

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

GABRIELE ESPINDOLA AZOLIM

**INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESQUADRIAS UTILIZANDO A
TÉCNICA DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO**

**Alegrete
2017**

GABRIELE ESPINDOLA AZOLIM

**INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESQUADRIAS UTILIZANDO A
TÉCNICA DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Aldo Leonel Temp

**Alegrete
2017**

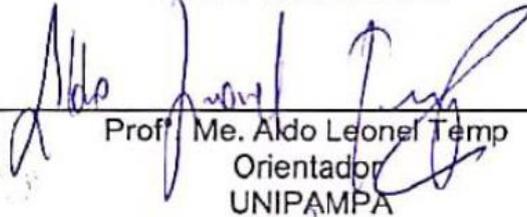
GABRIELE ESPINDOLA AZOLIM

**INVESTIGAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ESQUADRIAS UTILIZANDO A
TÉCNICA DA TERMOGRAFIA DE INFRAVERMELHO**

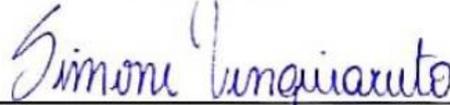
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 30, de Novembro de
2017.

Banca examinadora:



Prof. Me. Aldo Leonel Temp
Orientador
UNIPAMPA



Prof. Dr. Simone Dornelles Venquiaruto
UNIPAMPA



Prof. Me. Elvira Luiza Arantes Ribeiro Mancini
UNIPAMPA

AGRADECIMENTO

Primeiramente, gostaria de expressar minha grande alegria em concluir esta etapa da minha vida acadêmica. Para a realização deste trabalho e durante todo o período da graduação, tive o apoio de pessoas incríveis, as quais me incentivaram nos momentos fáceis e nos momentos difíceis, fazendo com que eu nunca desistisse de lutar pelos meus objetivos. Deixo aqui, meus sinceros agradecimentos a todos que fizeram parte desta etapa, especialmente:

Ao meu Professor Orientador Aldo Leonel Temp, pela dedicação, pela orientação, pela paciência e pela ajuda durante o período de realização deste trabalho.

Aos meus pais, Karina e Luis, pela dedicação e amor, pelo esforço e confiança, e pelo fato de estarem sempre ao meu lado me incentivando a seguir em frente, mesmo com a dor da saudade nestes 5 anos de graduação.

Aos meus irmãos Arthur e Henrique pelas alegrias que me promovem todos os dias, pelo carinho e pelo amor transmitidos a cada encontro. São vocês que motivam eu querer ser uma pessoa melhor!

Ao meu padrasto Sadi, por ser uma pessoa incrível, por me apoiar e sempre auxiliar e amparar minha mãe em todos os momentos, principalmente na criação dos meus irmãos.

As minhas melhores amigas, os presentes que Alegrete me proporcionou, Caroline e Taís, agradeço por estarem sempre presentes em todos os momentos dessa caminhada, desde o primeiro dia de aula. Obrigada pela amizade tão verdadeira!

Aos meus amigos, aqueles que tiveram sempre ao meu lado, nos dias felizes ou de depressão pós provas, nos momentos de angústias e felicidade, nas madrugadas de estudos e finalizações de projetos na 104. Com certeza vocês tornaram meus dias mais felizes e agradáveis.

Por fim, o mais importante, a Deus, por estar sempre comigo, permitindo o fim dessa jornada com saúde, com a presença constante da família e de amigos maravilhosos!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

As janelas, além das exigências estéticas, possuem função de garantir a luminosidade, a estanqueidade (água e ar), a segurança e o conforto acústico e térmico nos ambientes aos quais estão incluídas. Para que essas exigências sejam desempenhadas corretamente é necessário que a instalação desses elementos seja efetuada de acordo com as adequadas técnicas construtivas. O presente trabalho, realizou uma análise visual, fotográfica e térmica visando identificar anomalias que comprometam o desempenho em janelas. Essas análises ocorreram na cidade de Alegrete/RS, em um edifício de concreto armado, composto de dois pavimentos, e em um apartamento, de uma edificação multifamiliar, construído com sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*. Por meio dos estudos e análises obtidas das fachadas do edifício de concreto armado, constatou-se que as patologias encontradas eram sempre as mesmas (fissuras horizontais, inclinadas, manchamentos e bolhas), apresentando maior incidência na fachada leste da edificação. No edifício de paredes de concreto moldadas *in loco* não constataram-se patologias na região das esquadrias, no entanto, foi analisada questões térmicas relacionadas a ligação entre esquadria-superfície, para posteriormente efetuar comparações com sistema construtivo de concreto armado.

Palavras-Chave: Patologias, Janelas, Análises Térmicas, Desempenho.

ABSTRACT

The windows, in addition to the aesthetic requirements, have the function of guaranteeing the luminosity, the tightness (water and air), the safety and the acoustic and thermal comfort in the environments to which they are included. In order for these requirements to be performed correctly, it is necessary that the installation of these elements be carried out according to the appropriate construction techniques. This work, conducted a visual, photographic and thermal analysis to identify anomalies that compromise performance in windows. These analyzes occurred in the city of Alegrete / RS, in a reinforced concrete building, composed of two floors, and in an apartment, in a multifamily building, built with a system of concrete walls molded in loco. Through studies and analyzes obtained from the facades of reinforced concrete building, it was found that the pathologies discovered were always the same (horizontal cracks, tilted, staining and bubbles), with higher incidence in the east facade of the building. In the building of molded concrete walls in loco there were not observed pathologies in the region of the frames, however, it was analyzed thermal issues related to the connection between squaring-surface, to later make comparisons with the constructive system of reinforced concrete.

Keywords: Pathologies, Windows, Thermal Analysis, Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema e componentes de uma janela	19
Figura 2- Esquema de assentamento de caixilho em janelas.....	21
Figura 3- Referência para posicionamento da esquadria	28
Figura 4- Acabamento externo de acordo com o contramarco (a) contramarco tipo “cadeirinha”; (b) contramarco tipo “Y”	29
Figura 5- Espaçamento dos chumbadores na esquadria e no contramarco	30
Figura 6- Cortes laterais demonstrando rebaixos e tipos de gaxeta	33
Figura 7- Método da aplicação da espuma de poliuretano.....	34
Figura 8-Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica na laje de cobertura	44
Figura 9- Fissuração típica (real) nos cantos da aberturas, sob atuação de sobrecargas	46
Figura 10-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior	47
Figura 11-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte inferior que a que o componente superior	47
Figura 12-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte idêntica à deformação da viga superior	48
Figura 13-Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais	48
Figura 14-Fissuras em parede externa, promovidas pela retração da laje de cobertura	50
Figura 15-Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias	51
Figura 16-Fissura de retração em parede monolítica de concreto, na seção enfraquecida pela presença do vão de janela	52
Figura 17-Fissura horizontal sob o peitoril.....	53
Figura 18-Manchamento do revestimento próxima às extremidades do peitoril.....	53
Figura 19-Infiltração nas interfaces do peitoril	54
Figura 20-Falha de chumbamento do contramarco (a) tipo “cadeirinha” e (b) tipo “Y”	55
Figura 21-Infiltração na interface janela/verga.....	55
Figura 22-Configuração típica de ausência de estanqueidade	56
Figura 23-Ensaio de prisma	58
Figura 24-Técnica de termografia passiva	60
Figura 25-Fluxograma metodologia	63
Figura 26-Primeira seção questionário	65
Figura 27-Segunda seção questionário	66
Figura 28-Fachada de acesso a edificação.....	69
Figura 29-Fachada norte da edificação do NTIC	71
Figura 30-Numeração das janelas da fachada norte.....	72
Figura 31-Esquadrias circulares fachada norte	73
Figura 32-Termograma interno janela 2 EN 3EN 4EN	73
Figura 33-Termograma externo janela 2 EN 3EN 4EN.....	74
Figura 34-Erros de projeto fachada norte.....	75
Figura 35-Esquadria retangular 6EN da fachada norte.....	76
Figura 36-Esquadria retangular 7EN da fachada norte.....	76
Figura 37-Esquadria retangular 8EN fachada norte	76

Figura 38-Termograma esquadria 6EN fachada norte.....	77
Figura 39-Termograma esquadria 7EN fachada norte.....	78
Figura 40-Termograma esquadria 8EN fachada norte.....	78
Figura 41-Mapa de incidência de danos fachada norte.....	80
Figura 42-Fachada sul da edificação do NTIC.....	80
Figura 43-Manchamento da superfície esquadria fachada sul.....	81
Figura 44-Mapa de incidência de danos fachada sul.....	82
Figura 45- Fachada leste da edificação do NTIC.....	83
Figura 46-Numeração das janelas da fachada leste.....	83
Figura 47- Janelas 1 EL e 2EL.....	84
Figura 48-Termograma esquadria 1EL e 2EL fachada leste.....	85
Figura 49-Janelas 3EL e 4EL.....	86
Figura 50-Janelas 5EL e 6EL.....	86
Figura 51-Termograma esquadria 3EL e 4EL fachada leste.....	88
Figura 52-Termograma esquadria 5EL e 6EL fachada leste.....	88
Figura 53-Janelas 7EL e 8EL.....	89
Figura 54-Termograma esquadria 5EL e 6EL fachada leste.....	90
Figura 55-Janelas 9EL e 10EL.....	91
Figura 56-Janelas 11EL e 12EL.....	91
Figura 57-Termograma esquadria 9EL e 10EL fachada leste.....	92
Figura 58-Termograma esquadria 11EL e 12EL fachada leste.....	93
Figura 59-Janelas 14EL e 15EL.....	93
Figura 60- Erro de execução.....	94
Figura 61-Mapa de danos fachada leste.....	95
Figura 62-Fachada oeste da edificação do NTIC.....	95
Figura 63- Numeração das janelas da fachada oeste.....	96
Figura 64-Janelas 1EO e 2EO.....	97
Figura 65-Janelas 3EO e 4EO.....	97
Figura 66-Termograma interno das janelas 3EO e 4EO.....	98
Figura 67-Termograma externo das janelas 3EO e 4EO.....	99
Figura 68-Janelas 5EO e 6EO.....	100
Figura 69-Termograma externo das janelas 5EO e 6EO.....	101
Figura 70-Janelas 7EO e 8EO.....	102
Figura 71-Termograma externo das janelas 7EO e 8EO.....	103
Figura 72-Mapa de incidência de danos fachada oeste.....	104
Figura 73-Fachada do edifício de paredes de concreto moldadas in loco.....	104
Figura 74- Janela 1EN edifício de paredes de concreto moldadas in loco.....	106
Figura 75- Ausência de peitoril janela 1EN.....	107
Figura 76- Termograma interno da janela 1EN.....	108
Figura 77- Termograma externo da janela 1EN.....	109
Figura 78- Janela 1ENO edifício de paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	110
Figura 79- Detalhamentos janelas 1ENO e 2ENO.....	111
Figura 80- Termograma interno da janela 1ENO.....	112
Figura 81- Termograma interno da janela 2ENO.....	112
Figura 82- Termograma externo da janela 1ENO e 2ENO.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Transmitância térmica de paredes externas	37
Tabela 2-Capacidade térmica de paredes externas	37
Tabela 3- Vida útil de projeto	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Modelos de janelas.....	23
Quadro 2- Propriedades dos selantes.....	32
Quadro 3- Variação de energia (termografia ativa).....	61
Quadro 4- Possibilidades da técnica a ativa.....	61
Quadro 5- Características das janelas na edificação em concreto armado.....	70
Quadro 6- Quantidade de janelas por fachada.....	70
Quadro 7- Características das janelas na edificação em paredes de concreto moldadas in loco.....	105
Quadro 8- Quantidade de janelas por fachada.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas

BS- British Standard

SVVIE – Sistemas de vedações verticais internas e externa

NTIC- Núcleo de tecnologia informação e comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização do Texto.....	12
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Estrutura do Trabalho	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Desempenhos das edificações	15
2.1.1 Requisitos básicos para um bom desempenho de uma edificação.....	15
2.2 Desempenho dos Materiais	17
2.2.1 Definições e conceituações básicas sobre janelas	17
2.2.1.1 Elementos típicos das janelas	17
2.2.1.2 Materiais das janelas	21
2.2.1.3 Classificação das janelas	23
2.2.1.4 Procedimentos de instalação de janelas	27
2.2.2 Desempenho em janelas	35
2.2.2.1 Estanqueidade.....	36
2.2.2.2 Desempenho térmico.....	36
2.2.2.3 Durabilidade e manutenibilidade	38
2.3 Sistemas construtivos	38
2.3.1 Sistema construtivo em concreto armado	39
2.3.2 Sistema construtivo em paredes de concreto armado moldadas in loco	41
2.4 Principais manifestações patológicas em elementos de fechamento das edificações.....	42
2.4.1 Variação de temperatura	43
2.4.2 Sobrecargas de compressão.....	45
2.4.3 Flexão de vigas e lajes	46
2.4.4 Retração de produtos à base de cimento.....	49
2.4.5 Umidade.....	52
2.4.6 Excessiva permeabilidade ao ar.....	55
2.5 Noções básicas de termografia	56
2.5.1 Termografia infravermelha.....	57
2.5.2 Radiação infravermelha	58
2.5.3 Emissividade.....	59

2.5.4 Técnicas de termografia digital	59
2.5.5 Identificação de manifestações patológicas utilizando termografia.....	62
3 METODOLOGIA	63
3.1 Coleta de dados.....	63
3.2 Tratamento dos dados	67
3.3 Diagnóstico.....	67
4. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	68
4.1 Descrições do equipamento.....	68
4.2 Edificação de concreto armado	69
4.2.1 Coleta de dados	69
4.2.2 Tratamento dos Dados e Diagnósticos.....	71
4.2.2.1 Fachada Norte	71
4.2.2.2 Fachada Sul	80
4.2.2.3 Fachada Leste	82
4.2.2.4 Fachada Oeste.....	95
4.3 Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>	104
4.3.1 Coleta de dados	104
4.3.2 Tratamento dos Dados e Diagnósticos.....	106
4.3.2.1 Fachada Norte	106
4.3.2.2 Fachada Noroeste	109
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	114
5.1 Considerações Finais	114
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	116
REFERÊNCIAS.....	117

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Texto

O território brasileiro é caracterizado por possuir técnicas construtivas predominantes como as construções em concreto armado, alvenaria estrutural, e atualmente vem sendo amplamente empregado o sistema de paredes em concreto armado moldadas in loco. Além dessas características, o território também caracteriza-se por possuir diferentes tipos de clima devido sua grande extensão e localização.

Devido à grande variabilidade climática, para as edificações desempenharem as funções necessárias seria indispensável uma análise de projeto rigorosa e a adequada escolha dos materiais. De forma subjetiva desde o Código de Hamurabi (1950 a 1913 a.C.) mencionava-se o conceito de desempenho das edificações. Os artigos que o constituía não citavam como a moradia deveria ser construída, os materiais que deveriam ser empregados e nem os métodos construtivos adequados, porém, definia um resultado final no qual a construção não poderia entrar em colapso.

Associa-se a definição de desempenho das edificações com o comportamento das mesmas quando estão em utilização. A redução de desempenho decorrente da degradação prematura das edificações é um problema frequente e geralmente ocasionado devido à falta de mão de obra especializada o que desencadeia a má execução das técnicas construtivas, baixa qualidade dos materiais e/ou escolha inadequada dos mesmos e devido à falta de manutenção da edificação.

No Brasil, após muitos anos de debates e revisões, no ano de 2013 entrou em vigor a norma de Desempenho das Edificações Habitacionais NBR 15575 (ABNT,2013), a qual define e evidencia a importância de um desempenho mínimo ao longo da vida útil dos elementos principais, tais como vedações, instalações hidrossanitárias e elétricas, pisos, fachada e cobertura, de qualquer edificação habitacional.

As janelas são importantes elementos de vedações verticais e têm como desempenhos estabelecidos por norma, onde os mesmos referem-se a requisitos como estanqueidade à água, ar, rajadas de vento, e ao conforto acústico e térmico. O desempenho adequado de todo esse conjunto é fundamental para a projeção de espaços de convivência saudáveis nas edificações.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo analisar o desempenho térmico e identificar as principais patologias que estão presentes nas janelas das edificações de concreto armado e das edificações de paredes de concreto moldadas *in loco*, apontando suas possíveis causas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral consiste em realizar uma análise de comportamento e desempenho de janelas via técnica de termografia de infravermelho.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma análise termográfica em janelas de edificações de concreto armado;
- Realizar uma análise termográfica em janelas de edificações de paredes de concreto armado moldadas *in loco*;
- Identificar as anomalias e possíveis causas nas interfaces das janelas utilizando a técnica da termografia;

1.3 Justificativa

Além das exigências estéticas, as janelas possuem função de garantir o bem estar, a luminosidade, a ventilação, a privacidade e a estanqueidade tanto a água quanto ao ar. Com a finalidade de proporcionar a segurança e o conforto acústico e térmico nos ambientes aos quais estão incluídas.

Para que todas essas exigências sejam desempenhadas corretamente é necessário que a instalação das janelas sejam efetuadas de acordo com as adequadas técnicas construtivas.

Deste modo, este trabalho visa realizar análises termográficas, por meio de um ensaio não destrutivo, em janelas de edificações de concreto armado e paredes de concreto moldadas *in loco* a fim de identificar anomalias que comprometam o desempenho desses componentes de fechamento.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é desenvolvido ao longo de cinco capítulos.

O capítulo um apresenta a introdução, o objetivo principal, os objetivos específicos e a justificativa.

O capítulo dois compreende a fundamentação teórica. Nessa parte é inserido conceitos úteis sobre desempenho das edificações, principais manifestações patológicas em elementos de fechamento e noções básicas sobre termografia.

No capítulo três a metodologia proposta é abordada de forma específica assim como, as atividades previstas para alcance dos objetivos apresentados.

No capítulo quatro encontram-se os resultados e as discussões conforme a metodologia proposta para este estudo.

Por fim, no capítulo 5 as considerações finais são desenvolvidas e as sugestões para estudos posteriores são indicadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desempenhos das edificações

O conceito de desempenho das edificações vem sendo estudado há muito tempo, tornando um tema consolidado no meio acadêmico. A necessidade de construir em larga escala para suprir os déficits habitacionais é cada vez mais crescente, havendo uma relação entre a busca da industrialização associada à racionalização dos sistemas construtivos.

Define-se como desempenho o comportamento das edificações ao longo da sua vida útil (BLACHERE, 1969). Apesar da conceituação ser simples, a aplicação na prática é bastante difícil devido ao englobamento de muitos setores na construção civil como construtoras, fabricantes, incorporadoras e órgãos de financiamento. Além de abranger interesses econômicos e as exigências dos usuários das habitações que muitas vezes são variáveis, crescentes e subjetivas.

2.1.1 Requisitos básicos para um bom desempenho de uma edificação

A NBR 15575 (ABNT,2013) é caracterizada por dividir-se em 6 partes. A primeira parte refere-se a requisitos e critérios gerais de desempenho e as demais, tratam-se de requisitos específicos de sistemas estruturais, sistemas de pisos, sistemas de vedações verticais internas e externas, sistemas de coberturas e sistemas hidrossanitários.

Todos sistemas unidos constituem uma edificação e possuem funções básicas definidas pelos critérios de desempenho que devem cumprir. Esses critérios são determinados por especificações técnicas e têm quantidades mensuráveis já determinadas.

Conforme Lorenzi (2013), a NBR 15575 (ABNT, 2013) está estruturada em três grandes áreas, segundo as exigências dos usuários: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Cada área é subdividida em responsabilidades, onde se atribui desempenho mínimo que deve ser atendido pelo edifício em uso, durante a vida útil, e desempenhando sua função no meio onde está inserido.

Os fatores de segurança para uma edificação, de acordo com as exigências do usuário segundo a primeira parte da norma NBR 15575-1 (ABNT,2013) são:

- Segurança estrutural;
- Segurança contra o fogo;
- Segurança no uso e na operação.

As exigências do usuário relativa à habitabilidade das edificações são expressas pelas condições de:

- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Saúde, higiene e qualidade do ar;
- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil e antropodinâmica.

