser atendidas as especificações constantes na ABNT NBR 10821-2.

Tabela 1– 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/min/m ²)
I	10	3
II	20	
III	30	
IV	40	
V	50	

(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 23)

Figura 2 – Condições de exposição ao vento conforme as regiões brasileiras



(fonte: CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 182)

Tabela 2 – 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 (somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	10
Com mais de um pavimento (somente a parede, seja com ou sem função estrutural)	7	5
Esquadrias	Devem atender à ABNT NBR 10821-2	

(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. 23)

Conforme pode-se observar na figura 2, a qual define as condições de exposição ao vento para as diferentes regiões do Brasil, a cidade de Porto Alegre, situada no estado do Rio Grande do Sul, se encontra na região V, sendo esta a região que possui as maiores velocidades básicas de

vento do País. Portanto, os elementos de vedação externa a serem utilizados nesta região devem ser ensaiados para verificação do atendimento à estanqueidade considerando-se uma pressão estática elevada, de 50 Pascal, e uma vazão de água que é a mesma para todas as regiões, no valor de 3 L/min/m². Já as esquadrias devem ser ensaiadas conforme as recomendações da NBR 10821-2, sendo essas descritas no item 3.2.3 deste trabalho.

3.2 SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EXTERNA

Segundo a NBR 15575-4, uma das principais funções do sistema de vedação é garantir a estanqueidade à água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013b, p. xi). Sendo a fachada de uma edificação composta basicamente por alvenaria (ou estrutura) revestida com argamassa e esquadrias, os quais podem ser considerados como um sistema de vedação, é importante o bom desempenho particular de cada um desses subsistemas, além do desempenho da interface entre os dois (LUCINI, 2001, p. 55). Além da descrição de cada subsistema nos itens a seguir, também é dado destaque para os detalhes construtivos, que são itens importantes para garantir a estanqueidade, e para as juntas de vedação que se encontram na própria esquadria ou na interface entre alvenaria e esquadria.

3.2.1 Revestimento de argamassa externa

O desempenho de uma edificação é altamente influenciado pelo tipo de material empregado na sua construção e pela qualidade durante a execução dos serviços. A adequada aplicação do revestimento externo de um prédio, evita diversas manifestações patológicas que podem vir a comprometer não só a segurança do usuário, como também o seu conforto, além de gerar altos custos com manutenção.

Segundo Baía e Sabbatini (2008, p. 13), o revestimento de argamassa tem grande importância em uma edificação, sendo suas funções descritas a seguir:

- a) proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- b) auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções, como, por exemplo, o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- c) regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo de base regular e adequada ao recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final;

d) contribuir para a estética da fachada.

Os vãos de esquadrias que não utilizam contramarco, como no caso de esquadrias de PVC, devem ser regularizados com a mesma argamassa de revestimento externo, sendo, portanto, o desempenho destas fortemente ligado ao bom desempenho do revestimento do vão. Segundo Giribola (2014, p. 70), “Para tornar a fachada estanque, melhorar o conforto térmico e regularizar a base para acabamento, o revestimento em argamassa deve ser bem executado.”.

Um dos pontos mais preocupantes no que diz respeito a este revestimento está na formação de fissuras. Estas afetam diretamente à estanqueidade, pois constituem um fácil caminho para a percolação de água, além de comprometer a aderência, acabamento e durabilidade do revestimento. O aparecimento das fissuras está relacionado, principalmente, à retração na secagem do revestimento argamassado (BAÍA; SABATTINI, 2008, p. 19).

Com relação ao surgimento de fissuras, Baía e Sabbatini (2008, p. 25) destacam que:

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e permite a percolação da água tanto no estado líquido como no de vapor [...].

O revestimento deve ser estanque à água, impedindo a sua percolação. Mas deve ser permeável ao vapor para favorecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva, por exemplo) [...].

Quando existem fissuras no revestimento, o caminho para a percolação de água é direto até a base ficando, com isso, comprometida a estanqueidade da vedação.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008, p. 44), a norma NBR 13749¹ determina a espessura admissível para o revestimento de argamassa externo, conforme o quadro 1.

Quadro 1 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos conforme NBR 13749

Revestimento	Espessura (mm)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos	$e \leq 20$

(fonte: adaptado de BAÍA; SABBATINI, 2008, p. 44)

¹ Norma técnica sobre revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânica (especificação), do ano de 2013.

Baía e Sabbatini (2008, p. 44) alertam que, se as espessuras do revestimento forem maiores que as admissíveis, é necessária a adoção de cuidados especiais. Neste caso é importante utilizar soluções que garantam a aderência do revestimento. Ainda deve-se tomar cuidado na sua aplicação, sendo:

No caso de a espessura do revestimento estar em 3 e 5cm, a aplicação da argamassa deve ser feita em duas demãos, respeitando um intervalo de 16 horas entre elas, no mínimo. Se a espessura for de 5 a 8cm, a aplicação deve ser feita em três demãos, sendo as duas primeiras encasquilhadas [...].

A correta aplicação da argamassa, junto a outros cuidados como o preparo da base, definição do plano de revestimento, acabamento das camadas e a execução dos detalhes construtivos, contribui para o bom desempenho do sistema de vedação externa de uma edificação (BAÍA; SABBATINI, 2008, p. 60).

3.2.2 Detalhes construtivos em fachadas

É de extrema importância em um projeto de fachada a observação aos detalhes construtivos. Estes devem estar devidamente especificados, sendo que estão diretamente ligados ao bom desempenho do revestimento de externo (BAÍA; SABBATINI, 2008, p. 45) e de outros componentes de vedação, como, por exemplo, as esquadrias.

Entre esses detalhes, os peitoris merecem destaque especial neste trabalho, principalmente durante a sua execução, pois se sabe que se trata de um ponto crítico quando se fala de estanqueidade. A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 14) afirma que “Para minimizar os riscos de infiltração de água de chuva em uma janela deve-se controlar efetivamente os fluxos que se acumulam na superfície das fachadas, através de beirais, pingadeiras, ressaltos e outros detalhes construtivos.”.

De acordo com Baía e Sabbatini (2008, p. 49):

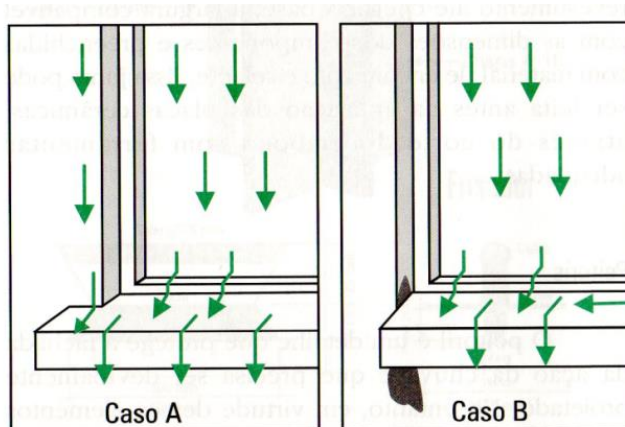
Recomenda-se que o peitoril avance na lateral para dentro da alvenaria, ressalte do plano da fachada, pelo menos 25mm, e apresente um canal na face inferior para descolamento da água, que é usualmente denominado pingadeira. O caimento do peitoril deve ser de 7%, no mínimo.

Ainda é recomendado o emprego de um peitoril pré-moldado ou de pedras naturais, com textura lisa, apresentando baixa permeabilidade à água.

O avanço do peitoril para dentro da alvenaria, ilustrado na Figura [...] [3] (caso A) evita que o fluxo de água se concentre nas laterais do peitoril, provocando o

surgimento de manchas de umidade e de sujeira na fachada, conforme ilustrado na mesma figura (caso B).

Figura 3 – Detalhe do peitoril



(fonte: BAÍA; SABBATINI, 2008, p. 50)

3.2.3 Esquadrias externas

A norma NBR 10821/2011 trata das exigências e definições relacionadas às esquadrias externas para edificações residenciais e comerciais. Esta norma está dividida em cinco partes, sendo as duas últimas ainda não publicadas até o término da redação deste trabalho:

- a) parte 1: Terminologia;
- b) parte 2: Requisitos e Classificação;
- c) parte 3: Métodos de Ensaio;
- d) parte 4: Requisitos de Desempenho Acústico;
- e) parte 5: Instalação e Manutenção.

Para que uma esquadria apresente qualidade ela deve atender aos requisitos exigidos pela NBR 10821-2 através dos níveis de desempenho desejados. Os requisitos devem ser atendidos para esquadrias de qualquer tipo de material, e estão ligados tanto à segurança quanto ao conforto do usuário. Os níveis de desempenho estão definidos no quadro 2. Os seguintes requisitos devem ser atendidos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 8):

- a) permeabilidade ao ar;
- b) estanqueidade à água;
- c) resistência às cargas uniformemente distribuídas;

- d) operações de manuseio;
- e) segurança nas operações de manuseio.

Quadro 2 – Níveis de desempenho da esquadria quanto ao seu uso

Ensaio	Desempenho		
	Mínimo (M)	Intermediário (I)	Superior (S)
Permeabilidade ao ar	Ver figura do Anexo B da Norma	Ver figura do Anexo B da Norma	Ver figura do Anexo B da Norma
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 a face externa.*	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 - Figura 2 e tabela 3		
Operações de manuseio	Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, com avaliação da deformação residual obtida		
Segurança nas operações de manuseio	Esforço aplicado conforme a ABNT NBR 10821-3, sem avaliação da deformação obtida, apenas da ruptura e queda de componentes da esquadria		
*O desempenho mínimo quanto à estanqueidade à água, é aceito para esquadrias instaladas em edificações até 05 pavimentos (15m).			

(fonte: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 8)

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 14), “A estanqueidade à água de chuva é uma das propriedades ou requisitos mais difíceis de serem bem atendidos por uma janela [...]”. Como define a norma NBR 10821-2, para que seja estanque à água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 11):

A janela não pode apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada, quando submetida à vazão mínima de água de 2 L/min por bico e às pressões de ensaio correspondentes às regiões do Brasil [...] [figura 2] onde é utilizada, conforme indicado na Tabela [...] [3].

Tabela 3 – 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: adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 7)

As esquadrias devem passar por ensaios de laboratório para verificação do atendimento aos requisitos e classificação com relação aos níveis de desempenho, de acordo com os requisitos exigidos pela NBR 10821-3. De acordo com a norma NBR 10821-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011b, p. 7), “O corpo de prova deve ser idêntico à esquadria avaliada e deve ser executado e instalado com os mesmos detalhes de projeto ou do manual do fabricante, componentes, selantes e outros dispositivos, conforme pedido de compra.”.

Os ensaios devem ser realizados com dois corpos de prova distintos, sendo o primeiro utilizado para verificação ao atendimento à permeabilidade ao ar, estanqueidade à água e resistência às cargas uniformemente distribuídas. O segundo corpo de prova verifica a resistência às operações de manuseio através de sequência definida pela NBR 10821-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011b, p. 15).

As pressões de vento para ensaio às quais uma esquadria é submetida variam de acordo com a sua classificação, seguindo o que define a norma NBR 10821-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 6):

Os requisitos de classificação das esquadrias instaladas na posição vertical, em edifícios de caráter residencial ou comercial, são no mínimo os estabelecidos para as cinco classes, em relação ao número de pavimentos e à altura da edificação. As pressões de ensaio a serem adotadas estão indicadas na Tabela [...] [3] e na Figura [...] [2], sendo sempre considerado o último pavimento da edificação onde as esquadrias estiverem instaladas, mantendo-se este valor para todos os pavimentos.

Segundo a Norma NBR 10821-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 3), é obrigação do fabricante fornecer ao cliente informações sobre o produto, por meio de catálogos, projetos, certificados, etiquetas fixadas nas esquadrias ou marcação indelével. Devem estar contidas, nestas informações, a identificação do fabricante, o número desta norma, a pressão máxima de carga de vento a qual a esquadria resiste, além da classificação e desempenho da mesma. O não atendimento a qualquer requisito de desempenho exigido pela NBR 10821-2 rejeita uma esquadria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 15).

A norma NBR 10821-3 destaca como resultados dos ensaios realizados em laboratório, além das pressões e vazões utilizadas no ensaio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011b, p. 9):

Registro de todos os vazamentos ocorridos na face interna do corpo de prova (PI e PE), com fotografias, assim como seu tempo de aparecimento durante o ensaio e localização e se ocorreu escoamento.

Classificação e atendimento à especificação do projeto da esquadria, conforme [...] ABNT NBR 10821-2.

O problema mais comum relacionado às esquadrias é a penetração de água. Segundo Yamamoto e Gonçalves (2006, p. 8), as principais falhas observadas a respeito da estanqueidade, na realização de ensaios, estão relacionadas “[...] ao sistema de drenagem (posicionamento de

orifícios para drenagem de água); sistema de vedação dos caixilhos, controle no processo de instalação, problemas de interpretação da norma [...]”.

3.2.4 Juntas e materiais de vedação

Um sistema de juntas é caracterizado por ser um dos pontos mais críticos quando se trata da estanqueidade à água, sendo que a ocorrência de diversas manifestações patológicas é causada por falhas de vedação nestas. Em uma edificação, pode-se citar, como um caso típico deste sistema, as esquadrias e sua interface com a alvenaria.

A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 134) cita quatro possibilidades de ocorrer infiltrações em 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.

Conforme a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 134), a infiltração de água pelas juntas é favorecida pela presença de água sobre a esquadria, existência de aberturas que permitam a sua penetração e pela atuação de forças para o transporte desta água. A força do vento é um exemplo de uma força inevitável, que muitas vezes atua fazendo com que a água da chuva se infiltre para o interior dos ambientes através das esquadrias. Além das questões de projeto, como o correto posicionamento das esquadrias na fachada e a adoção de detalhes construtivos já citados anteriormente, existem diversos tipos de materiais que permitem a vedação das juntas existentes tanto na esquadria, quanto na sua interface com a alvenaria.

As juntas podem ser divididas em cheias e abertas. As juntas cheias garantem o preenchimento completo dos vazios, com o propósito de garantir a estanqueidade, devendo ser preenchida com um material que tenha elasticidade compatível com as solicitações à que está submetida. Já as juntas abertas exercem função de drenagem, normalmente apresentando uma parte central vazia com uma espécie de labirinto para dificultar o caminhamento da água, que é comunicada ao

exterior através de drenos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 134-136).

Os principais materiais que compõe o sistema de vedação de uma esquadria são:

- a) selantes: utilizados em juntas cheias, principalmente na interface entre materiais diferentes;
- b) gaxetas e escovas: utilizadas para melhorar a estanqueidade e ao mesmo tempo permitir o deslizamento de folhas de uma esquadria. A norma NBR 15969-2/2011 define os requisitos que devem ser atendidos por escovas de vedação para esquadrias.

A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 137) define que:

Selante é uma composição elastomérica à base de materiais próprios para vedação [...]. A sua principal característica deve ser a capacidade de absorver movimentações, isto é, resistir aos movimentos normais, cíclicos, de alongamento e compressão de juntas, trabalhando em conjunto com os suportes, sem soltar-se. Normalmente são utilizados em juntas cheias.

Os selantes mais conhecidos no mercado são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 137):

- a) selantes butílicos: são amplamente utilizados em vidros duplos, pois apresentam boa vedação ao vapor d'água. Apresentam baixo custo, boa resistência e adesão. Porém por possuírem pouca elasticidade, tem tempo de vida útil limitado;
- b) selantes acrílicos: são à base de água. Resistem bem aos agentes climáticos e são de fácil aplicação, porém não apresentam resistência às variações de altas e baixas temperaturas, devendo-se evitar sua utilização em juntas com grandes dilatações;
- c) selante de polissulfeto: apresenta boa elasticidade e adesão, baixa permeabilidade a gases e umidade, porém baixa resistência aos raios ultravioletas;
- d) selante de poliuretano: resiste bem ao atrito e ao envelhecimento dependendo da sua exposição aos agentes climáticos, além de ter boa elasticidade. Não se deve utilizar para vedar vidros expostos ao sol;
- e) selantes de silicone: grande elasticidade, resistência ao envelhecimento e agentes climáticos, porém são mais caros que os demais.

Por apresentarem boa capacidade de movimentação e aderência ao suporte, os selantes são aplicados nas juntas de forma a garantir a estanqueidade das mesmas. Porém deve-se tomar atenção especial na sua especificação, pois o tipo utilizado deve estar de acordo com as

características de dilatação e contração dos materiais suportes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 138).

Para a vedação que ocorre nos cantos internos das esquadrias podem ser utilizados selantes butílicos, poliuretanos ou de silicone. Este tipo de vedação é de difícil identificação visual, porém garante a estanqueidade geral de uma esquadria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 144).

A vedação externa é feita na interface entre alvenaria e esquadria. Segundo Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 144):

Para impedir a água de penetrar entre o caixilho e a alvenaria, principalmente na instalação de janelas sem contramarcos, de qualquer tipo de material, seja PVC, alumínio ou madeira, os vãos têm sido preenchidos por selantes do tipo polissulfetos, poliuretanos ou silicones. O que se deve garantir é adesão com ou sem primer do selante escolhido sobre o concreto, cimento, tintas ou outros elementos encontrados nessas situações nas fachadas. Além disso, os selantes precisam ser elásticos o suficiente para absorver e acomodar as dilatações dos diversos materiais em contato.