De acordo com a sustentabilidade os requisitos são:

- Durabilidade;
- Manutenibilidade;
- Impacto ambiental.

Essa norma trata-se de um marco regulatório no setor da construção civil de grande importância, pois agrega valores imprescindíveis às edificações, como segurança, qualidade e conforto (CBIC,2013).

Para que todas as exigências citadas anteriormente sejam cumpridas, é necessária a incorporação de uma visão de longo prazo e inovação nos setores da construção civil.

De acordo com Borges e Sabbatini (2008), o estímulo à inovação é citado em toda a literatura como sendo um dos maiores benefícios decorrentes da aplicação do conceito de desempenho. Esse conceito também implica em um visão de negócio, trazendo bons resultados para empresas, devido ao aumento de competitividade, rentabilidade e uma imagem diferenciada no mercado ao qual está incluída afinal, a inovação bem sucedida juntamente com a efetiva geração e implementação de uma nova ideia aumenta o desempenho organizacional como um todo (SEXTON; BARRETT, 1998).

É necessário lembrar que além de inovação, deve-se incluir mudanças nos métodos construtivos visando aprimorá-los para alcançar os desempenhos previstos em norma.

2.2 Desempenho dos Materiais

O presente estudo tem como foco principal o estudo de vazamento térmico nas janelas das edificações, portanto, nesta etapa do trabalho será apresentado os materiais, a definição e conceituação, as técnicas construtivas e os diferentes modelos desse tipo de esquadria para assim poder relacionar com as suas funções de desempenho como elementos de fechamento nas edificações.

2.2.1 Definições e conceituações básicas sobre janelas

As janelas, conforme a NBR 10821-1 (ABNT, 2017), é um esquadria geralmente envidraçada, destinada ao preenchimento de vão com finalidade de permitir a iluminação e/ou ventilação do ambiente. Esse elemento também está relacionado diretamente com questões de segurança, conforto e técnica construtiva.

2.2.1.1 Elementos típicos das janelas

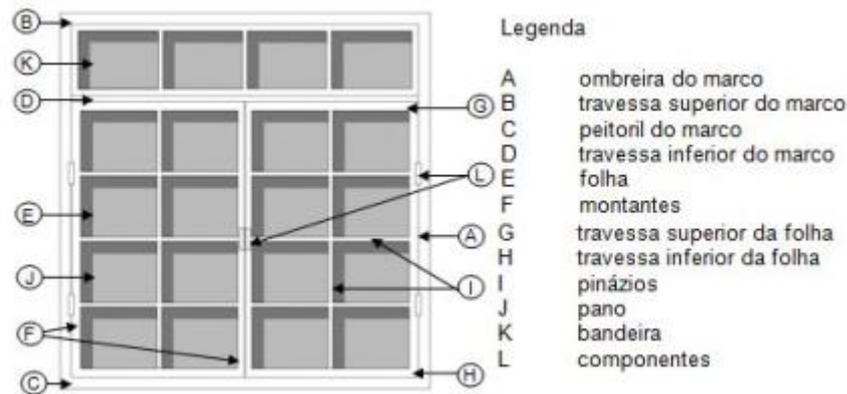
Independente do material com o qual são fabricadas, as janelas possuem detalhes construtivos e elementos típicos (LUDUVICO, 2016). A seguir serão especificadas as definições e funções desses elementos de acordo com a Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI, 1991), NBR 10821-1 (ABNT, 2017) e outras referências que serão indicadas no corpo do texto.

- **Contramarco:** normalmente pré-moldado em concreto, alumínio ou madeira, consiste em um quadro suplementar instalado diretamente na parede de fechamento. Possui como função principal garantir a vedação e regularização do vão. A fixação desse elemento à parede é geralmente feita por meio de chumbadores ou grapas sendo que os chumbadores mencionados podem ser pregos de 22x48 mm ou 22x42 mm e ainda providos de fita metálica dentada (SALGADO, 2011).

- Salienta-se que a esquadria instalada deverá ter medidas menores que o contramarco, tendo tolerâncias mínimas para que a peça de encaixe com precisão.
- Marco: é um conjunto de peças fixas que estão em contato com o contra marco ou com o contorno do vão. Denomina-se também como um quadro periférico e aparente a esquadria. Nas janelas de correr, funcionam como trilhos ou guia das folhas móveis já em janelas de abrir, funcionam como batentes.
- Folhas: com ou sem subdivisões, são quadros fixos ou móveis onde são instalados vidros e venezianas.
- Acessórios: são os fechos, roldanas, dobradiças, puxadores, escovas de vedações, trincos, entre outros elementos. Podem ser constituídos por materiais como alumínio fundido, latão, aço inox, náilon, poliacetal, zamak, chumbaloy e aço 1020.
- Vidros: são componentes destinados a vedação podendo ser instalados com ou sem baguetes utilizando gaxetas de borracha, massa de silicone ou vidro.
- Peitoril: projeta-se além da parede tendo função de parapeito, localiza-se na base inferior da janela. Nesse elemento pode haver ou não a presença de pingadeira cuja sua finalidade é minimizar a infiltração de água por meio dos encontros horizontais entre a janela e o vão.
- Juntas: região entre duas partes adjacentes de um mesmo componente ou entre dois componentes distintos, que pode conter ou não elementos de vedação e ligação. As juntas muitas vezes são consideradas as partes mais vulneráveis da janela sob as exigências de desempenho que se analise, elas devem desempenhar sua função de durabilidade e estanqueidade para não gerar problemas futuros.
- Selantes: têm propriedades de capacidade de movimentação, aderência ao suporte, durabilidade, facilidade de aplicação e compatibilidade com substratos. Segundo Barriac (2013), o selante mais conhecido na indústria do vidro é a famosa massa de vidraceiro composta de óleo de mamona ou soja, cargas minerais e catalisador entretanto, esse produto não é considerado um selante pois não tem praticamente elasticidade. Assim, os selantes para vedação das juntas em caixilhos devem ser constituídos por resina butílica, acrílica, poliuretano, polissulfeto e silicone.

Para melhor entendimento, a Figura 1, adaptação da NBR 10821-1 (ABNT,2017), mostra o esquema geral e componentes de uma janela.

Figura 1- Esquema e componentes de uma janela



Fonte: Luduvico (2016, p. 25)

O caixilho, por sua vez, trata-se de uma armação de madeira, metal ou outro material, ao qual fixam as portas e janelas, venezianas e outros elementos (SALGADO, 2011). Por controlar a passagem de ar e pessoas pelo vão (em caso de portas), o caixilho é um importante componente de vedação onde são alojados vidros, chapas e persianas. Segundo Alvarenga (2008), a caixilharia é também responsável de transmitir vida e luz para dentro do ambiente.

Os caixilhos podem ser constituídos de diferentes materiais como madeira, alumínio e PVC, ferro e vidro. Salgado (2011) atribuiu observações comuns para cada um desses materiais.

a) Caixilhos de madeira

- Apropriados para regiões litorâneas;
- Podem sofrer manchas em contato com argamassas e concreto;
- Nunca devem ser encunhados nos meios de vãos dos montantes e travessas. Podem sofrer torção e flexão, dificultando seu funcionamento;
- Não recomendados quando expostos às intempéries.

b) Caixilhos de alumínio e PVC

- Podem sofrer manchas quando em contato com argamassa e concretos. Remover imediatamente os respingos.
- Nunca devem ser encunhados nos meios de vãos dos montantes e travessas pois podem sofrer torção e flexão.

c) Caixilhos de ferro

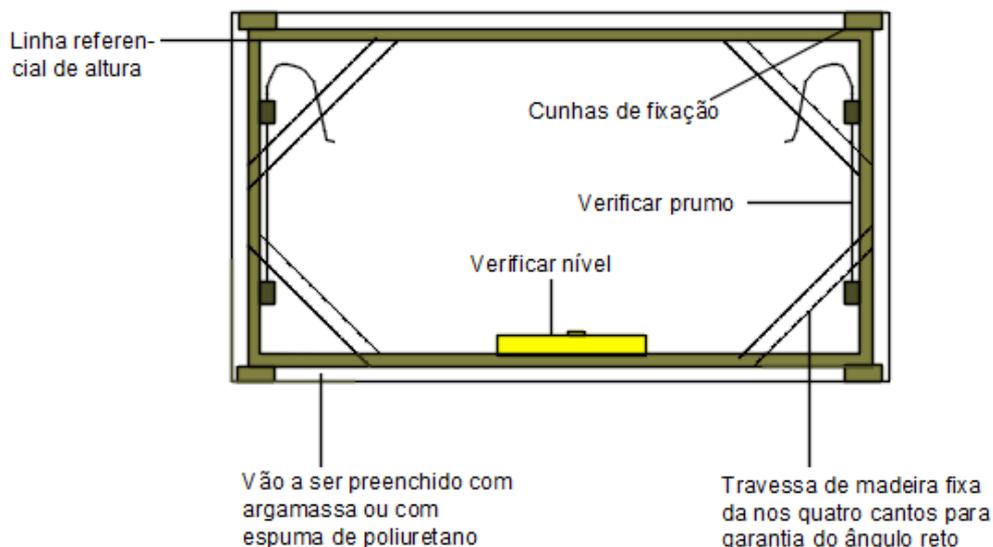
- Nunca devem ser encunhados nos meios de vãos dos montantes e travessas. Podem sofrer torção e flexão, dificultando seu funcionamento;

d) Caixilhos de vidro

- Os requadros dos vãos devem ser perfeitos para promover o correto encaixe das peças.

O assentamento dos caixilhos nas esquadrias deve ser muito rigoroso no que diz respeito aos prumos e níveis afinal, esses elementos fazem parte do acabamento de uma obra e como tal, merecem especial atenção, pois um erro pode levar a difíceis correções (SALGADO, 2011). Na Figura 2 encontra-se o esquema básico de assentamento de um caixilho em janelas.

Figura 2- Esquema de assentamento de caixilho em janelas



Fonte: Adaptado Salgado (2011)

2.2.1.2 Materiais das janelas

Os materiais utilizados nas esquadrias (portas e janelas) são variáveis. A seguir, esses serão descritos juntamente com suas características e observações mais relevantes segundo Salgado (2011) e a NBR 10821-2 (ABNT,2017).

a) Madeira

- Elemento de fácil adaptação devido a sua versatilidade e beleza;
- Deve haver o tratamento contra fungos e cupins;
- Para evitar o risco de empenamento e alterações de medidas, esse elemento deve estar devidamente seco antes da fabricação;
- É necessário pintura de proteção (verniz) periodicamente para manutenção de sua textura e beleza;
- Deve-se consultar a NBR 7190 (ABNT,1997) na qual orienta projetos em estrutura de madeira.

b) Ferro

- Elemento adaptável a qualquer projeto arquitetônico;
- Antes da aplicação do sistema de pintura, toda a ferragem deve ser lixada e limpa com solvente;
- Não recomendado para regiões litorâneas devido à presença de salinidade;
- Aumenta a segurança.

c) Alumínio

- Elemento versátil, leve e adaptável a qualquer projeto arquitetônico;
- É encontrado comercialmente em diversas cores e padrões;
- Devido à resistência desse material a salinidade recomenda-se o uso em regiões litorâneas;
- Largamente utilizado em edifícios residenciais e comerciais;
- Não deve receber respingos de argamassa ou concreto, pois o alumínio sofre reação com a cal, ocasionando manchas irreversíveis no material.

d) Aço carbono e suas ligas

- Esquadrias compostas por esse material devem receber tratamento de superfície que garanta a proteção contra corrosão.

e) Aço inoxidável

- As esquadrias de aço com estrutura austenítica não necessitam de proteção adicional de superfície.

f) PVC (policloreto de vinila)

- Elemento leve e versátil, também adaptável a qualquer projeto arquitetônico;
- Dispensa pintura;
- Bastante utilizado em edifícios comerciais e residenciais;
- Componentes de vedação constituídos por PVC devem atender aos requisitos da BS-EN 12608-1.

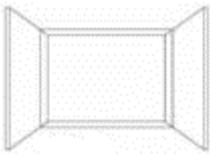
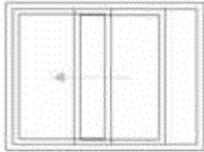
g) Vidro

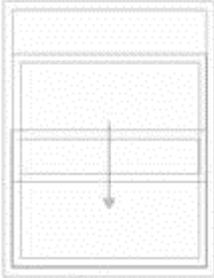
- Elemento leve, versátil e também adaptável a qualquer projeto arquitetônico.
- Deve-se verificar a espessura e o tipo de vidro conforme a sua aplicação e finalidade;

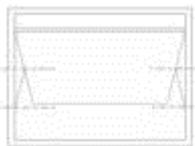
2.2.1.3 Classificação das janelas

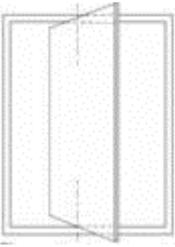
Existem no mercado diversos modelos de janelas. No Quadro 1 estão representados os principais, juntamente com as descrições de cada uma delas, as vantagens e desvantagens conforme a NBR 10821-1 (ABNT, 2017), a Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI, 1991) e Salgado (2011).

Quadro 1- Modelos de janelas

Janela de abrir	
	Esquadria formada por uma ou mais folhas que se movimentam mediante a rotação em torno de eixos verticais fixos, coincidentes com as laterais das folhas. Continuação...
Vantagens	Fácil limpeza da face externa;
	Boa estanqueidade ao ar e à água;
	Permite grades quando as folhas abrem para dentro;
	Quando abertas libera 100% de vão para ventilação.
Desvantagens	Não permite regulagem ou direcionamento do fluxo de ar;
	Ocupa espaço interno quando sua abertura é para dentro.
Janela de Correr	
	Possui uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento horizontal no plano da esquadria
Vantagens	Fácil operação;
	A ventilação é regulável conforme a abertura das folhas;
	Permite instalar grades, cortinas ou persianas.

Desvantagens	Vão livre para ventilação de apenas 50%;
	Dificuldade de limpeza na face externa;
	Riscos de infiltração de água através dos drenos do trilho inferior e em vedação mal executadas.
Janela guilhotina	
	Esquadria formada por uma ou mais folhas que se movimentam por deslizamento vertical no plano da janela. Quando aberta, suas folhas ficam embutidas no corpo da esquadria ou na alvenaria.
Vantagem	Possui as mesmas vantagens da janela de correr, caso as folhas tenham sistema de contrapeso ou balanceadas. Caso contrário, as folhas devem ter retentores nas guias do marco.
Desvantagens	Além de possuir as mesmas desvantagens da janela de correr, este modelo de esquadria exige manutenção mais frequente para regular a tensão dos cabos e o nível das folhas;
	Há risco de quebra de cabos.
Janela Projetante	
	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em rotação de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade superior da folha.
Vantagens	Permite ventilação nas partes inferiores do ambiente;
	Boa estanqueidade ao ar e à água;
	Não ocupa espaço interno.

Desvantagens	Não permite uso de grade ou tela na face externa;
	Limpeza difícil na face externa;
	Não direciona bem o fluxo de ar;
	Libera parcialmente o vão.
Janela de tombar	
	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em rotação de um eixo horizontal fixo, situado na extremidade inferior da folha.
Vantagens	Permite ventilação nas partes superior do ambiente;
	Boa estanqueidade ao ar e à água;
	Não ocupa espaço interno.
Desvantagem	Possui as mesmas desvantagens da janela projetante.
Janela projetante deslizante (MAXIM-AR)	
	Possui uma ou mais folhas que podem ser movimentadas em torno de um eixo horizontal com translação simultânea.
Vantagem	As mesmas vantagem da janela projetante. Porém, com o braço de articulação adequado pode abrir 90° facilitando a limpeza e ventilação.
Desvantagem	As mesmas desvantagens da janela projetante, exceto no item relativo à limpeza, se a esquadria tiver o braço que permite a abertura de 90°.

Janela pivotante	
	Possui uma ou várias folhas que podem se movimentar mediante a rotação em torno de um eixo vertical não coincidente com as laterais e extremidades da folha.
Vantagens	Porta pivotante vertical permite direcionar o fluxo de ar para direita ou para a esquerda;
	Porta pivotante horizontal permite direcionar o fluxo de ar para cima ou para baixo;
	Facilidade de limpeza da face externa;
	Ocupa pouco espaço na área de utilização.
Desvantagens	Dificuldade na instalação de tela, grade, cortina ou persiana;
	Para grandes vãos precisa de fechos perimétricos.
Janela basculante	
	Possui uma ou várias folhas que podem se movimentar mediante a rotação em torno de um eixo horizontal não coincidente com as laterais e extremidades da folha.
Vantagens	Favorece o direcionamento do fluxo de ar;
	Facilidade de limpeza da face externa;
	Ocupa pouco espaço na área de utilização.
Desvantagens	Não libera o vão totalmente;
	Estanqueidade reduzida dado o grande comprimento das juntas.

Fonte: Adaptado NBR 10821-1 (ABNT, 2017), Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI, 1991) e Salgado (2011)

Relacionado à instalação de esquadrias, a NBR 10821-2 (ABNT, 2017) define apenas que devem estar de acordo com a instrução do fabricante, manual de instalação ou no projeto. A norma também estabelece que devem ser informadas a

logomarca ou marca do fabricante, o número da norma, a pressão máxima de carga de vento, sua classificação, desempenho e recomenda como descrição adicional do uso ao qual a esquadria se destina (LUDUVICO, 2016). Conforme Alcoa Alumínio S.A (2015), a montagem e a instalação de esquadrias é uma área que exige mão de obra especializada onde muitas vezes as empresas costumam ter dificuldade de encontrar este profissional, havendo necessidade de formar os funcionários no próprio estabelecimento.

2.2.2.4 Procedimentos de instalação de janelas

Há diversas técnicas de fixação de esquadrias no mercado civil atual, podendo essas ser parafusadas, chumbadas ou coladas (LUDUVICO,2016). De acordo com lizuka (2001), é necessário um projeto bem resolvido e uma instalação cuidadosa para garantir o bom funcionamento dos acessórios e de todo o conjunto.

Antes da instalação de qualquer esquadria é necessário cuidados prévios referentes a questões de recebimento e armazenamento em obra. Esses cuidados serão citados conforme Esaf Ibrap (2014) e lizuka (2001).

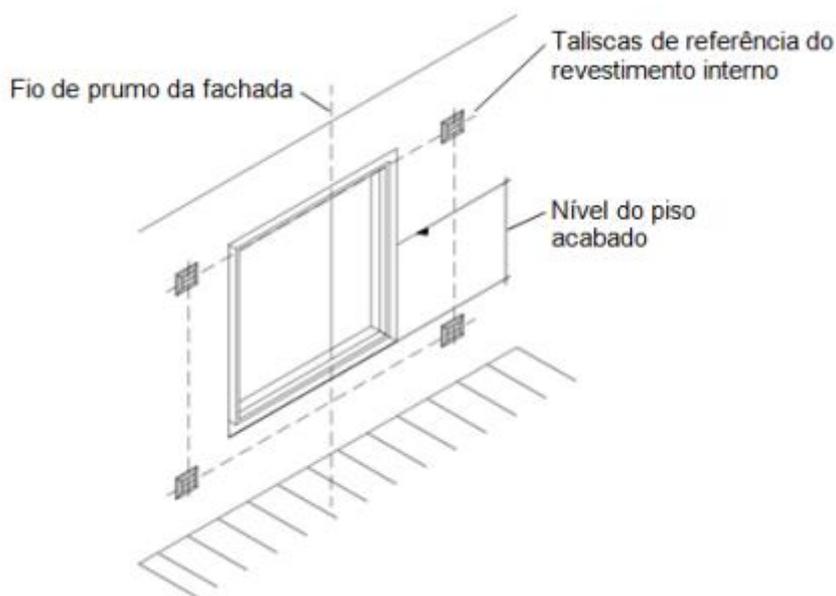
- O estágio de acabamento da edificação é quando as esquadrias devem entrar no canteiro de obras;
- Independente do material que é fabricado as janelas devem ser armazenadas em local limpo, seco e ventilado, protegido de respingos de argamassa, tinta e quedas de objetos;
- Pode-se armazená-las tanto na posição vertical quanto na horizontal;
- Deve-se impedir o contato direto com o piso ou apoio irregular, desta maneira, recomenda-se a utilização de calços de madeira estrategicamente posicionados para não amassar ou riscar os produtos;
- No empilhamento vertical ou horizontal, necessita-se prever calções intercalados nas esquadrias, assim como a limitação da pilha a uma altura segura para o manuseio e para evitar a danificação do material;

- Devem estar embaladas de forma adequada para proteção de riscos até o momento de instalação as esquadrias que são fornecidas com acabamento, ou em forma acabada.