As gaxetas e escovas, mais conhecidas como guarnições, são utilizadas para melhorar a estanqueidade à água e permitir a movimentação das folhas das esquadrias. As gaxetas podem ser de neoprene, PVC, EPDM, borracha termoplástica ou outros materiais, instaladas normalmente no perímetro das folhas móveis da esquadria e na vedação entre vidro e caixilho, substituindo, neste caso, a massa de vidraceiro. Já as escovas possuem uma base rígida onde é fixado um conjunto de felpas de polipropileno, possuindo seção característica conforme o uso e instaladas em espaços apropriados, normalmente nas folhas de correr (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 153-155).

4 ESQUADRIAS EXTERNAS DE PVC

As esquadrias de PVC foram introduzidas no mercado como alternativa para racionalização do processo construtivo e melhoria da qualidade do produto final, na medida em que apresentam diversas vantagens, tanto quanto ao desempenho, quanto em relação ao processo de instalação.

Neste capítulo, primeiramente são abordados o uso do PVC na construção civil, o processo de obtenção do composto de PVC, a partir do qual são obtidos os produtos, assim como as principais características do material e seu comportamento frente aos agentes agressivos presentes no meio ambiente. Em seguida, nos próximos dois itens, são abordados a situação das esquadrias de PVC no mercado e as principais características e vantagens de sua utilização. No quarto item deste capítulo são destacadas todas etapas do processo de fabricação das esquadrias, bem como os principais cuidados que devem ser observados para garantia do bom desempenho das mesmas, incluindo cuidados com armazenamento, transporte e manutenção. Por fim, são descritas as etapas de instalação das esquadrias de PVC, os procedimentos de controle a serem verificados durante a execução, bem como as principais manifestações patológicas resultantes de falhas construtivas nestas etapas. Este capítulo é referenciado principalmente à Trikem SA, empresa que atua na produção de resinas de PVC no Brasil, sendo destacados basicamente os pontos positivos deste produto.

4.1 O PVC NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA PRODUÇÃO

O uso do PVC na construção civil se caracteriza pela sua versatilidade e durabilidade. Pode-se utilizar os produtos de PVC para diversas finalidades, como, por exemplo, tubulações de água e impermeabilizantes, garantindo à eles vida útil de mais de 50 anos (TRIKEM SA, 1997, p. 3).

O termo PVC vem das iniciais de *Poly Vinyl Chloride*, que em português significa Policloreto de Vinila (TRIKEM SA, 1997, p. 4). Segundo Trikem SA (2000, p. 6), é um polímero fabricado a partir de dois recursos naturais, o sal e o petróleo (ou gás natural), dos quais é possível se obter, respectivamente, o cloro e o etileno.

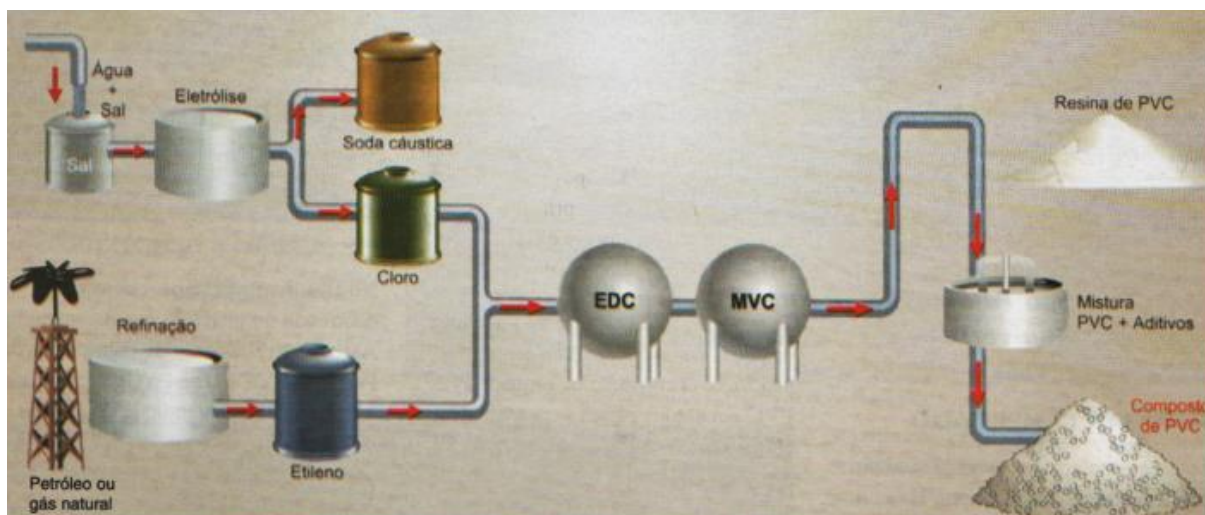
De acordo com Trikem SA (2000, p. 6),

Por meio de uma reação química entre o cloro e o etileno obtém-se o EDC (Di Cloro Etano) e então o MVC (Monômero de Cloreto de Vinila), que, submetido a outra reação química, chamada de polimerização, produz uma molécula gigante – polímero – denominada policloreto de vinila ou PVC.

A resina de PVC (polímero comercial puro) acrescida de outras substâncias, os aditivos, constituem o composto de PVC. Todo processo de produção deste material pode ser visto na figura 4. Os aditivos utilizados, de acordo com Trikem SA (1997, p. 4), são:

- a) estabilizantes térmicos;
- b) lubrificantes;
- c) cargas;
- d) pigmentos;
- e) modificadores de impacto;
- f) absorventes de ultravioleta;
- g) auxiliares de processamento;
- h) plastificantes.

Figura 4 – Processo de produção do composto de PVC



(fonte: TRIKEM SA, 2000, p. 6)

Conforme destaca Rodolfo Júnior et al. (2002, p. 10), as características do composto de PVC podem ser alteradas em função da aplicação final do produto e dos requisitos de desempenho esperados, variando desde perfis rígidos até produtos flexíveis. Trikem SA (1997, p. 4) cita que

por ser um termoplástico, o composto de PVC é capaz de “[...] ser repetidamente amolecido por calor e endurecido por resfriamento dentro de uma faixa de temperatura.”.

Os produtos de PVC se destacam no mercado da construção civil por possuírem diversas propriedades e características peculiares. De acordo com Trikem SA (1997, p. 7), estes produtos têm um processo produtivo altamente industrializado, garantindo um maior controle dimensional e de suas características, além de estarem menos suscetíveis a erros humanos. Outro destaque para estes produtos está no seu comportamento em contato com o fogo. Segundo Rodolfo Júnior et al. (2002, p. 158), os produtos de PVC rígido têm como características a inibição da propagação de chamas e a autoextinção das mesmas, sendo capaz “[...] de cessar a combustão, imediatamente após a remoção da fonte de calor ou da chama.”.

Trikem SA (1997, p. 7) afirma que a incorporação do cloro, considerado um produto altamente agressivo ao meio ambiente, nos componentes de PVC utilizados na construção civil (com vida útil superior a 50 anos), evita a contaminação do ar, solo ou água. Trikem SA (1997, p. 8) ainda destaca que os refugos sólidos, resultantes da fabricação dos produtos, podem ser devolvidos ao ciclo de produção para serem reciclados, não gerando poluição.

A durabilidade é outro fator em que se destacam os produtos de PVC. Para garantir esta durabilidade, deve-se levar em consideração a degradação a que o produto final estará exposto, através do acréscimo de aditivos junto ao composto, de maneira a melhorar seu desempenho. Pode-se considerar “[...] como degradação qualquer alteração sofrida pelo polímero durante a sua vida útil, tanto na aparência como nas propriedades químicas ou mecânicas. Os processos degradativos são classificados em função do agente agressivo.”. Estes agentes agressivos estão citados abaixo (TRIKEM SA, 1997, p. 8):

- a) fotodegradação: a radiação ultravioleta provoca coloração indesejada do polímero. Para evitá-la é necessário a adição de estabilizantes ultravioleta ao PVC;
- b) água e vapor de água: assim como a atmosfera marítima estes não são agentes agressivos ao PVC rígido. A única preocupação é que estes agentes podem servir como veículo aos agentes químicos;
- c) agentes químicos: os únicos que preocupam são os solventes clorados, aromáticos, cetônicos e tetrahidrofurânicos (THF), eventualmente encontrados em tintas, vernizes, colas e masticues, além de alguns poluentes atmosféricos, como o sulfeto de hidrogênio, podendo provocar alteração de cor. Vale destacar que o PVC não sofre degradação pela ação dos materiais de construção, como o cimento e a cal;

d) agentes biológicos: ótima resistência a estes agentes.

4.2 AS ESQUADRIAS DE PVC NO MERCADO

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 86), a utilização do Policloreto de Vinila (PVC) para fabricação de perfis para esquadrias surgiu na Alemanha Ocidental, entre as décadas de 1955 e 1960. Inicialmente a aceitação destas esquadrias foi muito lenta no mercado alemão, sendo a nova alternativa utilizada por apenas 5% desse.

O desenvolvimento das esquadrias de PVC ocorreu basicamente na década de 70, sendo o auge na década de 80, com participação de aproximadamente 45% no mercado alemão. Este desenvolvimento foi acompanhado pela Áustria e Bélgica praticamente na mesma época. A partir de então, o produto se propagou pela Europa e pelos Estados Unidos, assumindo parcelas significativas de uso nesses mercados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 86).

Conforme destaca Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 87),

No Brasil, as primeiras tentativas de produção e comercialização de perfis de janelas em PVC datam de meados da década de 70. Os produtos da época, entretanto, apresentavam características de qualidade consideravelmente diferentes das atuais. O país ainda importava PVC e o produto era insuficiente para o potencial de mercado existente.

O desenvolvimento dessas esquadrias no Brasil começou por volta da década de 80, com a criação da empresa Trikem, tornando o País autossuficiente em PVC. A qualidade da matéria-prima (aditivos e pigmentos) presente no mercado nacional foi aprimorada, sendo a produção em maior escala dos componentes realizada com tecnologia alemã ou austríaca (TRIKEM SA, 1997, p. 28). A empresa pioneira em fabricação de esquadrias de PVC no Brasil foi a Irmãos Petroll, instalada no estado do Rio Grande do Sul (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 87).

Segundo Trikem SA (2000, p. 4-5), a utilização de esquadrias de PVC teve um aumento considerável no Brasil nos últimos anos. Novos fabricantes entrando no setor, além do avanço da tecnologia utilizada na fabricação dos perfis, contribuíram para o crescimento do uso desse produto no País. Devido ao crescimento no mercado, foi fundada, em 1988, a Associação

Brasileira de Fabricantes de Perfis de PVC (Afap-PVC), buscando o fortalecimento de um programa para a garantia de qualidade na produção de perfis de PVC Rígido para esquadrias.

4.3 CARACTERÍSTICAS DAS ESQUADRIAS DE PVC

As esquadrias de PVC se destacam no mercado por apresentarem um elevado padrão de qualidade, resistência e durabilidade, aspectos garantidos através do seu processo de produção altamente industrializado (TRIKEM SA, 2000, p. 7). A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 87) destaca que a utilização do PVC na fabricação de esquadrias tem apresentando bons resultados, visto que essas apresentam uma boa resistência mecânica, adaptando-se até mesmo em condições climáticas extremas.

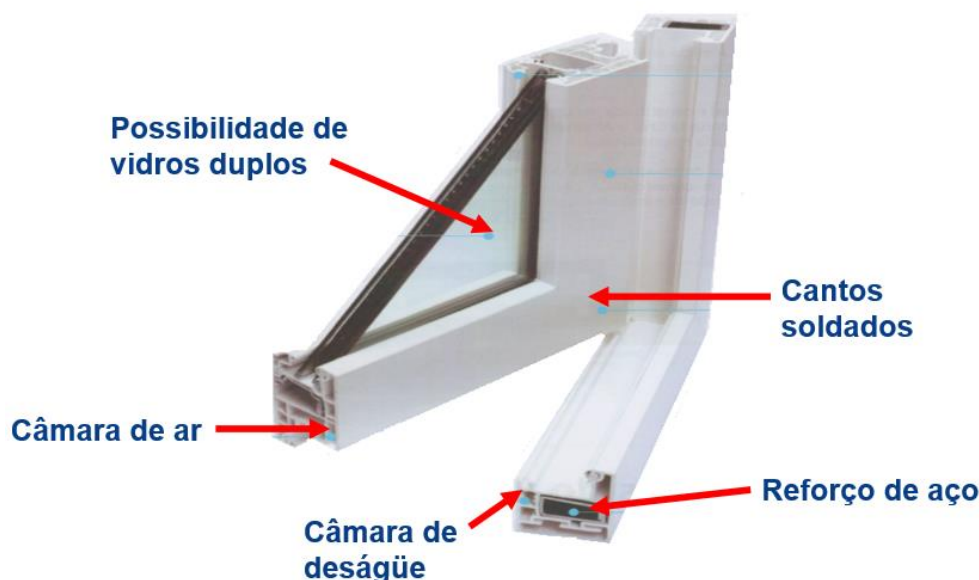
Entre as principais características dos perfis de PVC para esquadrias, pode-se destacar as seguintes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 88):

- a) estabilidade de cor: é possível obter a coloração do perfil através da pigmentação da própria matéria-prima, eliminando a necessidade de pintura após a sua fabricação. Além disso, a cor do perfil se mantém durante muitos anos, podendo ser mantida apenas através de lavagem com detergente e água;
- b) estabilidade de dimensões: o perfil do PVC se mantém estável, em qualquer condição climática, sendo assim, garante vedação e resistência adequada a cargas extremas;
- c) isolamento termo acústico: os perfis de PVC oferecem à esquadria um bom poder de absorção sonora, que juntamente com a possibilidade de instalação de vidros duplos, garantem às esquadrias um adequado índice de isolamento termo acústico;
- d) proteção contra o alastramento de incêndios: o PVC não propaga chamas, desta maneira as esquadrias de PVC contribuem para a autoextinção das chamas em um incêndio.

A possibilidade de utilização de reforços de aço galvanizado, introduzidos em câmaras apropriadas nos perfis, garante às esquadrias excelentes níveis de resistência mecânica. Os cantos soldados constituem uma das maiores vantagens das esquadrias de PVC, uma vez que garantem a estanqueidade permanente contra a água. Além disso, a configuração do perfil conta com câmaras de drenagem, que são capazes de escoar para o exterior da esquadria a água que possa vir a entrar nos mesmos (PLÁSTICOS VIPAL SA, 2004, p. 3). A figura 5 mostra o corte

de uma esquadria de PVC, apontando as principais características da mesma, já citadas anteriormente.

Figura 5 – Esquadria de PVC (corte)



(fonte: adaptado de PLÁSTICOS VIPAL SA, 2004, p. 3)

4.4 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de produção de esquadrias de PVC pode ser dividido em duas etapas, passando primeiro pela fabricação dos perfis e, após, para a execução da montagem das esquadrias. Após estes processos, ainda são introduzidos nas esquadrias os acessórios e componentes que garantem a movimentação, o travamento e a vedação de todas as partes das mesmas. Além das etapas citadas acima, a adequada forma de instalação dos vidros e os cuidados com armazenamento e transporte das esquadrias depois de prontas também são de extrema importância para o bom desempenho da esquadria. Todas estas etapas estão descritas nos próximos cinco itens.

4.4.1 Fabricação dos perfis

A fabricação dos perfis de PVC inicia com a mistura das matérias primas, o PVC (resina) e seus aditivos, sendo a qualidade final do perfil dependente da qualidade destes materiais e da mistura constituída por eles. Também é importante para a fabricação o conhecimento do sistema de

lubrificação e os pigmentos. Este último, além de ser responsável por definir a cor do produto, possui qualidades que garantem a vida útil dos perfis e determinam a sua qualidade estética (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 89).

Para a fabricação de perfis para esquadrias, utilizam-se aditivos que garantem resistência ao intemperismo, rigidez e resistência mecânica. Estes aditivos são (TRIKEM SA, 2000, p. 6):

- a) estabilizantes térmicos especiais: maior resistência ao intemperismo;
- b) aditivo modificador de impacto;
- c) alta concentração de pigmentos brancos: acentuam a resistência às radiações UV.

De acordo com a NBR 10821-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011a, p. 3), “Quanto ao material, as esquadrias de PVC devem atender aos requisitos da UNE-EN 12608², que trata da especificação dos perfis para a fabricação de janelas e portas.”.

Após a escolha dos materiais e sua mistura, os perfis de PVC são conformados pelo processo de extrusão. Conforme afirma Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 89):

A fabricação consiste da aplicação de uma mistura de materiais básicos, elevada a uma temperatura de 175°C a 185°C, que é empurrada por um sistema de rosca sem fim até um molde (ferramenta de moldagem) que define a forma do perfil. Após sua moldagem, o perfil é retirado por um puxador, sendo resfriado à temperatura ambiente por um circuito de água fria. Em seguida, os perfis que saem continuamente do molde podem ser cortados no comprimento, geralmente em barras de seis metros.