Primeiramente serão descritas as etapas da instalação tradicional das esquadrias de janelas diretamente no marco ou com a utilização do contramarco.

Na primeira etapa da instalação tradicional ocorre a medição e conferência do vão que conforme Lizuka (2001) a instalação de um esquadria deve respeitar o alinhamento, o prumo e o nível. Segundo Luduvico (2016), as referências utilizadas para esses três eixos são fios de prumo da fachada verticalmente, os pontos de nível relacionado ao piso já acabado e as taliscas que são as referências de acabamento interno. Na Figura 3 está ilustrada, conforme Lizuka (2001), as referências para o posicionamento da esquadria.

Figura 3- Referência para posicionamento da esquadria



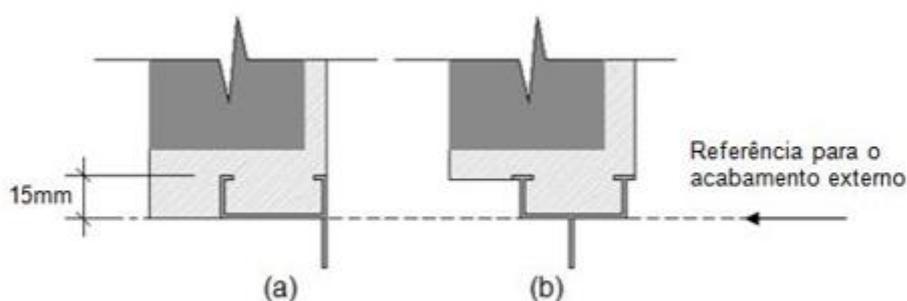
Fonte: Luduvico (2016, p. 39)

A norma E2112-07 (ASTM, 2007) estabelece que o vão deve ser medido três vezes em três pontos na vertical e três na horizontal, caso haja alguma deficiência essa deverá ser corrigida para poder prosseguir à próxima etapa. Esaf Ibrap (2014) aconselha que em paredes de alvenaria convencional, estrutural e concreto o vão de abertura seja preparado com chapisco rolado.

Em seguida o chumbamento da esquadria deverá ser realizado e nessa parte é importante haver um vão nominal em relação à esquadria com contramarco para que se possa chumbar de forma adequada. Esse vão nominal apresenta variações conforme a literatura de dois a cinco centímetros. Lizuka (2001) afirma que o importante é manter a qualidade adequada do chumbamento para que se tenha um despenho adequado.

Esse mesmo autor faz um comparativo dos tipos de contramarco existentes, destacando que no contramarco “cadeirinha” a espessura de argamassa externa será maior que o contramarco “Y”, se manter o mesmo alinhamento da parte superior do caixilho”. Na Figura 4 é possível diferenciar cada caso, segundo Lizuka (2001).

Figura 4- Acabamento externo de acordo com o contramarco (a) contramarco tipo “cadeirinha”; (b) contramarco tipo “Y”



Fonte: Luduvico (2016, p. 40)

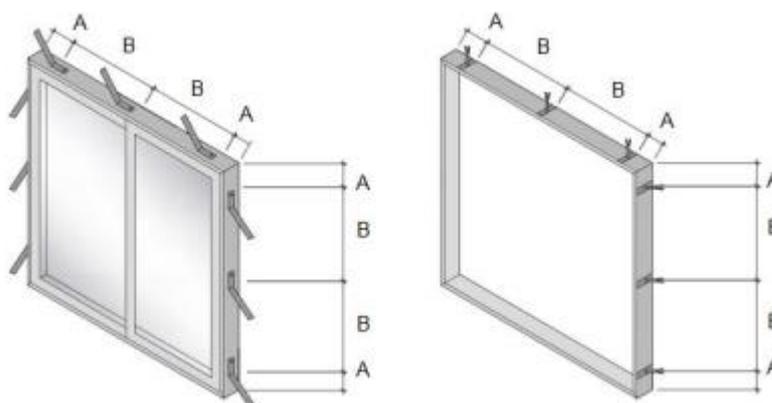
Recomenda-se, para garantir o esquadro, a colocação de um gabarito dentro no contramarco para sua instalação (ESAF IBRAP, 2014). Para que ocorra o travamento do elemento Lizuka (2001) sugere o uso de mãos francesas, réguas ou gabaritos para evitar empenamento e/ ou torsões nos perfis do contramarco. Caso haja a ausência de contramarco a esquadria deverá ser instalada com a embalagem protetora, onde essa será removida apenas depois do acabamento final interno e externo.

Após a etapa do contramarco, as cunhas de madeiras são alocadas próximas aos vértices que conforme Luduvico (2016) são utilizadas para uniformemente distribuir as folgas e travar a esquadria no vão ou o contramarco. Ressalta-se que as cunhas devem ser alocadas nas proximidades inferiores e superiores das guias e nunca no meio delas pois, a falta de folhas fixas ou de perfis laterais do elemento faria com que o peso de caixilho recaísse no centro da guia comprometendo o alinhamento

e provocando o emperramento das folhas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA, 1991).

Segundo Martins (2015) as grapas ou chumbadores são à base do sustento do guarda-corpo e das esquadrias, com a função de suportar toda a instalação que fazem uma união entre alvenaria e os perfis das esquadrias. Nesta etapa, para a fixação desses elementos a Universidade Federal do Ceará (2003) aconselha que preferencialmente as grapas devem ocupar a folga entre o contramarco ou esquadria e o vão, sem que seja necessário efetuar rasgos na parede. É importante salientar que grande parte das esquadrias do mercado possuem direto de fábrica chumbadores acoplados ao contramarco, sendo necessária apenas a dobragem dos mesmos (ESAF IBRAP,2014). Conforme Iizuka (2001) os chumbadores devem possuir espaçamentos de quarenta e cinco e cinquenta centímetro entre eles e permanecer a dez centímetro a partir das extremidades. Na Figura 5 está ilustrado o espaçamento dos chumbadores na esquadria e no contramarco.

Figura 5- Espaçamento dos chumbadores na esquadria e no contramarco



Fonte: Luduvico (2016, p.42)

Após todas as etapas anteriores serem efetuadas, o chumbamento do contramarco deverá ser executado com argamassa de cimento e areia com traço em volume de 1:3 (IIZUKA,2001). O autor também afirma que qualquer fresta ou falha no chumbamento do gabarito, marco ou contramarco será ponto de infiltração de água. Deste modo, esse procedimento exige muita atenção e técnicas construtivas adequadas para evitar futuras patologias.

As cunhas, citadas anteriormente, deverão ser removidas somente quando a argamassa estiver totalmente curada (ESAF IBRAP,2014). De acordo com Luduvico (2016) os espaçamentos deixados pelas cunhas de madeira deverão ser preenchidos com a mesma argamassa de chumbamento para evitar infiltrações futuras.

A Esaf Ibrap (2014) ainda propõe que seja executada uma ranhura entre o marco ou o contramarco e o revestimento para posteriormente a aplicação de um material vedante.

Assim, após as verificações gerais do contramarco (limpeza e alinhamento de nível e prumo), a fixação da esquadria poderá ser feita. Recomenda-se em esquadrias chumbadas diretamente na parede a retirada da embalagem de proteção e preenchimentos dos espaços deixados pelas cintas com argamassa para que assim posteriormente a fixação da esquadria com parafusos à parede seja efetuada com buchas nos montantes laterais. Luduvico (2016) afirma que para impedir a penetração de água pelas esquadrias os cantos devem ser vedados com selantes poliuretanos, butílicos ou de silicone para garantir a estanqueidade geral da esquadria.

Luduvico (2016) também sugere que para evitar o escoamento de águas no interior da edificação deverão ser utilizadas massas butílicas para o preenchimento de cavidades na montagem das colunas e caixilharia na obra, servindo também como elemento antirruído. Essa mesma autora também recomenda que os vãos da vedação no perímetro das esquadrias (independente do material) sejam preenchidos com selantes do tipo polissulfetos, silicones ou poliuretanos. No Quadro 2 a seguir apresenta as propriedades dos selantes citados anteriormente conforme a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991).

Quadro 2- Propriedades dos selantes

PROPRIEDADES DOS SELANTES				
TIPO		POLISSULFETO	POLIURETANO	SILICONE
Capacidade de movimento da junta em porcentagem		25%	25%	12 a 50%
Resistência ao envelhecimento exposto às intempéries		10 a 20 anos	10 a 20 anos	10 a 50 anos
Resistência a temperatura em graus Célsius		-30 a 70	-30 a 70	-50 a 200
Tempo de cura		Mono 30 a 50/ Bi 7 dias	3 a 10 dias	5 a 15 dias
Capacidade de adesão aos suportes	Alumínio	Ótimo com primer	Bom	Ótimo
	Cimento	Ótimo com primer	Bom	Ótimo
	Metal	Ótimo com primer	Bom	Ótimo
	Concreto	Ótimo com primer	Ótimo com primer	Ótimo

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991)

O material vedante em instalações com contramarco dever ser aplicado na junta entre a pingadeira e o contramarco, nas conexões do contramarco, entre o contramarco e o revestimento, na ranhura e em todo o perímetro da aba interna no contramarco e em seguida a esquadria deverá ser instalada de fora para dentro (ESAF IBRAP, 2014).

De acordo com Luduvico (2016), após a vedação, a esquadria dever ser parafusada utilizando buchas ou rebites e posteriormente a instalação da janela, devem-se instalar os arremates finais, que normalmente são fixados por encaixe de pressão.