Ao se analisar visualmente os perfis de PVC, esses devem apresentar uma superfície com aspecto homogêneo, coloração uniforme, sem a presença de corpos estranhos, bolhas, rachaduras ou qualquer outro defeito (TRIKEM SA, 2000, p. 8). Os mesmos devem ser armazenados em superfícies planas, observando-se para que fiquem apoiados em toda a sua extensão. Também é importante evitar a saída de ar quente ou frio sobre os perfis, pois caso isso ocorra, esses podem sofrer variações de temperatura interna, resultando no seu empenamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 91).

O corte dos perfis para produção dos caixilhos pode ser feito com equipamentos comuns, apenas tomando o cuidado para que não sejam contaminados por outros tipos de materiais, de modo a

² Norma técnica espanhola de classificação, requisitos e ensaios de perfis de PVC-U para fabricação de esquadrias

garantir, posteriormente, uma boa qualidade da soldagem. É importante considerar um acréscimo de aproximadamente 5mm na medida em que é efetuado o corte, correspondente ao consumo que ocorre durante a operação de solda (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 91).

No caso de esquadrias com grandes dimensões ou sujeitas a grandes esforços, devem ser acrescentados reforços de aço galvanizado, recomendados de acordo com cada fabricante, encaixando-os em câmaras apropriadas existentes nos perfis. Deve-se tomar o cuidado para que os reforços de aço tenham comprimentos menores que os perfis em que foram introduzidos para que não ocorram interferências no processo de soldagem. Além disso, devem ser fixados no perfil por meio de parafusos autoatarraxantes bi cromatizados e/ou zincados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 91). Estes reforços garantem às esquadrias um bom desempenho relacionado ao comportamento mecânico. É importante destacar também que existem diversos tipos e configurações de perfis, que variam de acordo com o tipo de esquadria no qual são utilizados.

4.4.2 Montagem das esquadrias

Após os perfis devidamente reforçados e trabalhados, o quadro básico da esquadria é montado através da junção dos mesmos. Este processo é realizado através de soldagem a quente, sendo executada em um equipamento próprio, que possibilita que os perfis sejam unidos de forma completa na superfície de contato, quando submetidos a uma temperatura ideal, que deve ser próxima de 230 a 250°C (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 92).

A união dos perfis por soldagem garante à esquadria um eficiente nível de estanqueidade, se destacando assim, como um dos pontos de maior vantagem das esquadrias de PVC. Uma vez soldados, elimina-se o uso de cantoneiras, parafusos ou grampos que são utilizados em outras técnicas de junção presentes em esquadrias fabricadas com outros materiais, que se tornam muitas vezes pontos mais suscetíveis à infiltração de água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 92).

Entretanto, não se pode garantir a qualidade da soldagem apenas visualmente. Segundo Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 93), “[...] tons amarelados

indicam temperaturas de solda muito elevadas, costuras de solda pouco nítidas significam temperaturas muito baixas.”. A presença de fissuras também indica um processo de soldagem mal executado. Sendo assim, é importante a realização de ensaios, sejam eles de tração ou pressão, como forma de verificar a resistência e qualidade da solda nas esquadrias, visto que quando bem executadas, garantem eficiente desempenho ao atendimento da estanqueidade. Conforme destaca Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 92), para que se garanta um perfeito padrão estético nos cantos soldados, estes devem receber um refilamento de acabamento.

Os perfis de PVC normalmente apresentam câmaras internas capazes de armazenar grandes volumes de água, porém as mesmas devem contar com furos de drenagem suficientes para devolver toda a água que venha a entrar neste espaço, devido à ação do intemperismo, ao ambiente externo. Durante a montagem da esquadria, é necessário observar o correto posicionamento destes furos, estando eles localizados com no mínimo 50mm de distância em relação ao canto soldado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 92).

4.4.3 Componentes das esquadrias

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 123),

Os acessórios de um caixilho devem contribuir para o bom desempenho do conjunto, notadamente no que se refere à estanqueidade ar/água, isolamento termoacústica, ventilação e estabilidade estrutural. O dimensionamento dos acessórios deverá obedecer às necessidades da esquadria.

Os acessórios utilizados nas esquadrias de PVC são semelhantes aos utilizados em esquadrias de outro material (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 92). Segundo Trikem SA (1997, p. 34), os elementos de manobra, comando e travamento devem atender aos requisitos de elevada vida útil do produto, sendo a seguir listados:

- a) trincos e fechos: em aço inoxidável, latão cromado, alumínio anodizado, poliamida ou outro plástico de engenharia;
- b) braços e articulações: em alumínio anodizado ou latão cromado;
- c) roldanas: em poliamida, nylon reforçado com fibra de vidro ou outro plástico de engenharia;

Nos cantos de envidraçamento, no encontro entre partes móveis e fixas e nas juntas lineares são utilizadas guarnições, como as gaxetas e as escovas, instaladas de forma a garantir uma boa vedação das esquadrias. As gaxetas servem para fixar e vedar os vidros, podendo ser de borracha sintética, como EPDM (etileno propileno), neoprene (policloropreno), borracha de silicone ou de PVC flexível. Já as escovas são instaladas entre as partes móveis e no encontro entre estas com as partes fixas, sendo formadas por felpas de polipropileno com altura das cerdas variável de acordo com o projeto da esquadria (TRIKEM SA, 2000, p. 20).

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 92), deve-se dar uma atenção especial a introdução das escovas nas esquadrias, pois as mesmas devem ser colocadas em ranhuras adequadas antes do processo de soldagem, acompanhando todo o comprimento do perfil utilizado. Já as gaxetas garantem excelente vedação, devendo ser aplicadas em todo perímetro entre o vidro e a esquadria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 92).

4.4.4 Vidros

A colocação dos vidros é possível de ser realizada tanto na fábrica das esquadrias, quanto na obra em que são instaladas. A fixação dos mesmos é realizada através de baguetes removíveis, contendo gaxetas de borracha ou PVC flexível, devendo seguir a Norma NBR 7199/1989³ quando instalados em obra. A adequada colocação dos vidros influencia diretamente no bom desempenho relacionado à estanqueidade e isolamento termo acústico das esquadrias (TRIKEM SA, 2000, p. 9).

4.4.5 Armazenamento, transporte e manutenção

Como os caixilhos de PVC não sofrem agressão de outros materiais presentes na construção é importante embalá-los apenas para evitar danos superficiais, devendo serem armazenados em local ventilado e seco, posicionados na horizontal e em local plano, com empilhamento máximo de 15 caixilhos sem vidros. Como qualquer outro material, deve haver cuidado também durante o transporte, de maneira a preservar a integridade superficial e o bom funcionamento da

³ Norma técnica brasileira de projeto, execução e aplicações dos vidros na construção civil

esquadria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 94).

Como as esquadrias de PVC já saem de fábrica com acabamento superficial concluído, a sua manutenção pode ser feita apenas com limpeza periódica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 93). Segundo Trikem SA (2001, p. 20), esta limpeza pode ser realizada com sabão, detergente neutro ou álcool etílico hidratado adicionados de água. O acabamento superficial pode ser mantido durante anos desta forma, provando o bom desempenho das esquadrias de PVC aos requisitos facilidade de limpeza e manutenção.

5 VINCULAÇÃO DOS VÃOS E ESQUADRIAS

Para que uma esquadria atenda aos requisitos de desempenho dos usuários exigidos pela norma NBR 15575-1, é necessário o rigoroso controle de todo o processo que resulta na sua instalação. No caso das esquadrias de PVC, este processo pode ser dividido em duas etapas distintas: a execução do vão e a instalação (fixação) da esquadria.

Conforme Lucini (2001, p. 55), além do desempenho particular da alvenaria (vão) e da esquadria, é de extrema importância também o desempenho da vinculação desses dois, através do sistema de fixação e da adequada vedação entre a interface alvenaria e esquadria. Falhas durante qualquer uma das etapas citadas anteriormente podem resultar em diversas manifestações patológicas como, por exemplo, a infiltração de água pelas esquadrias ou na sua interface com os vãos.

Os procedimentos de controle e execução da preparação dos vãos e da adequada instalação das esquadrias, assim como as manifestações patológicas mais recorrentes relacionadas a estas etapas construtivas estão descritos nos próximos itens.

4.5.1 Execução dos vãos

Durante a fase de projeto de uma edificação, é importante dar atenção à compatibilidade das dimensões dos vãos e esquadrias. É necessário levar em consideração, para definição dos vãos, as recomendações do fabricante, que variam em função do sistema de fixação da esquadria e da utilização ou não de contramarcos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 11).

Segundo a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 11), “A função básica do contramarco é garantir que os vãos das fachadas tenham dimensões confiáveis, ou seja, estejam dentro das tolerâncias dimensionais compatíveis com a do marco da janela.”. Iizuka e Hachich (2002, p. 49) destacam que a necessidade do chumbamento do contramarco na alvenaria de vedação tradicional gera considerável quantidade de material desperdiçado, visto que é necessária a quebra dessa para a instalação daquele.

Além de gerar desperdício, a má instalação do contramarco pode levar ao surgimento de manifestações patológicas, pois (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 49):

Os métodos de instalação, com o chumbamento do contramarco com argamassa de cimento e areia no vão da alvenaria, são de difícil execução, em especial, por causa da configuração do perfil que dificulta o preenchimento. Como consequência há a infiltração de água por frestas ou aberturas deixadas durante a execução.

As esquadrias de PVC apresentam, como uma das suas principais vantagens, a possibilidade de eliminação do contramarco, podendo serem instaladas diretamente no vão acabado. Porém, para garantir a compatibilidade de medidas entre o vão e a esquadria, torna-se necessário à adoção de um controle dimensional rigoroso dos vãos. Desta forma, é possível estabelecer a interdependência entre a execução do vão e a fabricação das esquadrias.

A utilização das esquadrias de PVC e um eficiente controle dimensional dos vãos garantem às construtoras a redução do desperdício de materiais e do custo final, além de contribuir para a racionalização do processo construtivo, gerando ganhos em produtividade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 11).

O padrão dimensional dos vãos pode ser obtido pela utilização de blocos de concreto ou cerâmicos, sendo a sua modulação definida no projeto de alvenaria da edificação. A utilização desses blocos permite a redução do consumo de argamassa de revestimento que é aplicada no requadro dos vãos, garantindo a execução destes com medidas mais precisas (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 49).

Para garantia da uniformidade de dimensões nos vãos e das referências de revestimento, Iizuka e Hachich (2002, p. 52) destacam que:

[...] para vãos de alvenaria constituídas por blocos, é necessária a execução de requadrção com argamassa de revestimento. Para obter regularidade desses vãos, a

utilização de gabarito para a execução da requadrção é suficiente para uniformizar as dimensões.

A utilização de gabarito, além de garantir a dimensão do vão e as referências de revestimento, proporciona uma economia considerável com relação a utilização de contramarcos. Enquanto o gabarito pode ser aproveitado em vários vãos (sua quantidade depende da produtividade prevista pela obra), um perfil de contramarco só é utilizado em um único vão (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 50).

Para a utilização do gabarito, a execução dos vãos não deve ter variação dimensional significativa, já que o melhor aproveitamento desse está ligado à uniformidade dimensional (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 52). Durante o requadro dos vãos também é importante respeitar as espessuras admissíveis para revestimentos externos de argamassa, para que não ocorram problemas de aderência e fissuração nestes. Segundo Baía e Sabbatini (2008, p. 44), esta espessura deve estar entre 2 e 3 centímetros.

Outro detalhe importante a ser observado durante esta etapa, é a adequada instalação dos peitoris. Deve-se atentar para que esses tenham um avance lateral para dentro da alvenaria, ressaltando do plano da fachada com canal na face inferior para descolamento de água e um caimento mínimo de 7%, conforme recomenda Baía e Sabbatini (2008, p. 49).

Um vão adequado para receber uma esquadria deve apresentar regularidade, estando em esquadro, prumo e nível, respeitando as dimensões e folgas laterais admitidas, além de não apresentar ondulações e imperfeições que possam prejudicar a instalação da esquadria. De acordo com Trikem SA (2000, p. 21), os vãos devem respeitar os níveis máximos de tolerância indicados nas tabelas 4 e 5.

A dimensão do vão deve prever uma folga mínima de 5mm em cada lateral e na parte superior para que seja possível calçar a esquadria, de modo a facilitar sua fixação. Já na base, o marco da esquadria deverá ficar totalmente apoiado, sendo importante que o peitoril se encontre em nível nesta direção, de forma que não exista nenhuma folga (PORTAS..., 2013, p. 23).

Tabela 4 – Dimensões e tolerâncias dos vãos em relação à largura

Dimensões e tolerâncias permitidas	Estado dos vãos	
	Bruto	Acabado
Largura máxima permitida (Lm)	$\leq L + 20\text{mm}$	$\leq L + 10\text{mm}$
Diferença de prumo à direita (dpd) e à esquerda (dpe)	$\leq 20\text{mm}$	$\leq 10\text{mm}$

(fonte: adaptado de TRIKEM SA, 2000, p. 21)

Tabela 5 – Dimensões e tolerâncias dos vãos em relação à altura

Dimensões e tolerâncias permitidas	Estado dos vãos	
	Bruto	Acabado
Altura máxima permitida (Hm)	$\leq H + 15\text{ mm}$	$\leq H + 10\text{ mm}$
Diferença de nível na verga (dnv)	$\leq 20\text{ mm}$	$\leq 10\text{ mm}$
Diferença de nível na contraverga (dnc)	$\leq 8\text{ mm}$	$\leq 8\text{ mm}$

(fonte: adaptado de TRIKEM SA, 2000, p. 21)

4.5.2 Instalação das esquadrias

Uma esquadria, quando não bem instalada, pode vir a apresentar diversas manifestações patológicas que causam o desconforto e a insatisfação dos usuários. Segundo afirmam Izuka e Hachich (2002, p. 49):

A interface das esquadrias com a alvenaria, [...] continua atrelada aos métodos construtivos mais tradicionais e a boa técnica da instalação de esquadrias dita necessidades diferentes:

- a) o correto posicionamento e alinhamento de uma esquadria;
- b) a garantia dimensional do vão na alvenaria para a instalação da esquadria;
- c) a qualidade da fixação e vedação na interface da esquadria e alvenaria;
- d) a preservação funcional e estética da esquadria no decorrer da obra.

Conforme afirma Lucini (2001, p. 55), além do desempenho particular da alvenaria e das esquadrias, o sistema de fixação e preenchimento das juntas na interface alvenaria e esquadria

tem grande influência para o bom desempenho de uma esquadria. De acordo com Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 95), as esquadrias de PVC podem ser instaladas em obra de três formas distintas:

- a) chumbamento direto à alvenaria com grapas;
- b) fixação com parafusos e buchas diretamente nos vãos acabados;
- c) instalação com contramarcos (geralmente estes são de alumínio).

A instalação das esquadrias por meio de grapas pode ser feita quando a obra está na alvenaria bruta, sendo que, após o correto posicionamento do marco, é preciso realizar o acabamento interno e externo com argamassa, além do chumbamento das grapas e preenchimento dos espaços entre alvenaria e esquadria com silicone (TRIKEM SA, 2000, p. 21). No caso da utilização de contramarco, este deve ser instalado nos vãos de alvenaria anteriormente aos caixilhos, sendo constituído por perfis de alumínio anodizado ou chapas de aço galvanizado (TRIKEM SA, 2000, p. 22). Porém, estes dois tipos de fixação de esquadrias de PVC descritos anteriormente, não são analisados neste trabalho, que tem como foco principal o sistema de fixação com parafusos e buchas diretamente no vão acabado.

Independente do sistema de instalação, todos os elementos de fixação das esquadrias no vão devem ser de material com qualidade e durabilidade compatíveis com as dos perfis de PVC. Como são suscetíveis de infiltração ou condensação de água, é importante que os parafusos, porcas e rebites sejam de aço inoxidável ou protegidos contra a corrosão por cadmiagem ou zincagem bicromatada, conforme afirma Trikem SA (1997, p. 35).

Antes de iniciar a instalação da esquadria com o sistema de fixação com parafusos, deve-se verificar as condições do vão acabado. É preciso que o mesmo se apresente em prumo, nível e esquadro, sem apresentar qualquer tipo de imperfeição com relação ao seu acabamento. É importante observar uma pequena folga no vão, para facilitar o encaixe da esquadria e prever a sua dilatação, além do correto caimento do peitoril e da limpeza prévia da superfície de contato (TRIKEM SA, 2000, p. 22).

Após essa verificação, se posiciona o caixilho no vão com o auxílio de calços, fazendo os ajustes necessários para deixar a esquadria em prumo e nível. É importante observar nesta etapa se os furos de drenagem da esquadria estão voltados para o ambiente externo. Estando a esquadria

corretamente posicionada, é possível realizar a sua fixação com uso de parafusos e buchas (TRIKEM SA, 2000, p. 22).