A etapa de instalação de vidro só é considerada para as esquadrias que não possuem os mesmos instalados de fábrica e segundo Luduvico (2016) a aplicação correta do vidro é um fator determinante no desempenho da esquadria. Iizuka (2001) afirma que o vidro deve conter folgas e calços em relação ao perfil do quadro para que as tensões não o danifique. De acordo com Luduvico (2016), deve-se prever drenos que impeçam o acúmulo de água no seu interior e calços para não permitir o contato da chapa de vidro com a esquadria. Esse autor também evidencia a importância da instalação da gaxeta que consiste em um vedante que deve ser aplicado em todo o perímetro do vidro. Os tipos de rebaixos e gaxetas estão ilustrados na Figura 6.

Figura 6- Cortes laterais demonstrando rebaixos e tipos de gaxeta



Fonte: Luduvico (2016, p. 47)

Salgado (2011) aponta alguns cuidados importantes da instalação dos vidros.

- A instalação de vidros assim como todo seu manuseio deve ser executada apenas por pessoal especializado, geralmente o próprio fornecedor de vidros;
- Por se tratar da fase final da obra, a movimentação de materiais já deve estar terminada e o revestimento (paredes, pisos e tetos) executado;
- Os caixilhos de ferro já devem ter pelo menos uma demão de pintura antes da colocação dos vidros, proporcionando uma maior durabilidade do caixilho e melhor efeito estético;
- As placas de vidros assentadas devem ser sinalizadas com intuito de chamar a atenção e evitar acidentes.
- Na limpeza final, deve-se evitar o uso de produtos químicos agressivos que causem danos aos caixilhos e vidros. Recomenda-se uso de água limpa, detergente neutro e pano seco ou algum produto limpa vidros adequado.

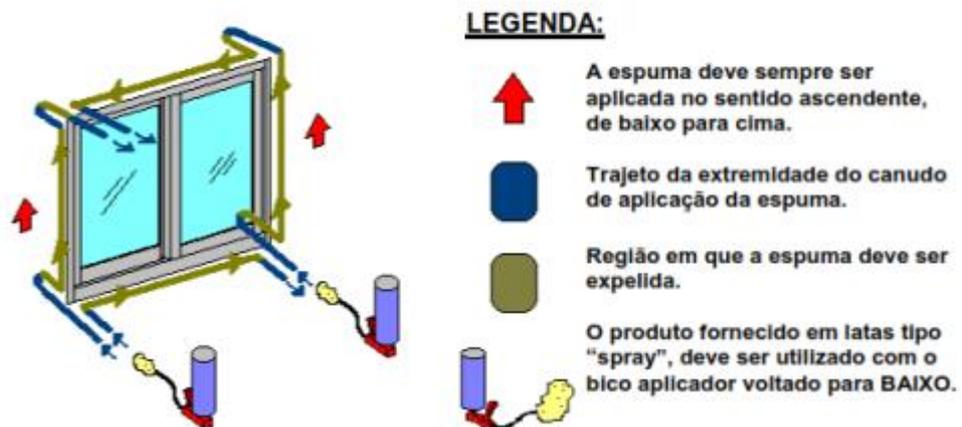
Além do método tradicional de chumbamento com grapas com ou sem uso de contramarco a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991) afirma que as esquadrias podem ser fixadas por meio de parafusos ou com espuma de poliuretano expansivo.

Segundo Luduvico (2016) o vão precisa estar acabado, nivelado e não apresentar ondulações para a fixação da esquadria com parafusos. O mesmo autor sugere que a folga deve ser em torno de dois a três milímetros nas e laterais e parte superior, podendo variar conforme o fabricante. Recomenda-se a impermeabilização de todo o vão com resina acrílica a base de água (ESAF IBRAP, 2014). Só após efetuar todos os processos de recomendações, os perfis

são furados e parafusados, e posteriormente a limpeza é realizada assim como a vedação de todo o perímetro pelo lado interno da esquadria com a resina acrílica. Na parte externa, a Associação Brasileira da Construção Industrializada (1991) sugere colocar tampas na furação para evitar infiltrações e indica a colocação de selante de silicone em todo o perímetro da conexão esquadria/parede incluindo a parte interna nesta etapa. Por fim instalam-se os acabamentos.

Em relação as esquadrias com espuma de poliuretano expansivo, Luduvico (2016) destaca que o processo é semelhante à instalação da esquadria com grapas sem o contramarco, porém o chumbamento é feito com a espuma expansiva. O mesmo autor ainda sugere que é preciso preparar o vão com chapisco rolado e deixar uma folga de instalação de em torno um centímetro, variando conforme o fabricante. O excesso da espuma deve ser cortado apenas após a cura no qual essa acontece rápido, questões de horas, variando conforme a marca do fabricante, e só assim poderão ser realizado os acabamentos finais da esquadria. A Figura 7 representa o método de aplicação da espuma de poliuretano conforme lizuka (2001).

Figura 7- Método da aplicação da espuma de poliuretano



Fonte: lizuka (2001).

2.2.2 Desempenho em janelas

A abordagem de desempenho é a prática de se pensar em termos de fins e não de meios onde a preocupação está relacionada com os requisitos que a construção deve atender e não com a prescrição de como essa deve ser construída (BORGES, 2010). Referente ao desempenho, as janelas devem ser avaliadas quanto à permeabilidade ao ar, estanqueidade à água, resistências às cargas uniformemente distribuídas, resistência a corrosão em caso de esquadrias de aço e operação referente a uso, manuseio e segurança (LUDUVICO, 2016).

Independente dos materiais, a NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece os desempenhos das edificações habitacionais com base em um conjunto de critérios e requisitos. Segundo Reis (2011) a norma visa incentivar o desenvolvimento de produtos e orientar a avaliação da real eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas.

Dividida em 5 partes a NBR 10821 (ABNT, 2017) refere-se a esquadrias para edificações. A terceira parte dessa norma são especificados os métodos de ensaio para a avaliação de desempenho das esquadrias assim como a aparelhagem, a câmara de ensaio, os aparelhos para medição, os procedimentos, a sequência, a execução e os resultados.

Quanto a esquadrias de vedações, a NBR 15575 (ABNT,2013) referencia a norma NBR 10821 (ABNT, 2017). A parte 4 da NBR 15575 (ABNT, 2013) aborda exclusivamente requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais de até cinco pavimentos ou de seus elementos, determinando e mensurando os critérios de:

- Desempenho estrutural;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Desempenho de segurança ao fogo;
- Desempenho acústico (janela fechada versus janela aberta).

Considerando os requisitos abordados na norma, a seguir encontra-se a explicação geral dos principais requisitos conforme cada desempenho previsto.

2.2.2.1 Estanqueidade

São 2 requisitos que envolvem a estanqueidade em SVVIE os quais, estão descritos e especificados a seguir conforme a norma NBR 15575-4 (ABNT,2013).

a) Infiltração de água nos sistemas de vedação verticais externas (fachadas)

Os SVVIE devem ser estanques a água proveniente de chuvas e outras fontes. Para determinar essa estanqueidade, leva-se em conta a região, devido a pressão estática que varia conforme as forças horizontais de vento. Na NBR 15575-4 apresenta tabelas com condições de exposição conforme a região do Brasil, assim como limites de permeabilidade segundo o tipo de edificação.

b) Umidade nas vedações verticais externas e internas decorrente da ocupação do imóvel

Para atender esse requisito o elemento não deve permitir a infiltração de água pelas vedações de áreas molháveis através de suas faces. A norma estabelece critérios e métodos de avaliação para testar esse desempenho mínimo.

2.2.2.2 Desempenho térmico

Para verificar o desempenho mínimo térmico de um elemento de vedação, primeiramente deve ser executado um procedimento simplificado de análise conforme a NBR 15575-4 (ABNT,2013). Caso o SVVIE não atenda aos requisitos mínimos especificados, é necessário a aplicação do procedimento de análise segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), o qual é caracterizado por ser uma análise por simulação ou procedimento de realização de medidas em campo.

a) Adequação das paredes externas

Esse requisito estabelece limites de transmitância térmica e absorvância à radiação solar máxima da superfície externa da parede, ~~e~~ como capacidade térmica mínima da parede externa, com limites diferenciados dependendo da zona climática da edificação conforme a Tabela 1 e 2 e a Figura 5. A metodologia e os procedimentos de cálculos estão especificados na NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Tabela 1-Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U		
W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3,4,5,6,7 e 8	
U ≤ 2,5	α (a) ≤ 0,6	α (a) > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
(a) α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

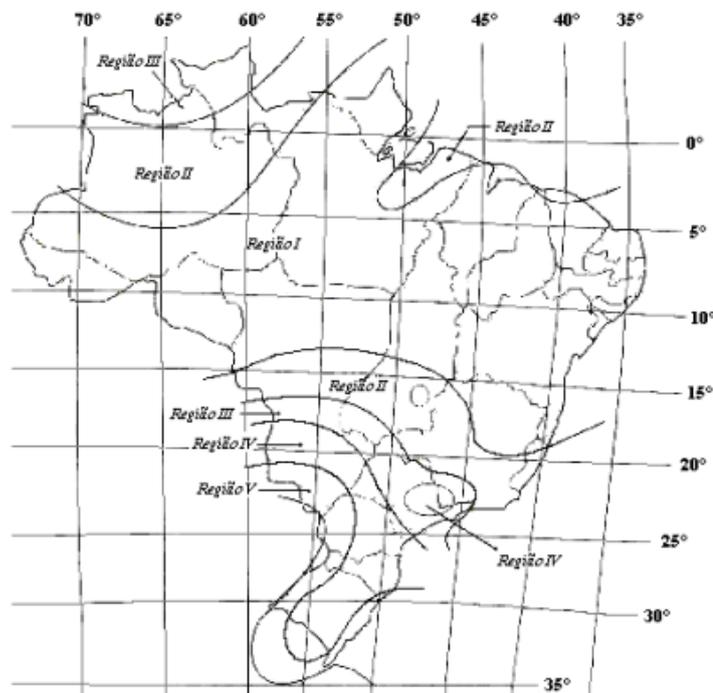
Fonte: CNBR 15575-4 (ABNT, 2013)

Tabela 2-Capacidade térmica de paredes externas

Capacidade térmica (CT)	
kJ / m ² .K	
Zona 8	Zona 1,2, 3, 4, 5, 6, 7
Sem exigência	≥130

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

Figura 5- Condições de exposição conforme as regiões brasileiras



Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

Também relacionado a parte desempenho térmico a norma traz uma tabela com as áreas mínimas de ventilação em dormitórios e salas de estar.

2.2.2.3 Durabilidade e manutenibilidade

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013) a durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que o forem atribuídas.

A responsabilidade dos projetistas, incorporadores e construtores é em relação ao valor teórico de vida útil de projeto, que podem ser confirmados pelo atendimento as normas nacionais e internacionais. Porém esses não podem ser responsabilizados pela vida útil da edificação, visto que isso é dependente de diversos fatores de seu controle.

A Tabela 3 apresenta os valores de vida útil de projeto para as quais devem ser projetadas.

Tabela 3- Vida útil de projeto

Sistema	VUP mínima anos
Estrutura	≥ 50 Segundo NBR 8681 (ABNT,2003)
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20
* Considerando a periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário em atendimento à norma NBR 5674 (ABNT, 2012).	

Fonte: Adaptado NBR 15575-1 (ABNT, 2013)

Para prevenir a perda de desempenho e garantir a preservação das características, deve-se atender a NBR 5674 (ABNT, 2013) a qual refere-se a gestão e manutenção de edifícios.

2.3 Sistemas construtivos

Na construção civil existem diferentes sistemas construtivos, os quais são constituídos de materiais e metodologias distintas. Nesta etapa do trabalho serão

abordadas as definições e particularidades dos sistemas de concreto armado e paredes de concreto armado moldadas *in loco*, que compreendem os sistemas empregados nos edifícios onde as esquadrias foram analisadas. Posteriormente será definido o desempenho mínimo dos sistemas conforme a NBR 15575-2 (ABNT, 2013).

2.3.1 Sistema construtivo em concreto armado

Segundo Clímaco (2008), concreto armado é denominado o material estrutural constituído pela associação de concreto simples com armadura passiva, ambos resistindo solidariamente aos esforços a que peça estiver submetida.

O concreto armado, embora não sendo a única opção, é a técnica mais utilizada em todo o mundo para a construção de estruturas pois mescla-se a resistência a compressão, a durabilidade da pedra e as características resistentes de tração do aço.

Segundo Bastos (2006), os elementos que compõe a estrutura de concreto armado classificadas segundo a geometria do elemento são:

- Elementos lineares: são aqueles que possuem a espessura da mesma ordem de grandeza da altura mas ambas muito menores que o comprimento. São elementos chamados de “barras” muito comuns em vigas e pilares.
- Elementos bidimensionais: são aqueles onde o comprimento e a largura são de mesma ordem de grandeza porém muito maiores que a terceira dimensão (espessura). São elementos que compõe lajes e paredes de reservatórios.
- Elementos tridimensionais: são aqueles onde as três dimensões têm a mesma ordem de grandeza, denominados também como elementos de volume. Os exemplos mais comuns são os blocos e sapatas de fundação e consolo.

O mesmo autor destaca que nas construções em concreto armado, sejam elas de pequeno ou de grande porte, os três elementos estruturais descritos a seguir são bastante comuns.

- Lajes: são elementos planos que se destinam receber a maior parte das ações aplicadas em uma construção. Essas ações são comumente perpendiculares ao plano da laje e são normalmente transmitidas para as vigas de apoio nas bordas da laje, mas podem eventualmente ser transmitidas diretamente aos pilares.

- Vigas: são classificadas como barras e normalmente são retas e horizontais, destinam-se a receber as ações das lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria e eventualmente de pilares. A função desse elemento é basicamente vencer vãos e transmitir as ações atuantes para apoios, geralmente os pilares.
- Pilares: são destinados a transmitir as ações às fundações, embora possam também transmitir para outros elementos de apoio. São denominados como os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, tanto no ponto de vista da segurança quanto da capacidade resistente dos edifícios. Além da função de transmissão de cargas verticais, podem fazer parte do sistema de contraventamento responsável por garantir a estabilidade global dos edifícios.

É importante salientar que junto a esse sistema são empregadas alvenarias de vedação, denominadas paredes, utilizadas para garantir o fechamento da edificação usualmente por meio de blocos de concreto e cerâmico.

Assim como qualquer método construtivo, no concreto armado existem prós e contras na sua utilização. Clímaco (2008) aponta, a seguir, algumas vantagens da implantação desse sistema:

- É facilmente adaptável as formas, por ser lançado em estado semifluido, o que abre enormes possibilidades para a concepção arquitetônica. Os aditivos plastificantes e fluidificantes, usados para aumentar a fluidez e a trabalhabilidade do concreto, possibilitam o uso do concreto bombeado, que permite lançar o concreto em mangueiras sob pressão em grandes alturas, reduzindo significativamente os custos e prazos das tarefas de transporte e lançamento;
- Gera economia nas construções, pela possibilidade de obtenção de materiais nas proximidades da obra;
- Facilidade e rapidez na construção com o uso de peças pré-moldadas, de tecnologias avançadas para a execução de fôrmas e escoramentos;
- Durabilidade elevada. Quando atendidos os requisitos das normas pertinentes os custos de manutenção das estruturas de concreto são baixos;
- Boa resistência a choques, vibrações e altas temperaturas.
- A resistência à compressão do concreto aumenta com a idade;
- Permite o uso de concretos de alta resistência ou alto desempenho.

Esse mesmo autor indica as desvantagens mais marcantes do concreto armado como material estrutural:

- Peso próprio elevado (massa específica =2500 kg/m³). No entanto, a obtenção de concretos leves para fim estrutural é tecnicamente viável, com a substituição de brita comum, no todo ou em parte, por agregados leves como por exemplo, a argila expandida;
- Fissuração inerente à baixa resistência a tração. Pela retração do concreto, a tendência a fissuração se inicia na moldagem das peças e persiste durante toda a vida útil da estrutura;
- Execução lenta e consumo elevado de fôrmas e escoramento, quando utilizados processos convencionais de montagem de formas e concretagem;
- Dificuldade em adaptações. As alterações significativas exigem revisão do projeto estrutural o que implica, muitas vezes, em reforço da estrutura;
- O concreto interage com o ambiente, por não ser um material inerte. Assim, as condições de agressividade ambiental vão determinar, em cada caso, a espessura de camada de concreto armado de cobertura e proteção da armadura.

2.3.2 Sistema construtivo em paredes de concreto armado moldadas in loco

A principal concepção do sistema construtivo de parede de concreto moldadas in loco é fazer com que as paredes, originalmente pensadas apenas como elemento de vedação, sejam também usadas como elementos de sustentação.

Conforme Silva (2011), o sistema construtivo de paredes de concreto armado é composto por paredes estruturais maciças de concreto moldadas no local, armadas geralmente com telas metálicas eletrossoldadas dispostas no centro da parede. As lajes desse sistema são maciças, de concreto armado e também moldadas no local.

O mesmo autor afirma que o sistema construtivo é destinado à construções habitacionais de até cinco pavimentos, podendo ser adotado em atmosferas rurais e urbanas.

Para a obtenção do melhor desempenho desse método Braguim (2013) salienta que a modulação de medidas é essencial assim como a existência de simetria na geometria da edificação em planta, alinhamento das paredes e padronização das distâncias entre piso.

Os componentes constituintes desse sistema são:

- Concreto: Missurelli e Massuda (2009) indicam que no Brasil, quatro tipos de concreto são usados para esse sistema: concreto celular, concreto com elevado teor de ar incorporado, concreto com agregados leves ou com baixa massa específica e concreto convencional ou auto adensável.
- Fôrmas e escoramento: As formas podem ser metálicas, plásticas ou constituídas por painéis de EPS.
- Aço: Podem ser usados telas soldadas, barras ou treliças.
- Instalações: É necessário montar todas as tubulações, elétricas e de água, antes da concretagem, a fim de evitar um trabalho maior com a quebra de paredes prontas e a perda de qualidade das estruturas.

Em relação a fundação Misurelli e Massuda (2009) orientam que as fundações mais adequadas para esse sistema são: sapata corrida, laje de apoio (radier), blocos de travamento de estacas e tubulões. Como esse método é caracterizado por visar a industrialização, é interessante que a fundação siga a mesma diretriz.

O crescimento das obras com a adoção dessa tecnologia ocorreu com o lançamento do programa “Minha Casa, Minha Vida”, em 2009. As construtoras encontraram nessa tecnologia uma excelente alternativa, na qual permitia a obtenção de estruturas com boa qualidade, associada a redução de tempo e custos. Apesar dos custos elevados com as formas e a mão de obra, esse sistema se torna vantajoso em relação aos demais, o que fica claro com o crescimento de sua utilização.

2.4 Principais manifestações patológicas em elementos de fechamento das edificações

Patologia é amplamente conhecida como o ramo da Medicina que estuda as doenças. No entanto, Verçoza (1991) salienta que as edificações também podem apresentar doenças, manifestações patológicas, comparáveis com as doenças dos seres humanos, tais como fissuras, manchas, descolamentos, deformações, entre outras. Por isso, convencionou-se chamar de Patologia das Edificações o estudo desses defeitos.

A ocorrência dessas manifestações patológicas em edificações pode ter diversas origens, tanto na etapa de utilização (manutenção e operação), quanto na fase produção das mesmas: de planejamento, de projeto, de materiais e componentes, de execução (montagem) (IOSHIMOTO, 1988).

Nesta etapa do trabalho serão abordados os principais sintomas, causas e agentes causadores (variação da temperatura, sobrecargas de compressão, flexão de vigas e lajes, recalque de fundações, retração, umidade e excessiva permeabilidade ao ar) de manifestações patológicas em janelas.

2.4.1 Variação de temperatura

Segundo Thomaz (1989), os elementos e componentes de uma edificação estão sujeitos a variações de temperatura sazonais e diárias. Essas variações repercutem numa variação dimensional dos materiais de construção (dilatação e contração) que geram tensões, as quais poderão provocar o aparecimento de fissuras.

A radiação solar pode agir de maneira igual ou diferenciada sobre dois diferentes corpos de mesmos ou diferentes coeficientes de dilatação. Esses distintos fatores farão com que os componentes se deformem de maneira desigual ocasionando a movimentação na estrutura.