Os parafusos fazem a ancoragem estrutural, a qual transmite os esforços da esquadria para a alvenaria, além de auxiliar no correto posicionamento dessa (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 52). Um adequado sistema de fixação deve ser calculado para que seus componentes fiquem distribuídos de maneira uniforme ao longo de cada lado da esquadria, considerando as principais solicitações que atuam nas mesmas (TRIKEM SA, 2000, p. 23):

- a) peso do caixilho de PVC;
- b) peso do vidro;
- c) cargas resultantes da utilização da janela;
- d) cargas resultantes dos efeitos do vento.

Segundo Trikem (2000, p. 23) não se deve ultrapassar uma distância de 700mm entre duas fixações sucessivas no perímetro do vão. Com relação a braços, fechos, ou qualquer componente que transmita carga localizada, deve ser previsto um elemento de fixação a uma distância que varia entre 100 e 150mm destes pontos. Com relação aos cantos, a fixação deve estar entre 100 e 150mm para perfis verticais da esquadria e no máximo 700mm em perfis horizontais. Também é interessante prever juntas de movimentação estanques, como forma de preservar o caixilho das deformações estruturais, além de respeitar um número mínimo de fixações por esquadria, conforme a tabela 6. A Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 96) destaca, ainda, que estes parafusos devem atravessar os perfis, sendo colocada uma tampa na furação externa que visa a evitar a infiltração de água por esses.

Tabela 6 – Quantidade mínima recomendada de parafusos para fixação da esquadria

Semiperímetro do caixilho	$\geq 1,50m$	$< 1,50$
Número mínimo de fixações	6	4

(fonte: adaptado de TRIKEM SA, 2001, p. 23)

Após a fixação, deve ser feita a vedação entre a alvenaria e a esquadria, com cuidado para que se assegure a sua perfeita continuidade, de forma a impedir a penetração de água nesta interface

(TRIKEM SA, 2000, p. 21). Esta vedação pode ser feita através de dois materiais: o silicone ou a espuma de poliuretano.

Trikem SA (2000, p. 22) recomenda que seja feita “[...] a vedação externa com silicone [...] em todo o perímetro do contato entre o caixilho e a alvenaria.”. De acordo com a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 138), os selantes de silicone apresentam grande elasticidade, absorvendo movimentos de juntas, além de possuírem grande resistência ao envelhecimento e aos agentes climáticos. Este tipo de selante tem boa adesão a maioria dos substratos, porém apresentam como desvantagem o custo elevado comparado aos demais.

Outra opção de vedação é a substituição do silicone pela espuma de poliuretano expansível. Da mesma forma que o silicone, a espuma de poliuretano deve ser aplicada em todo o perímetro da interface entre alvenaria e esquadria. Logo após sua aplicação, é importante a conferência de todo perímetro de forma a identificar se não ocorreram falhas que possam permitir a infiltração de água. Caso seja identificada alguma falha, é necessária a correção com a própria espuma antes que inicie a cura (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 52).

Após a aplicação da espuma, é recomendado que as folhas das esquadrias sejam fechadas e travadas, pois desta maneira ajudam a estruturar melhor o quadro das mesmas. O tempo de cura completa é indicado pelo fabricante, sendo próximo de 12 horas, variando com as condições climáticas. Após este período, é possível recortar o excesso de espuma com um estilete (IIZUKA; HACHICH, 2002, p. 52).

Os selantes de poliuretano geralmente não são recomendados para vedações que estejam sujeitas a intensas exposições solares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 138). Desta forma, conforme afirmam Iizuka e Hachich (2002, p. 51), as esquadrias instaladas com espuma de poliuretano devem ter um encaixe para a colocação de uma guarnição externa que garanta a proteção da espuma contra os raios UV.

Antes da entrega da obra, é necessária a limpeza das esquadrias, iniciando com a remoção da poeira que ficou acumulada nos perfis, tomando especial atenção para a desobstrução dos orifícios de drenagem. Feito isso, é recomendável limpar a janela com um pano umedecido em água e detergente ou apenas álcool (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 96).

Conforme recomenda Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 97), a regulagem para um perfeito funcionamento da esquadria pode ser feita com a lubrificação dos acessórios com spray de silicone. Após, é importante realizar um teste de cinco ciclos completos de abertura, fechamento e travamento.

Se instaladas de maneira adequadas, as esquadrias de PVC dificilmente apresentam problemas. Caso ocorram, esses devem ser comunicados diretamente ao fabricante dos perfis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 96).

4.5.3 Manifestações patológicas

Falhas durante o processo de instalação das esquadrias nas obras são geralmente a origem de grande parte das manifestações patológicas nas mesmas, não necessariamente sendo um problema próprio do produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991, p. 166).

As manifestações construtivas observadas nos vãos podem ser resultado de falhas durante o processo de preparação e execução dos vãos e/ou na instalação das esquadrias. Além disto, podem estar associadas à resposta da interface vão-esquadria a questões estruturais e de impacto higrotérmico, sendo a sua manifestação através de fissuras, trincas e infiltrações. Estas manifestações podem ser verificadas no perímetro dos vãos, nas fixações e juntas ou nos acabamentos e revestimentos no perímetro do vão (LUCINI, 2001, p. 55).

As esquadrias também podem apresentar problemas de desempenho, afetado principalmente pela escolha do processo e das soluções adotadas para a instalação. Este tipo de manifestação pode ocorrer através de deformações no quadro da esquadria, perda de prumo, nível e esquadro das folhas e perda de material de vedação à estanqueidade. A má especificação de projeto das esquadrias é outro fator que pode afetar diretamente o desempenho das mesmas (LUCINI, 2001, p. 55).

Thomaz (2001, p. 24) também destaca que as falhas no esquadrejamento e requadro dos vãos, caimento de peitoris e destacamentos/frestas nos encontros das paredes com os marcos, estão entre as mais comuns observadas na execução das obras e instalação das esquadrias. Ainda cita que há situações em que os peitoris apresentam caimento invertido, facilitando a infiltração de

água para o interior dos ambientes. Conforme já citado anteriormente, o destacamento ou as fissuras no revestimento ao longo do perímetro do vão também facilitam a penetração de água para o interior das edificações.

Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991, p. 166) recomenda que cada etapa da instalação das esquadrias seja rigorosamente acompanhada pela equipe executiva da obra. O fator essencial para garantir uma boa instalação é o acompanhamento de um número representativo de esquadrias. O eficiente controle da instalação das esquadrias garante o bom desempenho e a durabilidade das mesmas.

5 ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS DE PVC EM UMA OBRA EM PORTO ALEGRE

Este capítulo inicia com o relato do histórico das ocorrências de infiltração de água em esquadrias externas de empreendimentos já habitados da Construtora alvo deste trabalho, sendo esse o motivo pelo seu desenvolvimento. Em seguida, é feita uma breve apresentação da obra onde se desenvolveu o trabalho, destacando-se suas principais características. Logo após, são expostos os resultados e análises obtidos durante o acompanhamento *in loco* de todo o processo de instalação de esquadrias de PVC que podem afetar o atendimento à estanqueidade das mesmas. Este processo passa pela execução e acabamento do vão, instalação e acompanhamento de desempenho das esquadrias.

5.1 HISTÓRICO DE OCORRÊNCIAS DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM ESQUADRIAS

O elevado número de casos de infiltração de água em esquadrias de alumínio registrados até o ano de 2010 pela Construtora, estando este tipo de manifestação patológica entre as três mais incidentes, fez com que a mesma buscasse soluções mais eficientes para controlar este problema.

Neste contexto, por meados de 2010, a Construtora passou a utilizar esquadrias externas de PVC em seus empreendimentos. Conforme já citado no capítulo anterior, como vantagens estão a menor quantidade de juntas nessas esquadrias, principalmente nos seus cantos soldados, e a eliminação de uma etapa construtiva, pois essas não necessitam ser instaladas com a utilização de contramarco. Com estas vantagens anteriormente citadas, acreditava-se que haveria uma redução dos casos de infiltração de água pelas esquadrias externas nos empreendimentos.

Porém, ao contrário do esperado pela Construtora, o problema não foi solucionado, sendo ainda muito incidentes os casos de infiltração de água através das esquadrias. Conforme já verificado pela mesma, grande parte desse problema ocorre devido às falhas executivas durante a instalação das esquadrias, justificando a realização deste trabalho.

5.2 APRESENTAÇÃO DA OBRA EM ESTUDO

A obra onde foi desenvolvido este trabalho de acompanhamento de todo processo necessário para instalação de uma esquadria de PVC é de uma Construtora situada na cidade de Porto Alegre – RS. Visando a melhoria dos processos construtivos e a erradicação de casos recorrentes de problemas, aliados a busca pela satisfação dos clientes, este estudo foi realizado.

O empreendimento é constituído por três torres residenciais de alto padrão. Duas das torres possuem 14 pavimentos e cobertura, e uma delas possui 13 pavimentos e cobertura, além dos subsolos que variam conforme a torre. Cada uma possui dois apartamentos por andar, resultando num total de 76 unidades. Em uma das torres os apartamentos possuem 180 ou 220 m², já nas outras duas as plantas são iguais, com uma área de 200 m² em cada apartamento.

Todas aberturas externas dos apartamentos de ambas as torres são de PVC, com exceção de uma que é composta por pele de vidro, resultando num total de 975 esquadrias externas de PVC apenas nos pavimentos tipo. Por apartamento, são instaladas 11, 12 ou 14 dessas esquadrias externas, dependendo da torre e da planta do mesmo. As dimensões são bastante variadas, sendo a menor janela com uma dimensão de 0,51x0,87 metros (largura x altura), instalada nos banheiros. Já as dimensões das maiores janelas instaladas possuem aproximadamente 4,00x1,82 metros (largura x altura), localizada na sala, e 2,55x1,83 metros (largura x altura), localizada em uma das suítes.

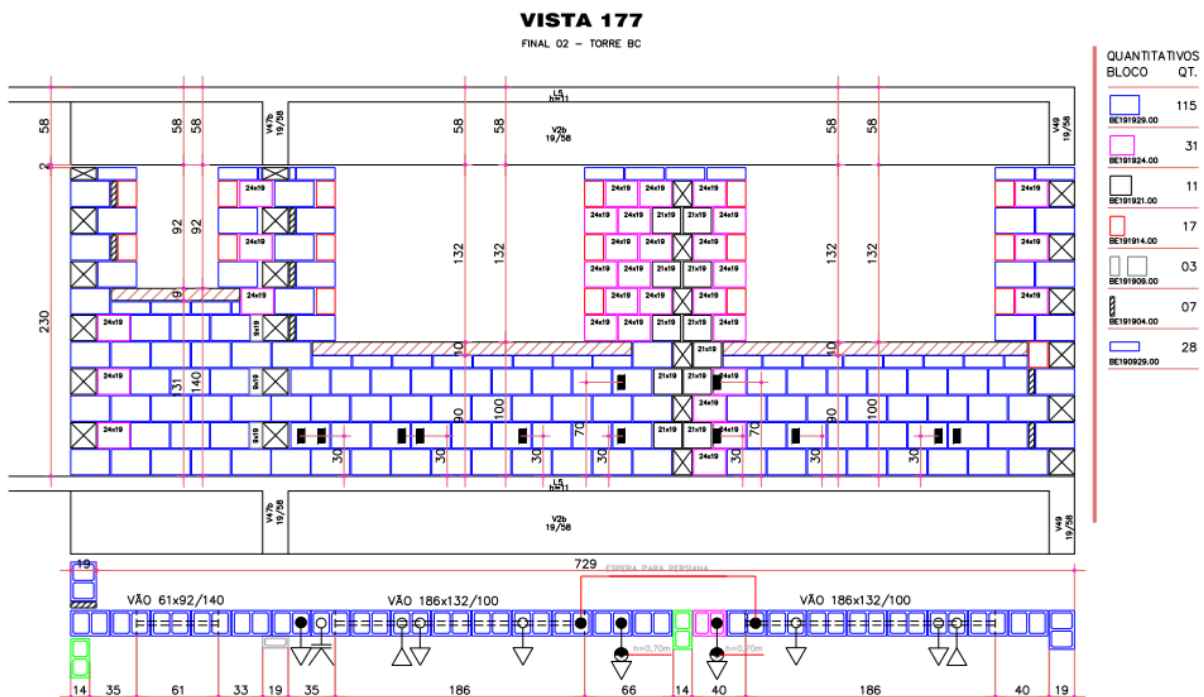
5.3 ACOMPANHAMENTO *IN LOCO* DO PROCESSO DE INSTALAÇÃO DE ESQUADRIAS

Nos próximos itens, são apresentados os resultados de levantamentos e observações feitas durante o acompanhamento *in loco* de todas as etapas que resultam na instalação de uma esquadria de PVC. Na primeira etapa, acompanhada na torre 1, foi analisada a marcação dos vãos e após, a execução do requadro dos mesmos. Na segunda etapa, verificada nas torres 1 e 3, os vãos receberam o revestimento final ficando prontos para instalação das esquadrias. Por fim, as esquadrias foram instaladas diretamente nestes vãos, sendo esta etapa acompanhada nas torres 2 e 3. No último item, foi analisado o desempenho quanto à estanqueidade das esquadrias instaladas na torre 2.

5.3.1 Marcação do vão e requadro com argamassa de revestimento

Embora na obra analisada existisse um projeto inicial de marcação e elevação de alvenaria com modulação de blocos, conforme pode ser visto na figura 6, foi optado pela execução de alvenaria tradicional com blocos cerâmicos simples, denominados comercialmente como tijolos furados. Sabe-se que a modulação garante certos padrões dimensionais à alvenaria, visto que a parede é desenhada para que, através de blocos especiais, se consiga compatibilizar as medidas desta com as dimensões dos diferentes componentes da construção, como portas e janelas. Já na alvenaria tradicional com blocos cerâmicos simples, muitas vezes as dimensões dos blocos são incompatíveis com as dimensões dos vãos, sendo necessário a quebra desses ou a complementação com argamassa. A escolha pela alvenaria tradicional se deu basicamente pela questão de custo, visto que os blocos cerâmicos simples são mais baratos que os blocos modulados.

Figura 6 – Vista de uma parede com modulação de blocos inicialmente prevista



(fonte: projeto da Construtora)

Esta etapa de execução foi acompanhada na torre 1. A marcação da largura dos vãos foi executada durante a elevação da alvenaria, não seguindo nenhum controle específico, com exceção das medidas previstas em projeto. Já para o posicionamento da contraverga, localizada

na parte inferior do vão, foi transferido o nível do pavimento para que o peitoril da esquadria ficasse na altura prevista.

Foram utilizadas contravergas pré-moldadas de concreto, conforme requisição da engenharia da obra, sendo estas produzidas por uma empresa de pré-moldados e entregues no canteiro de obra. Estas contravergas apresentavam uma espécie de ressalto, ficando estes alinhados com o lado interno da alvenaria, delimitando a face interna do vão. Assim como recomendado, todas contravergas apresentavam um avanço lateral para o interior da alvenaria de aproximadamente 30 centímetros. Estes detalhes podem ser vistos nas figuras 7 e 8.

Figura 7 – Detalhe do avanço lateral da contraverga



(fonte: foto da autora)

Figura 8 – Vista externa: detalhe do ressalto na contraverga



(fonte: foto da autora)

Para análise desta etapa foram medidas na torre 1 as dimensões do vão bruto, ou seja, sem o revestimento final. Para executar o requadro destes vãos, que corresponde ao ajuste fino das medidas para deixá-los nas prumadas correspondentes a cada esquadria e nas dimensões mais precisas do vão, não foi utilizado gabarito, embora a obra possuísse tal instrumento. Ao baixar as linhas de prumo da fachada, e conseqüentemente das esquadrias, verificou-se uma grande variação dimensional destes vãos, devido à execução da alvenaria.

O requadro dos vãos foi executado com a mesma argamassa de revestimento externo, sendo esta argamassa industrializada fornecida em silos, com o auxílio de formas de madeira devidamente posicionadas nos vãos, conforme a figura 9. Considerando-se o limite máximo recomendado para espessura deste tipo de revestimento, foi verificada uma elevada quantidade de vãos com espessuras de requadro superiores a 30 mm (espessura máxima recomendada pela NBR 13749). Este levantamento pode ser visualizado na figura 10, onde todas as células

vermelhas indicam valores acima de 30 mm. A figura 11 ilustra o que são as medidas de “E”, “D” e “S” indicadas na figura 10. Já na figura 12 é possível visualizar uma destas situações observadas durante o acompanhamento, onde a espessura de requadro em uma das laterais de um vão chega a aproximadamente 70 mm.

Para os casos de espessuras do revestimento dos vãos superiores a 30 mm, a aplicação da argamassa foi executada em mais de uma etapa, respeitando-se um certo intervalo de tempo entre elas, normalmente correspondente a um dia, ou seja, 24 horas. Este intervalo está de acordo com o mínimo recomendado, que é de 16 horas. Porém, não foi utilizada nenhuma técnica de reforço no revestimento dos vãos para espessuras maiores que essa.

Figura 9 – Utilização de formas de madeira para requadro dos vãos



(fonte: foto da autora)

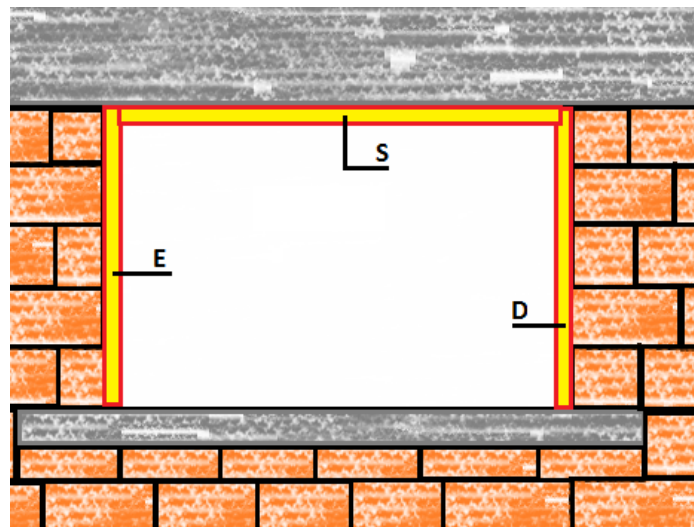
Figura 10 – Espessuras verificadas para requadros de argamassa dos vãos

APTO	BANHO 1			CLOSET			SUÍTE 1			BANHO 2			SUÍTE 2			BANHO 3			
	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	
202	17	20	30		14	23	20	25	27	25	23	17	15	20	45	20	15	35	15
302	30	25	25		35	25	30	12	20	25	23	15	14	15	20	20	25	20	15
402	-	-	-		40	50	28	46	40	30	-	-	-	24	43	15	-	-	-
502	40	23	30		45	30	25	20	70	25	50	45	25	40	25	20	-	-	-
602	51	28	36		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
702	41	28	27		37	38	27	35	17	27	48	31	26	29	21	27	25	70	21
802	31	27	52		36	34	38	29	58	41	43	37	33	36	32	31	35	33	28
902	48	39	31		44	48	29	70	45	29	26	54	27	79	44	33	66	45	27
1002	29	32	17		35	37	18	43	19	23	44	52	22	47	43	20	39	41	21
1102	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1202	-	-	-		24	43	19	48	58	27	39	42	13	70	47	13	53	45	15
1302	27	35	26		34	33	31	59	16	27	41	46	19	37	28	21	-	-	-
1402	52	48	26		63	31	23	33	44	21	51	32	30	42	27	26	50	33	31
APTO	SUÍTE 3			SUÍTE 4			ESTAR 1			COZINHA			LAVANDERIA 1			LAVANDERIA 2			
	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	E	D	S	
202	30	28	25		22	35	25	55	35	30	-	-	-	35	10	20	27	12	20
302	20	23	25		25	15	23	24	43	30	15	38	30	20	22	25	15	25	25
402	22	26	21		25	37	28	23	27	24	35	26	28	31	29	24	15	23	22
502	27	43	24		-	-	-	24	45	25	25	35	30	30	40	27	23	28	25
602	-	-	-		-	-	-	48	36	34	40	41	29	36	41	33	37	29	34
702	75	12	27		29	59	24	24	42	40	50	45	40	40	43	32	38	20	30
802	37	34	31		35	33	32	34	23	24	29	46	35	33	40	38	41	36	42
902	41	56	33		50	49	-	47	33	30	48	49	37	36	38	30	47	39	34
1002	37	36	19		-	-	-	36	61	24	13	36	28	14	25	32	9	35	27
1102	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1202	25	52	17		39	36	26	38	41	29	55	27	51	37	-	33	29	27	37
1302	38	44	18		56	29	15	55	61	24	22	32	29	12	31	38	30	29	29
1402	35	43	42		48	38	37	29	68	19	41	44	33	37	25	27	28	32	36

LEGENDA:	
-	NÃO MEDIDO
	ACIMA DE 30MM

(fonte: elaborado pela autora)

Figura 11 – Ilustração do requadro do vão



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 12 – Espessura de requadro acima do máximo recomendado



(fonte: foto da autora)

Essas espessuras elevadas podem vir a apresentar diversas manifestações patológicas, como as fissuras, que se apresentam como um fácil caminho para a percolação de água para o interior do revestimento, comprometendo sua durabilidade e principalmente a sua aderência. Em um caso extremo durante o acompanhamento desta etapa, observou-se o descolamento do revestimento do vão, conforme pode ser visto na figura 13. Já a figura 14 apresenta também um problema de aderência do revestimento em um vão, onde pode-se observar que o canto inferior do mesmo apresenta diversas fissuras, comprometendo sua estanqueidade.

Figura 13 – Descolamento do revestimento de argamassa no vão



(fonte: foto da autora)

Figura 14 – Fissuras no canto inferior do vão



(fonte: foto da autora)

5.3.2 Acabamento e dimensões finais do vão para instalação da esquadria

Após serem requadrados com argamassa de revestimento externo, os vãos receberam o revestimento final de acordo com a especificação da fachada, prevista no projeto executivo e memorial descritivo do empreendimento. Na obra analisada, todos os vãos foram revestidos com pastilha cerâmica, sendo na base instalado um peitoril de granito.

Conforme a instrução de trabalho⁴ da Construtora, para facilitar a instalação das esquadrias de PVC e prever a dilatação do perfil é necessário uma folga no vão. Esta folga mínima é de 10mm na largura (5mm para cada lateral) e 5mm na altura. Já o fabricante das esquadrias especificou uma folga máxima para instalação de 15mm na largura (7,5mm para cada lado) e 10mm na altura. Pode-se observar que a folga mínima determinada pela Construtora está de acordo com as tolerâncias recomendadas e citadas no item 4.5.1 deste trabalho.

Com as dimensões das esquadrias definidas em projeto, juntamente com as folgas necessárias para instalação, se têm as medidas do vão pronto, no qual foram instaladas as esquadrias. Para verificação das condições geométricas do vão foi realizado um levantamento da medida final destes nas torres 1 e 3, resultando num total de 214 vãos analisados na torre 1, e 209 vãos na torre 3.

Visto que as folgas admitidas para lateral e altura são diferentes, foram analisadas separadamente estas dimensões. Considerando-se as recomendações da instrução de trabalho da Construtora em estudo e do fabricante das esquadrias, adotou-se como vão ideal aqueles em que a folga para instalação estava dentro dos seguintes intervalos:

a) largura: $10\text{mm} \leq \text{folga} \leq 15\text{mm}$

b) altura: $5\text{mm} \leq \text{folga} \leq 10\text{mm}$

Outro item observado nesta etapa foi a adequada instalação do peitoril de granito na base do vão onde a esquadria seria posteriormente apoiada. É importante que se observe neste um caimento mínimo de 5mm recomendado pela instrução de trabalho da Construtora, que corresponde a um caimento de aproximadamente 2%, inferior aos 7% citado e recomendado no item 3.2.2 deste trabalho. Já o fabricante das esquadrias recomendou ainda que o peitoril

⁴ Instrução de trabalho é um procedimento padronizado pela empresa construtora para algum tipo serviço. Neste caso, instalação de esquadrias de PVC

avançasse pelo menos 20mm para dentro da lateral da alvenaria, sendo este avanço inferior ao mínimo especificado no item 3.2.2, de 25mm.

Para que fosse mantido o esquadro do vão, o peitoril também deveria estar em nível ao longo da largura inferior do vão. Desta forma a esquadria pode ser totalmente apoiada sobre este, sem que haja qualquer folga inferior. Para verificar esta situação, foi realizado na torre 3 um levantamento das condições dos peitoris anteriormente citadas.

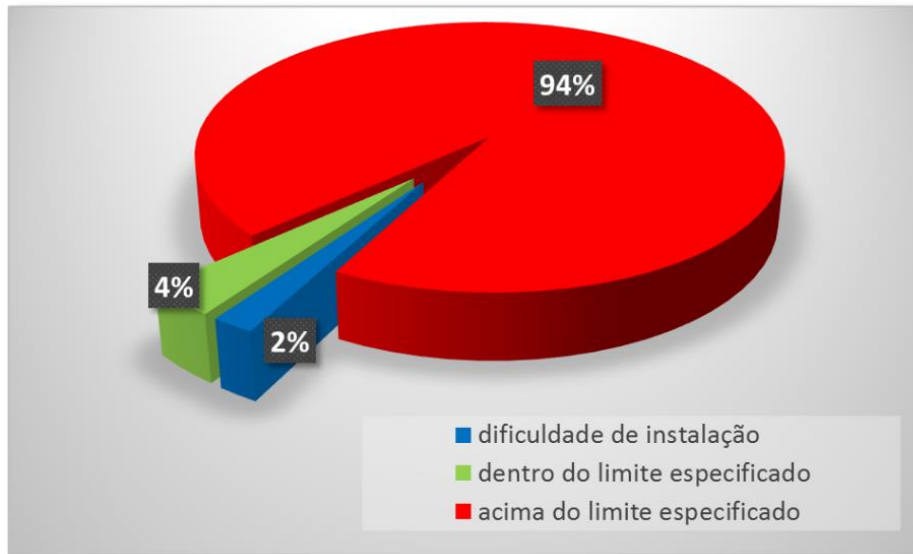
Nos próximos itens, são apresentados os dados dos levantamentos realizados em obra, tanto para altura, quando para largura dos vãos, além dos dados levantados considerando-se as condições ideais dos peitoris.

5.3.2.1 Largura dos vãos prontos

Conforme citado anteriormente, considera-se como folga ideal para a largura qualquer folga entre 10 e 15mm. Folgas abaixo deste intervalo representam dificuldade ou, até mesmo, impossibilidade de instalação das esquadrias. Folgas acima deste valor, representam sérios riscos de manifestações patológicas e prejuízos, devido a necessidade de maior quantidade de material de vedação entre esquadria e vão e, até mesmo, necessidade de parafusos de fixação e guarnições de vedação especiais.

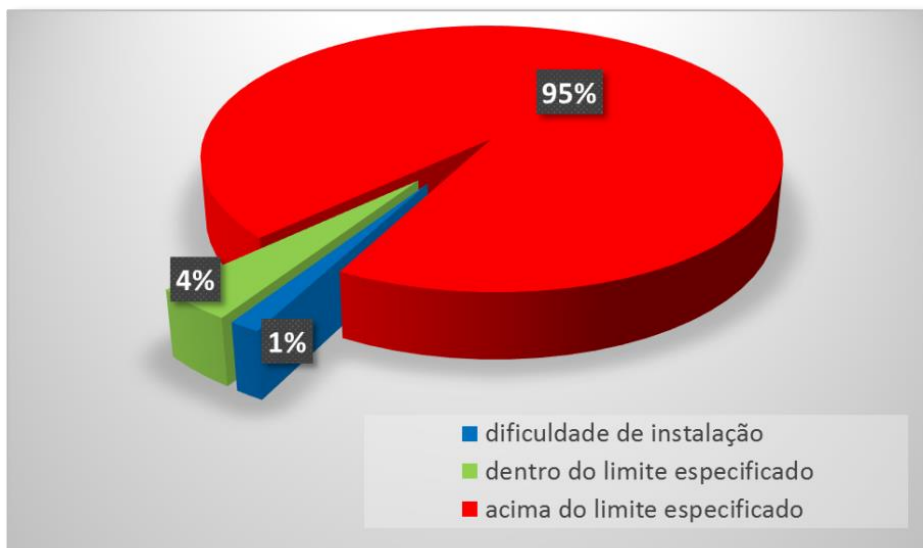
Através de uma análise preliminar das medidas das larguras dos vãos levantados na obra acompanhada, foi possível observar, tanto na torre 1 quanto na torre 3, uma elevada quantidade de vãos apresentando folga superior ao limite recomendado, conforme pode ser visto nas figuras 15 e 16.

Figura 15 – Análise da folga lateral para instalação das esquadrias na torre 1



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 16 – Análise da folga lateral para instalação das esquadrias na torre 3



(fonte: elaborado pela autora)

Na figura 15 encontra-se a análise das folgas laterais levantadas na torre 1, onde um percentual de 94%, que corresponde a 188 vãos, estava acima da folga máxima recomendada. Apenas 7 vãos (4%) estavam dentro dos limites da folga considerada adequada, sendo que 4 vãos (2%) apresentavam dificuldade de instalação por não respeitarem a folga mínima de 10mm.

Já a figura 16 indica o mesmo tipo de análise para as folgas laterais dos vãos observadas na torre 3, onde 197 vãos (95%) estavam acima da folga máxima. Somente 8 vãos (4%) se

encontravam dentro dos limites de folga adequada, e 3 vãos (1%) apresentavam dificuldade de instalação.

Após a análise preliminar, constatando a elevada quantidade de vãos com folga lateral acima do limite especificado pelo fabricante das esquadrias, partiu-se para uma análise mais detalhada destes dados. Esta análise foi feita separadamente para as torres 1 e 3.

Descontando-se da medida final do vão, levantada *in loco*, a dimensão da esquadria, foi possível obter a folga para instalação disponível em cada vão. As folgas laterais verificadas na torre 1 estão nas células coloridas da figura 17, onde cada cor representa um determinado intervalo de medida da folga. Com estes dados, foi calculada a folga média correspondente a cada prumada (mesma esquadria em pavimentos diferentes), estando estes valores indicados como “folga média” abaixo de cada coluna na figura 17. Através destas médias chegou-se a uma média geral das folgas laterais na torre 1, sendo esta no valor de 29mm, com valores extremos de 5mm e 64mm. Considerando isto, verifica-se que há uma diferença média de 14mm para mais da folga máxima especificada pelo fabricante das esquadrias (15mm). Esta folga média pode ser considerada excessiva, visto que é aproximadamente o dobro da medida recomendada como limite máximo.

Figura 17 – Levantamento *in loco* das folgas laterais dos vãos na torre 1

TORRE 1	SUÍTE 1	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
FOLGA DOS VÃOS (mm)								
VÃO (m)	2,53	0,51	1,76	0,51	1,76	1,01	1,01	1,01
ESQUADRIA (m)	2,515	0,495	1,745	0,495	1,745	0,995	0,995	0,995
10mm ≤ folga ideal ≤ 15 mm								
APTO								
201	-	-	-	-	-	-	-	-
301	18	29	25	25	35	30	30	28
401	25	36	19	6	37	31	30	33
501	25	34	27	23	37	33	31	31
601	39	45	29	24	40	33	31	30
701	25	29	21	14	30	33	33	31
801	26	25	29	21	28	34	36	31
901	23	33	25	27	33	28	31	29
1001	25	32	20	27	25	32	30	29
1101	28	61	26	64	34	31	30	33
1201	25	25	27	25	32	33	-	30
1301	25	25	15	25	25	34	-	32
1302	-	35	25	25	35	32	-	33
FOLGA MÉDIA	26	34	24	26	33	32	31	31

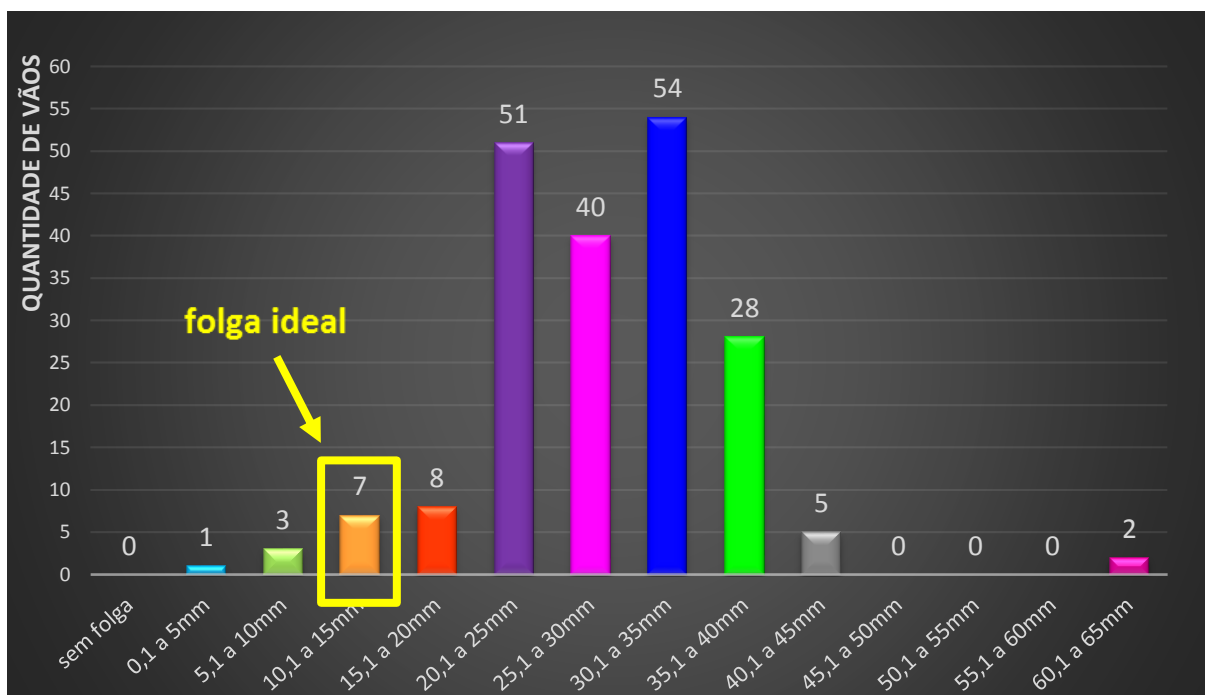
TORRE 1	SUÍTE 1	SUÍTE 1	BANHO 1	SUÍTE 2	SUÍTE 3	BANHO 3	SUÍTE 4	COZINHA	LAVAND 1
FOLGA DOS VÃOS (mm)									
VÃO (m)	2,16	0,96	0,51	2,53	1,76	0,51	1,76	1,01	1,01
ESQUADRIA (m)	2,145	0,945	0,495	2,515	1,745	0,495	1,745	0,995	0,995
10mm ≤ folga ideal ≤ 15 mm									
APTO									
202	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302	32	31	22	26	25	29	23	37	38
402	30	32	25	26	22	21	24	42	38
502	30	31	32	18	23	26	30	36	34
602	31	32	17	27	23	17	23	39	41
702	32	36	31	26	24	23	24	40	39
802	32	36	28	26	26	18	24	32	35
902	34	33	37	22	24	21	26	36	38
1002	31	30	41	19	28	23	7	38	36
1102	35	31	35	12	24	23	10	38	39
1202	35	45	35	5	25	21	29	38	37
1301	25	25	34	35	24	15	14	37	37
1302	25	25	35	-	25	15	15	37	36
FOLGA MÉDIA	31	32	31	22	24	21	21	38	37

LEGENDA:	
	sem folga
	0,1 a 5mm
	5,1 a 10mm
	10,1 a 15mm
	15,1 a 20mm
	20,1 a 25mm
	25,1 a 30mm
	30,1 a 35mm
	35,1 a 40mm
	40,1 a 45mm
	45,1 a 50mm
	50,1 a 55mm
	55,1 a 60mm
	60,1 a 65mm
	não medido

(fonte: elaborado pela autora)

Estipulados intervalos de 5mm, foi realizada uma distribuição destas folgas observadas na torre 1, conforme pode ser visualizado na figura 18. Considerando-se uma tolerância de erro durante a execução do vão de 5mm para mais, sendo este critério adotado pela autora, correspondente a um terço a mais da medida máxima especificada, ou seja, uma folga máxima de 20mm, é possível verificar que ainda assim 180 vãos (de um total de 199) estariam acima das medidas ideais.

Figura 18 – Distribuição das folgas laterais levantadas na torre 1



(fonte: elaborado pela autora)

O mesmo procedimento de análise dos resultados foi aplicado para a torre 3. As folgas laterais disponíveis em cada vão levantado nesta torre, estão nas células coloridas da figura 19. Assim como feito anteriormente, foi calculada a folga média de cada prumada. Com estas, posteriormente, calculou-se a folga média geral, resultando no valor de 26mm, com um valor extremo máximo de 54mm. Nesta torre, verificou-se um caso onde um vão estava 2mm menor que a própria dimensão da esquadria, impossibilitando sua instalação. A diferença da folga média para a máxima recomendada foi de 11mm, também podendo ser considerado um valor excessivo, visto que está aproximadamente 73% maior do que o recomendado.

Figura 19 – Levantamento *in loco* das folgas laterais dos vãos na torre 3

TORRE 3									
	SUÍTE 1	CLOSET	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
FOLGA DOS VÃOS (mm)									
VÃO (m)	2,53	0,51	0,96	1,76	0,51	1,76	1,01	1,01	1,01
ESQUADRIA (m)	2,515	0,495	0,945	1,745	0,495	1,745	0,995	0,995	0,995
APTO 10mm ≤ folga ideal ≤ 15 mm									
201	-	-	-	-	-	-	-	-	-
301	21	30	32	20	22	21	22	19	19
401	-2	46	25	23		19	23	19	20
501	24	45	28	16	35	21	24	23	21
601	23	54	22	23	42	21	22	20	20
701	21	50	19	18	33	21	22	21	21
801	25	51	28	19	40	15	24	22	22
901	15	50	21	20	36	22	19	21	33
1001	16	50	19	18	36	24	20	20	16
1101	17	33	18	23	30	15	21	19	18
1201	12	33	20	22	39	18	17	18	20
1301	20	19	21	23	41	19	5	21	19
FOLGA MÉDIA	17	42	23	20	35	20	20	20	21

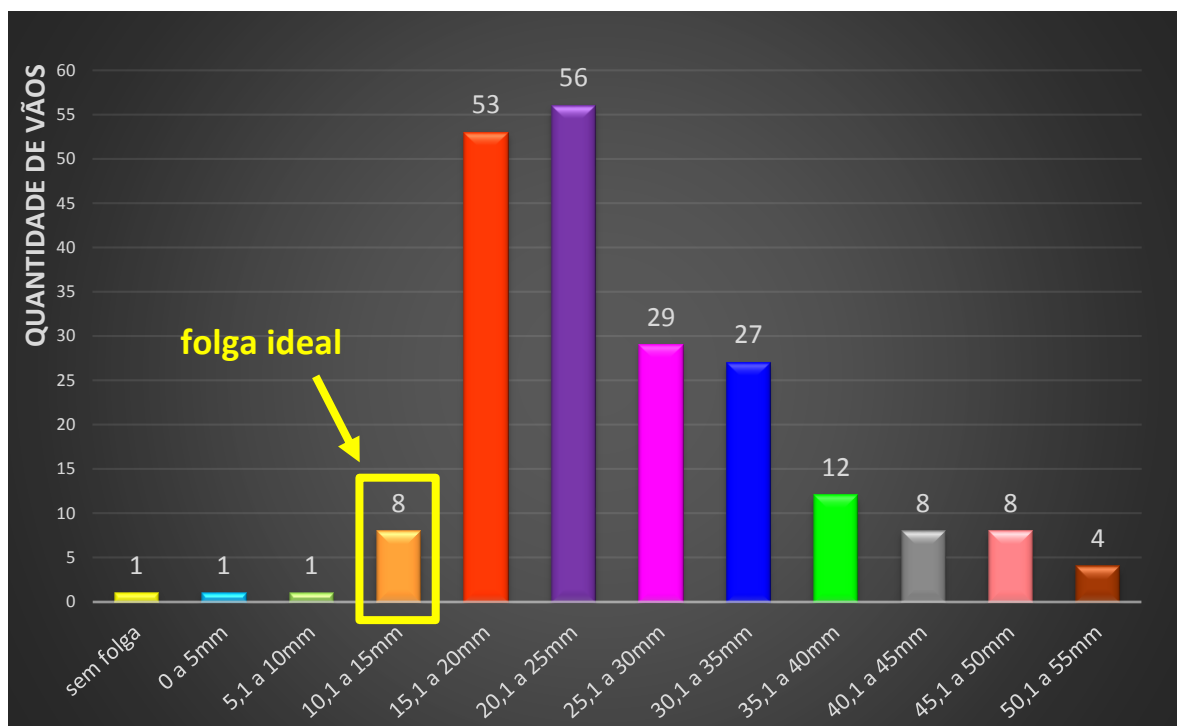
TORRE 3										
	SUÍTE 1	CLOSET	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	BANHO 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
FOLGA DOS VÃOS (mm)										
VÃO (m)	2,53	0,51	0,96	1,76	0,51	1,76	0,51	1,01	1,01	1,01
ESQUADRIA (m)	2,515	0,495	0,945	1,745	0,495	1,745	0,495	0,995	0,995	0,995
APTO 10mm ≤ folga ideal ≤ 15 mm										
202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302	19	29	27	22	20	22	20	22	25	23
402	28	45	35	26	37	20	27	20	24	32
502	29	46	28	19	42	18	23	20	18	31
602	46	38	27	21	39	16	28	22	17	35
702	25	45	28	20	26	21	23	19	18	17
802	31	50	31	19	31	19	26	23	21	35
902	41	52	9	12	26	23	26	17	32	26
1002	33	52	11	31	35	31	24	29	37	29
1102	20	45	12	30	33	26	26	31	19	35
1202	34	47	15	27	25	31	27	36	36	36
1302	34	39	21	22	28	25	26	31	33	30
FOLGA MÉDIA	31	44	22	23	31	23	25	25	25	30

LEGENDA:		
	sem folga	
	0,1 a 5mm	
	5,1 a 10mm	
	10,1 a 15mm	
	15,1 a 20mm	
	20,1 a 25mm	
	25,1 a 30mm	
	30,1 a 35mm	
	35,1 a 40mm	
	40,1 a 45mm	
	45,1 a 50mm	
	50,1 a 55mm	
	não medido	

(fonte: elaborado pela autora)

A figura 20 apresenta a distribuição das folgas em intervalos de 5mm para a torre 3. Considerando-se a mesma tolerância de 5mm para erros de execução do vão adotado pela autora, é possível observar que 144 vãos (de um total de 208 analisados) ainda ficam acima das medidas ideais.

Figura 20 – Distribuição das folgas laterais levantadas na torre 3



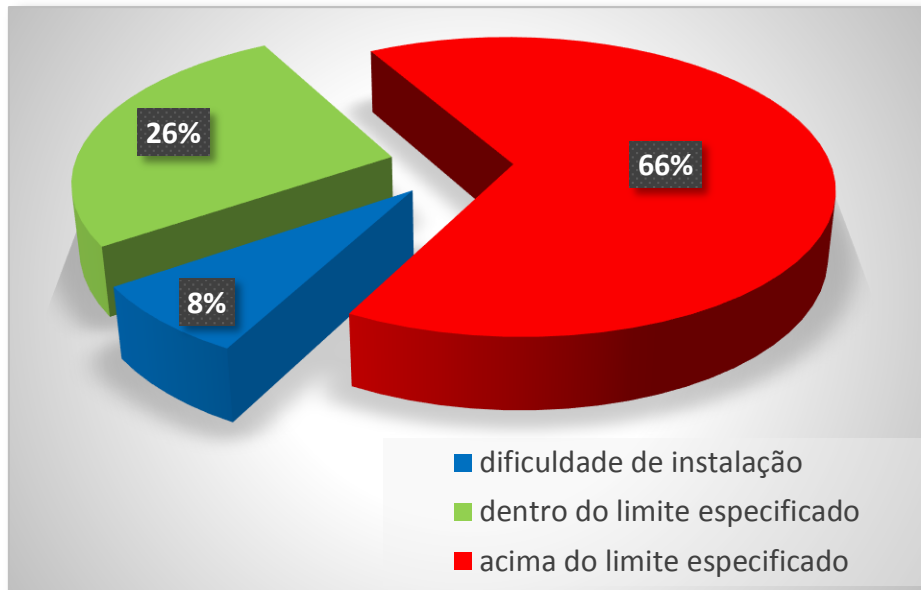
(fonte: elaborado pela autora)

5.3.2.2 Altura dos vãos prontos

A folga ideal recomendada para altura dos vãos acabados está entre 5mm e 10mm. Esta folga é menor que a da largura, visto que na base a esquadria deve ficar totalmente apoiada, sem apresentar nenhuma fresta. Da mesma forma como para largura, folgas abaixo de 5mm muitas vezes representam dificuldade para executar a instalação da esquadria, e folgas acima de 10mm podem levar a necessidade de materiais especiais para vedação, além de estarem mais suscetíveis à ocorrência de manifestações patológicas.

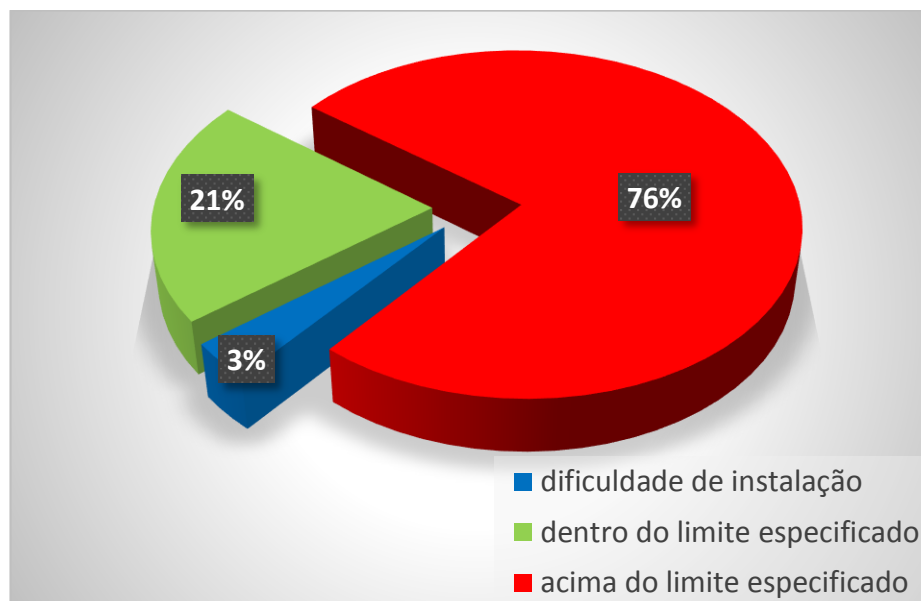
Realizada a análise preliminar da altura nos vãos levantados nas torres 1 e 3, também se verifica uma elevada quantidade acima do limite máximo especificado, embora este número seja um pouco menor do que o encontrado no levantamento das larguras. Estes dados estão ilustrados nas figuras 21 e 22.

Figura 21 – Análise da folga na altura dos vãos para instalação das esquadrias na torre 1



(fonte: elaborado pela autora)

Figura 22 – Análise da folga na altura dos vãos para instalação das esquadrias na torre 3



(fonte: elaborado pela autora)

A figura 21 representa a análise das folgas correspondentes à altura dos vãos medidos na torre 1, onde se verifica que um percentual de 66%, correspondente a 139 vãos, está com folga superior ao limite máximo. Já o percentual de vãos considerados ideais é bem superior se comparado aos vãos ideais na largura, representando um percentual de 26% (56 vãos). Porém,

16 vãos (8%) não apresentaram a folga mínima. Já a figura 22, representa a mesma análise descrita anteriormente para a torre 3, onde 76% dos vãos (156) estão acima da folga máxima, 21% (43 vãos) estão dentro dos limites considerados ideais e 3% (7 vãos) com folga menor que a mínima prevista.

Embora o percentual de vãos com folga acima do limite especificado para a altura tenha sido um pouco inferior se comparado ao da largura, este número ainda pode ser considerado muito elevado. Sendo assim, também realizou-se uma análise mais detalhada destes dados, separadamente para as torres 1 e 3.

As folgas de instalação na altura observadas em cada vão da torre 1 se encontram nas células coloridas da figura 23, estando abaixo de cada coluna a folga média de cada prumada de esquadrias. A média geral calculada para esta folga foi de 14mm, chegando a um valor máximo de 34mm. Em um caso, a altura do vão estava menor que a altura da esquadria, impossibilitando sua instalação.

Figura 23 – Levantamento *in loco* das folgas na altura dos vãos na torre 1

TORRE 1	SUÍTE 1	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
	FOLGA DOS VÃOS (mm)							
VÃO (m)	1,82	0,87	1,27	0,87	1,27	1,17	1,17	1,17
ESQUADRIA (m)	1,81	0,86	1,26	0,86	1,26	1,16	1,16	1,16
5mm ≤ folga ideal ≤ 10 mm								
APTO								
201	-	-	-	-	-	-	-	-
301	6	18	19	15	20	6	9	5
401	17	12	12	12	10	12	10	8
501	17	9	11	18	20	15	10	11
601	18	13	3	17	13	-1	7	4
701	20	16	20	18	12	10	12	14
801	14	17	20	26	15	10	7	10
901	20	17	10	24	18	14	3	7
1001	20	20	20	26	20	13	9	9
1101	17	3	20	10	22	13	9	15
1201	29	20	20	10	10	6	1	8
1301	20	20	20	20	10	5	4	11
1302	-	20	20	20	10	13	12	11
FOLGA MÉDIA	18	15	16	18	15	10	8	9

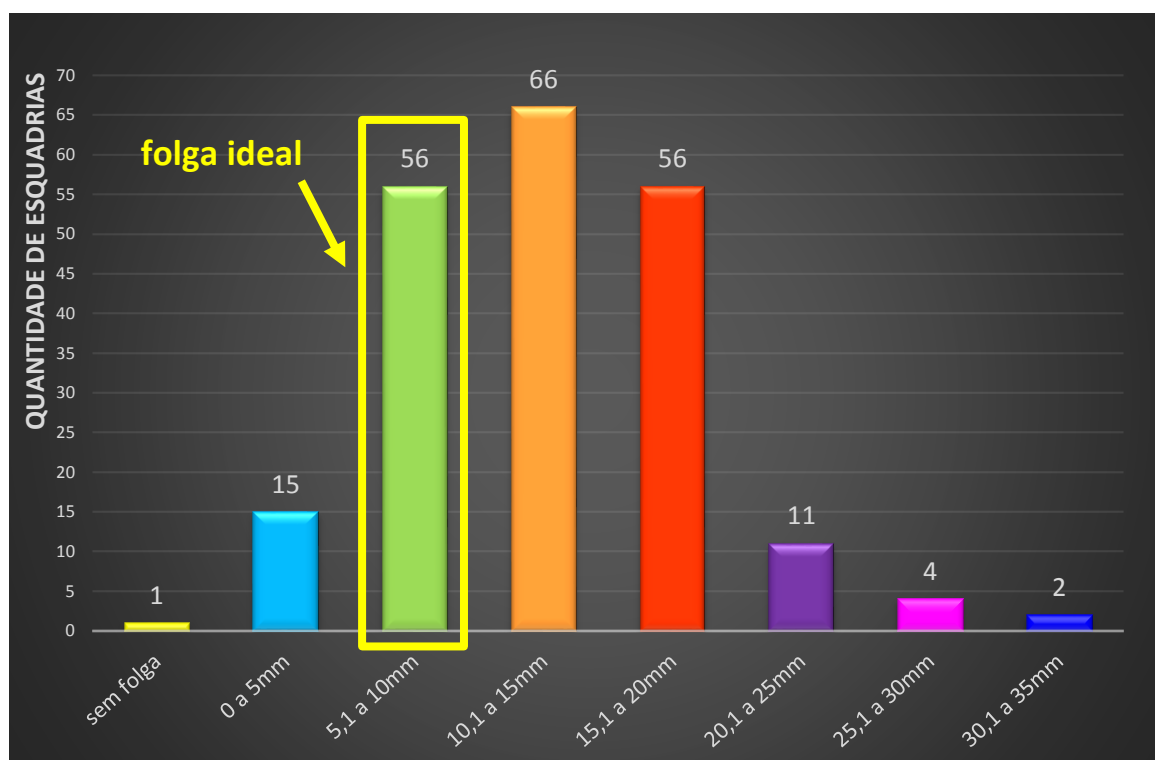
LEGENDA:	
	sem folga
	0 a 5mm
	5,1 a 10mm
	10,1 a 15mm
	15,1 a 20mm
	20,1 a 25mm
	25,1 a 30mm
	30,1 a 35mm
	não medido

TORRE 1	SUÍTE 1	SUÍTE 1	BANHO 1	SUÍTE 2	SUÍTE 3	BANHO 3	SUÍTE 4	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
	FOLGA DOS VÃOS (mm)									
VÃO (m)	1,82	0,87	0,87	1,82	1,27	0,87	1,27	1,17	1,17	1,17
ESQUADRIA (m)	1,81	0,86	0,86	1,81	1,26	0,86	1,26	1,16	1,16	1,16
5mm ≤ folga ideal ≤ 10 mm										
APTO										
202	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
302	11	14	22	9	21	15	9	7	9	12
402	4	11	24	13	17	13	11	13	10	14
502	13	12	11	16	13	17	6	5	13	11
602	9	14	14	3	16	17	8	13	10	11
702	15	16	14	4	18	20	22	12	6	12
802	11	9	6	16	12	15	21	9	7	11
902	9	16	22	10	17	15	8	8	12	8
1002	20	20	15	20	15	13	25	12	11	5
1102	8	10	10	32	18	20	9	11	9	13
1202	9	20	30	10	9	34	1	12	7	3
	-	20	20	20	25	20	22	11	7	8
1302	12	20	20	-	-	-	13	11	15	10
FOLGA MÉDIA	11	15	17	14	16	18	13	10	10	10

(fonte: elaborado pela autora)

Na figura 24 está a distribuição das folgas da altura em intervalos de 5mm para a torre 1. Considerando como tolerância um valor de 5mm devido a erros de execução, que no caso da altura corresponde a 50% da folga máxima especificada, resultando em uma folga de 15mm, 73 vãos ainda ficariam acima deste limite máximo, dos 211 verificados. Embora ainda seja um número consideravelmente alto, este é bem inferior quando comparado com as folgas laterais, onde 179 vãos ficavam acima do limite considerando a mesma tolerância.

Figura 24 – Distribuição das folgas de altura levantadas na torre 1



(fonte: elaborado pela autora)

Aplicando o mesmo procedimento de análise realizado anteriormente para a torre 3, resulta uma folga média de 13mm para a altura, chegando a um valor máximo de 28mm. Nesta torre foram verificados dois vãos críticos, sendo um deles na medida exata da esquadria e outro 9mm menor que a dimensão da esquadria, sendo impossível a instalação da mesma. Os dados levantados se encontram na figura 25.

Figura 25 – Levantamento *in loco* das folgas na altura dos vãos na torre 3

TORRE 3	SUÍTE 1	CLOSET	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
	FOLGA DOS VÃOS (mm)								
VÃO (m)	1,82	0,87	0,87	1,27	0,87	1,27	1,17	1,17	1,17
ESQUADRIA (m)	1,81	0,86	0,86	1,26	0,86	1,26	1,16	1,16	1,16
APTO 5mm ≤ folga ideal ≤ 10 mm									
201									
301	15	12	14	13	10	12	8	6	16
401	17	7	14	8	9	12	17	8	13
501	19	13	16	12	5	19	15	15	13
601	11	6	16	11	14	15	17	20	17
701	17	11	18	18	0	16	13	12	15
801	20	16	20	18	9	17	12	15	13
901	13	11	28	20	5	14	16	21	19
1001	11	13	13	12	4	15	12	10	12
1101	12	15	11	15	17	7	10	9	10
1201	17	6	15	10	13	13	9	12	14
1301	13	14	12	17	12	15	9	12	13
FOLGA MÉDIA	15	11	16	14	9	14	13	13	14

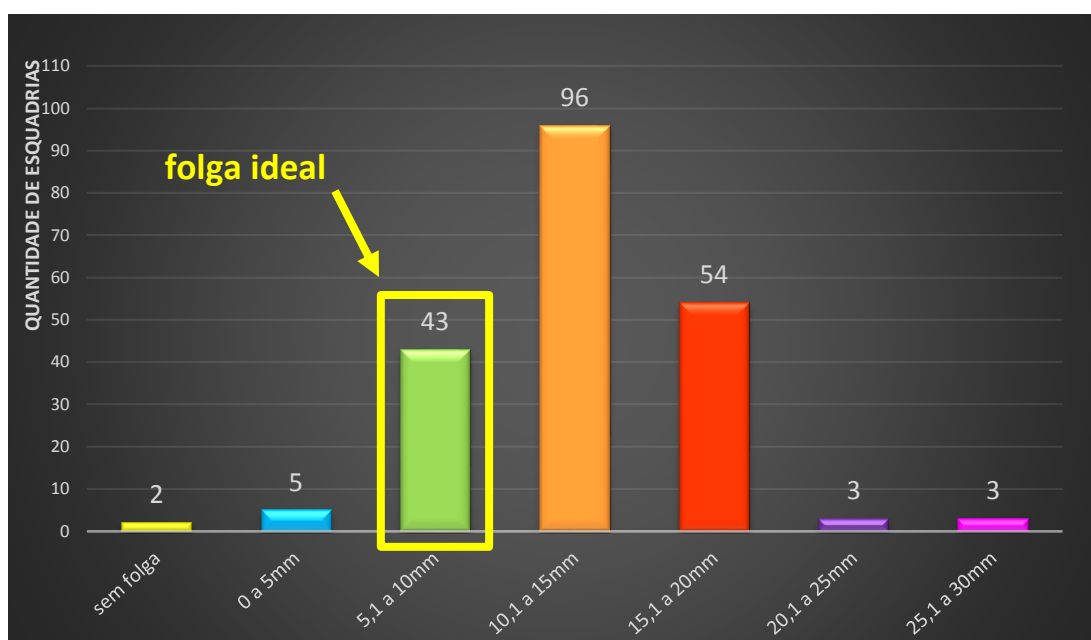
LEGENDA:	
2	sem folga
5	0 a 5mm
43	5,1 a 10mm
96	10,1 a 15mm
54	15,1 a 20mm
3	20,1 a 25mm
3	25,1 a 30mm
-	não medido

TORRE 3	SUÍTE 1	CLOSET	BANHO 1	SUÍTE 2	BANHO 2	SUÍTE 3	BANHO 3	COZINHA	LAVAND 1	LAVAND 2
	FOLGA DOS VÃOS (mm)									
VÃO (m)	1,82	0,87	0,87	1,27	0,87	1,27	0,87	1,17	1,17	1,17
ESQUADRIA (m)	1,81	0,86	0,86	1,26	0,86	1,26	0,86	1,16	1,16	1,16
APTO 5mm ≤ folga ideal ≤ 10 mm										
201										
301	14	12	19	10	18	16	7	6	6	12
401	15	10	18	16	12	16	12	8	14	12
501	15	6	10	14	18	17	18	12	14	13
601	10	9	10	14		14	19	17	13	10
701		9	19	15		16	14	12	11	7
801	16	6	13	21	18	24	17	8	4	11
901	15	6	11	17	17	27	15	12	9	15
1001	13	11	18	20	14	16	15	17	9	17
1101	14	4	15	19	15	13	15	10	11	8
1201	13	13	16	6	27	8	18	8	15	11
1301	17	14	-0,009	9	13	14	11	16	16	15
FOLGA MÉDIA	14	9	13	15	17	16	15	11	11	12

(fonte: elaborado pela autora)

A distribuição das folgas de altura da torre 3 está ilustrada na figura 26. Com a mesma tolerância de 5mm para absorver erros de execução, é possível verificar que há uma redução significativa no número de vãos acima da folga especificada, passando de 156 para 60 vãos, porém, ainda podendo ser considerado uma quantidade elevada.

Figura 26 – Distribuição das folgas de altura levantadas na torre 3



(fonte: elaborado pela autora)

5.3.2.3 Condições dos peitoris

Conforme previsto no projeto do empreendimento, todos os vãos das esquadrias receberam peitoris de granito. Estes foram, em sua maioria, instalados anteriormente à execução do revestimento cerâmico do vão. Tanto a empresa construtora, quanto o fornecedor das esquadrias, fazem algumas recomendações importantes a serem observadas durante a instalação do peitoril, como por exemplo:

- caimento de 10mm;
- canal inferior na pedra para descolamento de água;
- avanço lateral de 20mm para dentro da alvenaria;
- ressalto de pelo menos 20mm do plano da fachada;
- nivelamento ao longo da largura do vão.

Durante o acompanhamento *in loco*, foi possível observar que foi deixado em todos os vãos um espaço para avanço lateral para dentro da alvenaria, conforme pode ser visto na figura 27, assim como foi deixado o ressalto do plano da fachada, indicado na figura 28.

Figura 27 – Detalhe do encaixe para avanço lateral do peitoril



(fonte: foto da autora)

Figura 28 – Detalhe avanço lateral e ressalto do plano da fachada



(fonte: foto da autora)

Foi realizado o levantamento das condições dos peitoris na torre 3, na qual foram verificados o caimento e o nível de um total de 220 vãos. Para verificação do caimento considerou-se uma diferença de nível de aproximadamente 15mm. Essa medida foi adotada pela autora como forma de facilitar o levantamento através da utilização de uma espécie de gabarito, pois os 15mm correspondem a espessura aproximada de um dedo, conforme pode ser visto na figura 29. Isso corresponde também a um caimento de aproximadamente 6%, muito próximo do caimento mínimo de 7% recomendado no item 3.2.2 deste trabalho, e bem acima do caimento especificado na instrução de trabalho da Construtora, sendo este aproximadamente 2%. Dos 220 vãos verificados, apenas 12 não apresentaram o caimento mínimo de 6% adotado pela autora, sendo necessária a correção destes. Já para a verificação do nível ao longo do vão, apenas 4 apresentaram problema, sendo posteriormente corrigidos.

Figura 29 – Verificação do caimento dos peitoris



(fonte: foto da autora)

Após o assentamento do peitoril, o arremate no encaixe deixado para o avanço lateral do mesmo na alvenaria foi feito com a mesma argamassa utilizada para o seu assentamento, sendo esta uma argamassa colante do tipo AC III. Desta forma, foi possível observar alguns casos de fissuras na região entre a argamassa de assentamento do peitoril e a argamassa de revestimento utilizada para requadro dos vãos, conforme ilustrado nas figuras 30 e 31. Através destas fissuras pode ocorrer a percolação de água, resultando posteriormente em umidade nos cantos das esquadrias.

Figura 30 – Fissura no canto inferior do vão



(fonte: foto da autora)

Figura 31 – Fissura no canto inferior do vão



(fonte: foto da autora)

Outra observação importante a ser citada, é que devido às grandes dimensões de algumas esquadrias, existem vãos onde o peitoril é composto por duas peças, apresentando uma emenda centralizada no vão. Neste ponto, deve ser dada atenção especial para a vedação com silicone, conforme é recomendado, pois esta junta pode ser um ponto crítico, possibilitando a percolação de água para o interior do ambiente através da interface com a esquadria.

Após instalado o peitoril, respeitando o ressalto do plano da fachada de 20mm, verificou-se que algumas pedras não chegavam até a face da alvenaria interna, devido ao aumento da espessura da parede, causado principalmente pela elevada espessura do revestimento interno ou externo. Por isso, foi necessário fazer um preenchimento com argamassa de revestimento, conforme pode ser visto na figura 32. Já na figura 33 é possível ver esta regularização pronta, sendo este um caso crítico.

Figura 32 – Preenchimento do peitoril com argamassa



(fonte: foto da autora)

Figura 33 – Preenchimento do peitoril com medida superior ao perfil da esquadria



(fonte: foto da autora)

Como o perfil das esquadrias possui aproximadamente 60mm e a mesma é instalada faceando a parede interna da edificação, criou-se assim uma junta entre a pedra e a regularização com argamassa exposta às intempéries, sendo possivelmente uma futura área de infiltração de água. O ideal neste caso, é que o marco da esquadria fique instalado sobre o peitoril de granito.

5.3.3 Instalação das esquadrias

A instalação das esquadrias, que corresponde aos processos de fixação e vedação, foi acompanhada nas torres 2 e 3. Para essa etapa a Construtora possuía uma instrução de trabalho que, conforme citado anteriormente, foi padronizada para garantir a adequada instalação dessas, sendo muito semelhante ao processo já descrito no item 4.5.2 deste trabalho. Porém, foi observado durante o acompanhamento deste serviço que o mesmo se distinguiu em parte do recomendado pela Construtora, sendo adotado um procedimento de instalação conforme recomendações da empresa encarregada pela instalação das esquadrias, sendo esta a responsável também pela fabricação das mesmas.

As esquadrias foram entregues na obra de acordo com a sua necessidade, normalmente sendo solicitada a entrega de acordo com a fachada liberada para instalação das mesmas. Conforme observado em visita à fábrica dessas esquadrias, estas eram produzidas conforme as recomendações da norma, porém não foi realizado nenhum tipo de ensaio de laboratório que verificasse o atendimento destas aos requisitos exigidos na NBR 10821-2. Desta forma, também não foram identificados durante a entrega das esquadrias as informações sobre o produto, como

a carga máxima de vento a que a esquadria resiste, a classificação e o seu nível de desempenho, conforme é recomendado pela norma.

Para início da instalação, o vão devia de ser liberado pela equipe técnica da obra. As principais observações feitas para se conceder esta liberação eram que o mesmo estivesse revestido com acabamento cerâmico, com dimensões que possibilitassem o encaixe da esquadria e com peitoril de granito instalado com caimento adequado.

Estando o vão liberado, foi realizada a sua limpeza antes de iniciar a instalação. Após, foi aplicado em toda extensão da base onde seria apoiada a esquadria um selante à base de polímero híbrido. Este selante foi escolhido pelo fabricante das esquadrias após a realização de testes de aderência em perfis de PVC, assim como a verificação da resistência, constando-se uma melhor elasticidade após a cura, além de uma maior resistência aos raios UV e às intempéries. Sendo assim, julgou-se mais adequada a sua utilização para vedação das esquadrias.

Logo em seguida, sobre a base, apoiou-se a esquadria. Com o auxílio de cunhas de madeira, posicionadas nos quatro cantos da mesma, se fez o ajuste fino de posicionamento. Dessa forma, através de um nível *laser*, deixou-se a esquadria em prumo e nível. Concluído o posicionamento, foi feito o preenchimento das folgas entre vão e esquadria com espuma expansiva de poliuretano apenas nos cantos calçados com as cunhas. Importante salientar que este preenchimento inicial das folgas não foi realizado na parte central de cada dimensão, pois, conforme o instalador, o preenchimento neste trecho pode causar o empenamento dos perfis. Este posicionamento e fixação inicial pode ser observado na figura 34.

Figura 34 – Posicionamento da esquadria de PVC no vão



(fonte: foto da autora)

Após aguardar um período de cura de aproximadamente 24 horas, sendo este o tempo mínimo, foi realizada a fixação da esquadria por meio de parafusos e buchas, sendo suas posições já determinadas no próprio caixilho da esquadria. Devido à grande variação dimensional dos vãos e a elevada ocorrência de folgas excessivas, sendo estes já abordados no item anterior deste trabalho, foi necessária a adoção de parafusos especiais em alguns vãos. De acordo com o fabricante das esquadrias, normalmente se utilizam parafusos para fixação de no máximo 100mm de comprimento, conforme pode ser visto na figura 35. Porém, em alguns casos, foi necessário a utilização de parafusos especiais de 180mm para a garantia de segurança e resistência da fixação da esquadria na alvenaria.

Durante a fixação com parafusos, também foi possível observar algumas fissuras no revestimento da parede, ocasionadas principalmente devido às espessuras elevadas do mesmo conforme já abordado do item 5.3.1 deste trabalho. Essas fissuras, se não tratadas, podem ser mais um ponto crítico para a infiltração de água, além de comprometer a segurança da fixação da esquadria. Este problema pode ser visualizado nas figuras 36 e 37.

Figura 35 – Parafuso utilizado para fixação das esquadrias



(fonte: foto da autora)

Figura 36 – Descolamento do revestimento de argamassa próximo ao ponto de fixação lateral



(fonte: foto da autora)

Figura 37 – Fissura próxima ao ponto de fixação lateral



(fonte: foto da autora)

Concluída a fixação com parafusos e buchas, foi finalizado o preenchimento de todo o perímetro da interface vão e esquadria com espuma de poliuretano. Para garantir a estanqueidade e vedação foi aplicado no perímetro externo da esquadria um perfil de arremate de PVC, sendo o mais indicado pelo fabricante exposto na figura 38. Porém, devido à elevada ocorrência de folgas excessivas nos vãos, sendo algumas vezes superiores aos próprios 20mm do perfil de arremate, foi preciso a utilização de perfis adaptados para este fim.

Todos os perfis de arremate foram fixados por meio de adesivo selante à base de polímero híbrido, estando após esta etapa concluída a instalação da esquadria. A figura 39 ilustra um trecho do vão antes e após a colocação do perfil de arremate, sendo utilizado o perfil adaptado neste caso.

Figura 38 – Perfil de arremate externo



(fonte: foto da autora)

Figura 39 – Vista externa da esquadria antes e depois da colocação do perfil adaptado de arremate



(fonte: foto da autora)

Nos casos onde não foi possível a instalação do marco da esquadria sobre o peitoril de granito, criando-se assim uma junta entre o próprio peitoril e a regularização deste com argamassa de revestimento, também foi necessária a aplicação de um perfil de arremate especial. Este caso pode ser visto na figura 40, onde o perfil de arremate ainda não havia sido instalado. O mesmo tem por finalidade a eliminação desta junta, evitando que ocorra a infiltração de água gradativa pela alvenaria.

Figura 40 – Esquadria não instalada sobre o peitoril de granito



(fonte: foto da autora)

5.3.4 Análise da estanqueidade à água das esquadrias

A análise de desempenho das esquadrias quanto ao requisito estanqueidade à água foi verificada na torre 2, em três dias de chuva intensa nos meses de agosto, setembro e outubro, sendo que neste período a obra ainda não havia sido entregue. Em cada uma das três verificações, foram observadas a estanqueidade à água de 200 esquadrias.

A primeira verificação foi realizada no mês de agosto, onde foram constatados 8 casos de infiltração de água nas esquadrias de PVC, em um total de 200 esquadrias analisadas. As causas apuradas foram a falta do perfil de arremate externo, que tem papel fundamental para garantia da vedação, além da presença de certa folga entre o peitoril e a esquadria, devido ao deficiente nivelamento do peitoril. Outro fator que também foi observado foi a infiltração em pontos localizados onde há a junta entre duas pedras do peitoril de granito, possivelmente por falha na vedação deste. Na figura 41 é possível ver este ponto específico onde ocorreu infiltração de água.

Figura 41 – Infiltração na região central inferior da esquadria



(fonte: foto da autora)

No mês de setembro, novamente em um dia de chuva, foi realizada mais uma verificação das esquadrias externas de PVC. Neste dia, foram contabilizadas 10 ocorrências de infiltração de água pelas mesmas, num total de 200 esquadrias analisadas. Entre as causas novamente estavam a ausência do perfil de vedação externo, falha no rejunte da emenda de peitoris, e folgas excessivas, sendo estas observadas até mesmo no parte inferior do vão, onde a esquadria deveria estar totalmente apoiada. Isto deve-se ao fato de que o vão não se encontrava em esquadro para

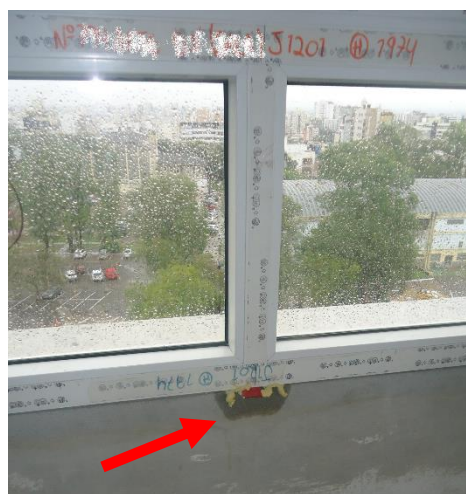
instalação da esquadria. Algumas das ocorrências verificadas podem ser visualizadas nas figuras 42 e 43. Já a figura 44 deixa evidente a importância da aplicação do perfil de arremate externo para prevenção de infiltrações, uma vez que nesta esquadria este ainda não havia sido instalado. Junto à falta deste perfil, foi verificado ainda a existência de uma folga entre a esquadria e a base do vão, resultando, assim, em uma grande infiltração de água neste local.

Figura 42 – Infiltração pelas folgas laterais e inferiores do vão



(fonte: foto da autora)

Figura 43 – Infiltração através de falha na vedação no encontro de peitoris



(fonte: foto da autora)

Figura 44 – Infiltração por falta de arremate de vedação e folga inferior do vão



(fonte: foto da autora)

No mês de outubro foi realizado mais um levantamento das ocorrências de infiltração de água pelas esquadrias em um dia de chuva. Nesta ocasião foram encontrados 4 casos de infiltração em aproximadamente 200 esquadrias analisadas. Na figura 45 é possível ver que o ponto de

infiltração ocorre novamente na região do encontro entre duas pedras do peitoril, sendo que o mesmo apresenta falha de vedação. Já na figura 46, a infiltração aparece no canto inferior de uma esquadria, sendo possível observar neste uma considerável folga inferior e lateral.

Figura 45 – Infiltração através de falha na vedação do peitoril



(fonte: foto da autora)

Figura 46 – Infiltração no canto de esquadria com folga



(fonte: foto da autora)

Importante destacar que, após os três levantamentos do comportamento das esquadrias à estanqueidade à água em dias de chuva, foi possível observar que as janelas com maior número de incidência de infiltração de água foram as com maiores dimensões, estando estas localizadas nas salas e dormitórios dos apartamentos, além de estarem localizadas a partir do sétimo pavimento da edificação. Não foi verificado nenhum caso de infiltração de água pelas esquadrias dos banheiros, as quais possuem as menores dimensões e estão instaladas em áreas molhadas, geralmente dentro da área do box. Desta forma, casos de infiltração de água nestas esquadrias não tem impacto tão negativo quanto ao que ocorre em esquadrias localizadas nos dormitórios ou na sala dos empreendimentos.

6 CONCLUSÕES

A partir da revisão bibliográfica foi possível verificar a importância e os pontos relevantes sobre o assunto tratado neste trabalho. Conforme descrito no terceiro capítulo, a estanqueidade está diretamente relacionada ao conforto, salubridade e durabilidade das edificações, sendo um requisito exigido por normas que visam garantir o bom desempenho da edificação em geral e de seus componentes, como as esquadrias.

Já no quarto capítulo foram analisadas as principais características e vantagens da utilização das esquadrias de PVC. Estas se destacam no requisito estanqueidade principalmente por apresentarem os cantos soldados, além da configuração do perfil que facilita o escoamento da água eventualmente acumulada neste para o ambiente externo. O seu processo de instalação pode ser racionalizado, sem a necessidade de utilização de contramarco, sendo essas esquadrias fixadas diretamente no vão acabado.

Porém, para realizar esse tipo de instalação, torna-se necessário um controle rigoroso durante a execução e preparação dos vãos, o que muitas vezes não ocorre. Dessa forma, o desempenho das esquadrias é diretamente prejudicado, ocorrendo manifestações patológicas dentre as quais está a infiltração de água.

Para o estudo das causas que comprometem a estanqueidade à água em esquadrias de PVC, realizou-se o acompanhamento de todas as etapas do processo que resulta na instalação dessas. Este acompanhamento foi dividido em três etapas construtivas, além da verificação da ocorrência de infiltração de água em algumas esquadrias instaladas na obra acompanhada.

As primeiras etapas acompanhadas foram a marcação dos vãos, o ajuste fino das suas dimensões e o acabamento final. O ajuste foi realizado com a mesma argamassa de revestimento utilizada na fachada, sendo, posteriormente, executado o revestimento final em pastilha cerâmica. Durante a marcação da alvenaria foi possível observar certa dificuldade de manter a uniformidade dimensional dos vãos, constatando-se uma ampla variedade das dimensões, comprometendo desta forma utilização de gabarito para requadro destes. Ao se executar as prumadas das esquadrias para correção e padronização das medidas, foi possível verificar que grande parte dos vãos necessitava de um enchimento com argamassa de revestimento com

espessuras superiores ao máximo recomendado por norma, de 30 mm. Os requadros foram executados com o auxílio de formas de madeira montadas nos vãos, obedecendo-se apenas as prumadas da fachada e dimensões do projeto.

Devido às elevadas espessuras deste requadro, durante o acompanhamento foram verificadas algumas manifestações patológicas que poderiam comprometer a estanqueidade à água, além da própria segurança da esquadria, visto que estas seriam fixadas diretamente no vão com parafuso e bucha. Foram constatados alguns casos onde este revestimento apresentou problemas de aderência, com o seu descolamento ou formação de fissuras que se constituem como um fácil caminho para a percolação de água.

Durante a terceira etapa, onde foi acompanhada a instalação das esquadrias, foi possível observar elevadas folgas laterais e superiores no vão. Também foram constatadas algumas folgas inferiores, acusando a falta de esquadro do vão. Devido a estas folgas excessivas, o fabricante precisou utilizar em alguns casos parafusos especiais de 18mm (normalmente se utilizam parafusos de no máximo 10mm) para que fosse possível garantir a segurança da fixação da esquadria no vão, aumentando o custo destas. Em muitos casos foi necessário a adoção de arremates externos de vedação especiais e adaptados para cobrir essas folgas, gerando mais aumento no custo. Além disso, também foram verificadas, durante a fixação da esquadria com parafuso, quebras e fissuras no revestimento de argamassa comprometendo a própria segurança da fixação.

Analisando-se os dados levantados e apresentados no capítulo cinco, foi possível verificar que a maior dificuldade para manter as dimensões ideais dos vãos estava na largura dos mesmos. Essa dificuldade poderia ser contornada com a utilização de contramarcos de alumínio chumbados na alvenaria, embora a utilização desses represente um aumento de custo de aproximadamente 15% do valor total das esquadrias, conforme foi informado pelo fornecedor dessas. Outra solução poderia ser a utilização da modulação de blocos, que inicialmente estava prevista pela obra, sendo descartada por uma questão de custos. A modulação diminuiria o desperdício de material com quebras, além da redução do consumo de argamassa para o requadro dos vãos, possibilitando uma maior uniformidade dimensional destes. Considerando-se que, atualmente o custo com transporte de restos de materiais de construção está consideravelmente alto, junto ao elevado desperdício causado pela quebra da alvenaria tradicional e o custo com o descarte deste material, a economia que se esperava pela troca do

sistema vedação foi revertida em custos com transporte de grande quantidade de restos de material.

A utilização de gabarito durante a elevação da alvenaria também poderia ser uma outra opção para se obter um maior controle dimensional dos vãos. Já a altura destes pode ser facilmente controlada, visto que esta fica delimitada superiormente por vigas que, se bem niveladas e travadas durante a concretagem, não apresentam tanta variação. A parte inferior deve ser marcada através da utilização de instrumentos para garantia do nível, sendo delimitada pela altura do peitoril.

Outro ponto que merece destaque é a adequada instalação dos peitoris. As juntas nestes devem ser evitadas, visto que foram constatados casos de infiltração por falhas de vedação nestes locais. Caso ocorram, deve-se tomar muito cuidado nesta vedação. Também é necessária atenção para que o marco da esquadria seja totalmente apoiado sobre o peitoril de granito, não deixando exposta a junta deste com a regularização interna com argamassa do vão. Caso não seja possível seguir esta recomendação, é imprescindível a utilização de perfis de arremate de PVC para que esta junta seja coberta e estanque. Ainda para evitar este problema, a obra pode prever algumas peças de peitoris com largura superior a espessura final da alvenaria acrescida de uma pequena folga, visando absorver as diferenças do aumento da espessura da alvenaria após o revestimento de argamassa.

A presença do perfil de arremate de vedação externo em todo o perímetro do vão é essencial para a garantia da estanqueidade, visto que as elevadas folgas ao longo deste podem comprometer esse desempenho. Estes perfis devem ser fixados e vedados por meio de um selante, protegendo toda e qualquer folga entre a esquadria e o vão.

Através do acompanhamento da estanqueidade à água em algumas esquadrias verificadas em dias chuvosos foi constatado que os problemas de infiltração eram recorrentes, sendo as suas causas diretamente relacionadas às condições dos vãos acima citados. Estes casos, quando ocorrem em empreendimentos já habitados por clientes, afetam negativamente a imagem da empresa, além de gerar transtornos aos usuários e altos custos com manutenção. Muitas vezes estes custos chegam a valores muito altos, maiores até mesmo que o próprio custo da esquadria, visto que podem afetar outros tipos de acabamentos como a pintura, guarnições e rodapés de madeira, entre outros.

Conforme observado durante o acompanhamento das etapas, verifica-se que a causa principal dos casos de infiltração ocorre principalmente pela falta de conferência e controle dos processos construtivos durante a execução. Sendo assim, sugere-se que a empresa adote uma medida gerencial, trabalhando fortemente na reciclagem das equipes de obra para que haja a conscientização sobre a importância de cada etapa do processo de instalação para o bom desempenho final das esquadrias. Não será apenas o investimento em produtos de qualidade e a melhoria dos seus processos que garantirá o bom desempenho da edificação. O controle na execução de todos os processos construtivos é a peça fundamental para que se garanta a qualidade final de um produto.

Por fim, conclui-se que este estudo cumpre os seus objetivos de destacar as principais falhas observadas durante todas etapas necessárias para a instalação de esquadrias, assim como apresenta algumas medidas que podem ser adotadas com a finalidade de prevenir este tipo de manifestação patológica em obras futuras.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos, janelas:** aço, alumínio, vidros, PVC, madeira, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000:** sistema de gestão da qualidade: fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 10821-2:** esquadrias externas para edificações: requisitos e classificação. Rio de Janeiro, 2011a.
- _____. **NBR 10821-3:** esquadrias externas para edificações: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011b.
- _____. **NBR 15575-1:** edificações habitacionais – desempenho: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.
- _____. **NBR 15575-4:** edificações habitacionais – desempenho: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.
- BAÍÁ, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho de edificações habitacionais:** guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- GIRIBOLA, M. Como executar fachada argamassada. **Revista Equipe de Obra,** São Paulo: Pini, n. 71, p. 70-73, maio 2014.
- IIZUKA, M. T.; HACHICH, V. M. Instalação de esquadrias sem contramarco. **Revista Técnica,** São Paulo: Pini, ano 10, n. 63, p. 49-52, jun. 2002.
- LUCINI, H. C. **Manual técnico de modulação de vãos de esquadrias.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.
- MOURA, C. C. G.; YOSHIOKA, E. Y. Estanqueidade à água em vãos verticais externos. **Revista Técnica,** São Paulo: Pini, ano 17, n. 149, p. 56-61, ago. 2009.
- PLÁSTICOS VIPAL SA. **Esquadrias de PVC:** sistema de perfis Vipal Medabil. Porto Alegre, 2004.
- PORTAS de correr em PVC. **Revista Técnica,** São Paulo: Pini, ano 21, n. 195, p. 22-23, jun. 2013.
- RODOLFO JÚNIOR, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. **Tecnologia do PVC.** São Paulo: ProEditores Associados/Braskem, 2002.
- THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

TRIKEM SA. **Sistemas em PVC na Construção Civil**. 2. ed. [s. l.], 1997.

_____. **Esquadrias de PVC**: tecnologia, especificação, projetos. São Paulo: ProEditores Associados, 2000.

YAMAMOTO, C. Y.; GONÇALVES, O. M. **Desempenho de caixilhos**: formulação de modelos para avaliação de parâmetros de segurança e habitabilidade. São Paulo: EPUSP, 2006. Boletim Técnico PCC n. 428.