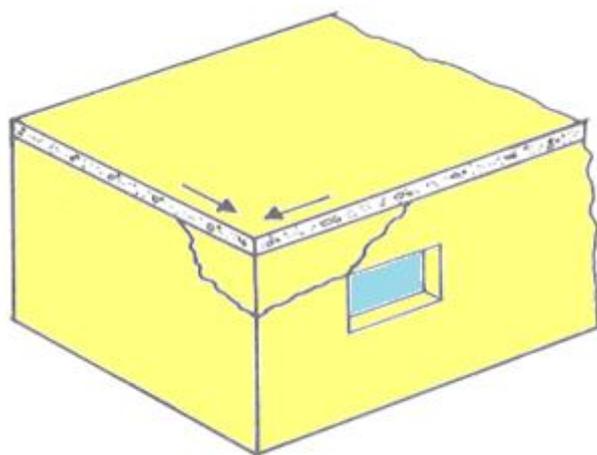
Duarte (1998) afirma que a movimentação devido a variação de temperatura é mais sensível no envelope do prédio do que no seu interior. As paredes de fachada e lajes de cobertura são caracterizadas por aquecerem-se durante o dia e resfriarem-se durante a noite, com consequentes movimentos de dilatação e contração. O mesmo autor também destaca que quanto mais escuro for o elemento construtivo, maior o aumento de temperatura durante a insolação e consequentemente maior será a dilatação. Durante a noite esse elemento perderá calor para o ambiente ocorrendo dessa forma a contração. Salienta-se que a movimentação térmica na direção horizontal da estrutura não é livre pois sempre haverá alguma forma de restrição devido a ligação de paredes com lajes nas quais induzem ao surgimento de tensões localizadas, causando fissuras.

As fissuras ocasionadas pela variação de temperatura ocorrem de maneira mais comum em alvenarias do último pavimento, pela solidarização com a laje de cobertura. A laje de cobertura é normalmente a parte da edificação mais exposta às radiações solares e isto faz com que seja a que mais absorva calor (TIMOSHENKO;WOINOWSKY, 1959).

De acordo com a função das dimensões da laje, da natureza dos materiais que constituem as paredes, do grau de aderência entre paredes e laje e da eventual

presença de aberturas, poderão ser desenvolvidas fissuras inclinadas próximas ao topo das paredes, conforme a Figura 8.

Figura 8-Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica na laje de cobertura



Fonte: Thomaz (1989, p.25)

Basso et al. (1997) enfatizam que nas paredes de alvenaria sob lajes de cobertura, podem ser tomadas três principais providências para evitar a fissuração da alvenaria, duas delas pressupondo a existência de um telhado de proteção à laje. São elas:

- Colocação correta das telhas para reduzir a absorção do calor pelo telhado que protege a laje;
- Existência de ventilação correta entre as telhas e laje;
- Isolamento térmico da laje.

Os mesmos autores alegam que esses dispositivos promovem maior eficiência na solução do problema se utilizados de forma conjunta. Além das providências citadas anteriormente, Thomaz (1989) sugere que seja feita uma dessolidarização entre as paredes do último pavimento e a laje, ou o viga da cobertura, utilizando algum material que forme uma junta deslizante entre os elementos. É importante frisar que essas juntas devem possuir total estanqueidade para evitar infiltrações indesejáveis e futuras patologias.

2.4.2 Sobrecargas de compressão

Conforme Duarte (1998), o mecanismo de ruptura de paredes de alvenaria solicitadas por carregamentos verticais de compressão consiste no surgimento de fissuras verticais, decorrentes de esforços transversais de tração introduzidos nos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos. Ao ser comprimida a argamassa se deforma mais que o tijolo, tendendo expandir lateralmente e transmitindo tração lateral aos tijolos.

Thomaz (1989) afirma que em trechos de alvenarias solicitadas por sobrecargas uniformemente distribuídas, dois tipos de trincas podem surgir:

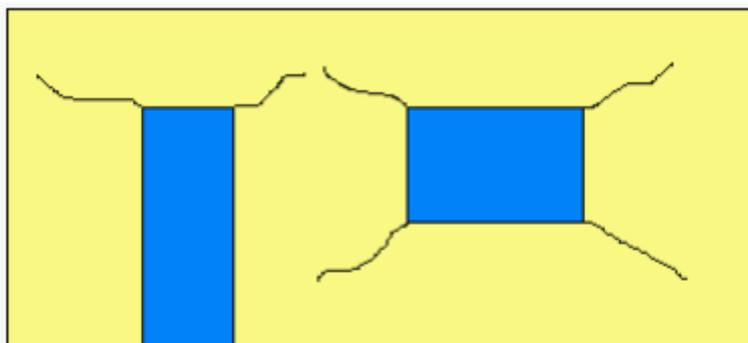
- Trincas verticais, caso mais típico, provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes de alvenaria.
- Trincas horizontais, originadas pela ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda de solicitações de flexocompressão da parede.

Em painéis de alvenaria onde existem aberturas haverá considerável concentração de tensões no contorno dos vãos e assim, segundo o mesmo autor citado anteriormente, as trincas formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril, em função do caminhamento das isostáticas de compressão.

Thomaz (1989) também afirma que essas decorrentes trincas, poderão se manifestar segundo diversas configurações, em função de um gama enorme de intervenientes, tais como: dimensões do painel de alvenaria, dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, anisotropia dos materiais que formam a alvenaria, dimensões e rigidez da verga e contraverga etc.

Bauer (2006) salienta que no caso de inexistência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, as fissuras irão se desenvolver a partir dos vértices das aberturas. Desse modo, a Figura 9 demonstra os casos de fissuração típicas em aberturas por ações de sobrecargas de acordo com Thomaz (1989).

Figura 9- Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas



Fonte: Thomaz (1989, p.66)

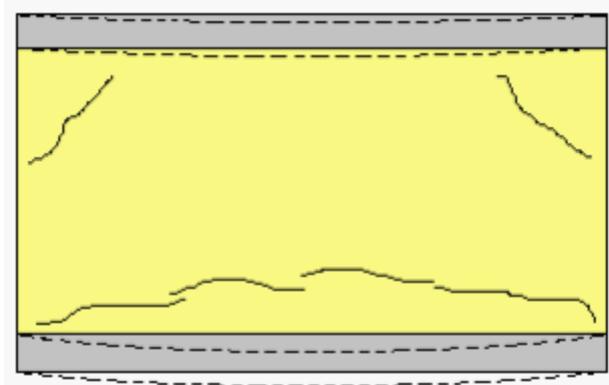
Sabbatini (2003) afirma que a utilização de vergas e contravergas são imprescindíveis para as alvenarias constituídas por aberturas, de forma que elas deverão ser dimensionadas corretamente para suportar as tensões concentradas geradas por esses elementos. Salienta-se que as contravergas em vãos de janela, devem ser executadas em peças reforçadas com aço moldadas no local ou pré-fabricadas e sua dimensão lateral deve ultrapassar pelo menos $d/5$ ou 30 cm (adotando o mais rigoroso entre os dois e “d” compreende o comprimento da janela). Já para vergas de portas e janelas, o mesmo autor recomenda que devem ser previstas em projetos vergas armadas na lumieira desses dois elementos de vedação e o apoio lateral deve ser de no mínimo $d/10$ ou 10 cm (adotando o maior entre eles).

2.4.3 Flexão de vigas e lajes

Segundo Thomaz (1989) os componentes do edifício mais suscetíveis à flexão de vigas e lajes são as alvenarias. Para as paredes de vedação sem aberturas de portas e janelas existem três configurações típicas de tricas:

- a) **O componente de apoio deforma-se mais que o componente superior, conforme a Figura 10.**

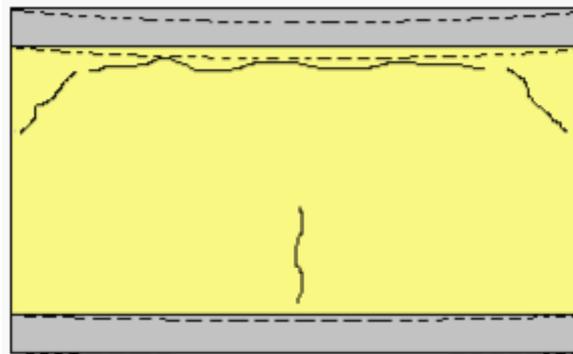
Figura 10-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte maior que a deformação da viga superior



Fonte: Thomaz (1989, p.75)

b) O componente de apoio deforma-se menos que o componente superior, de acordo com a Figura 11.

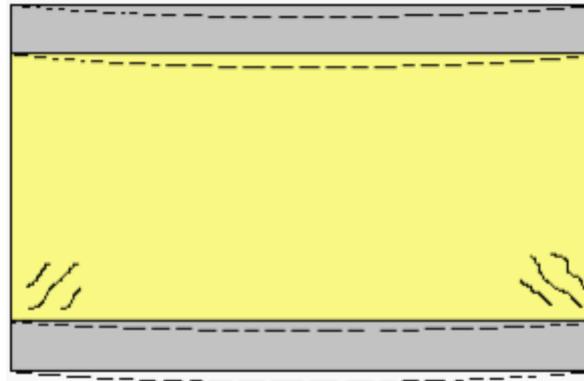
Figura 11-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte inferior que a que o componente superior



Fonte: Thomaz (1989, p.76)

c) O componente de apoio e o componente superior apresentam deformações aproximadamente iguais, assim como demonstrado na Figura 12.

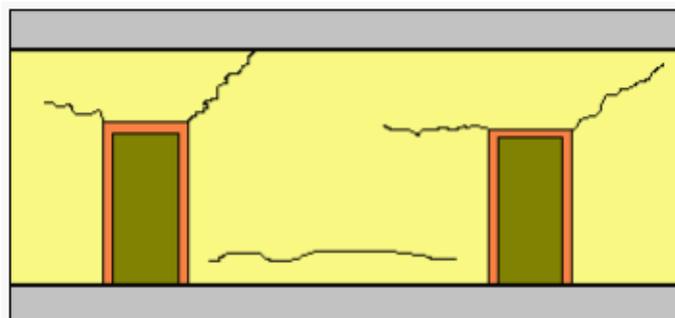
Figura 12-Trincas em parede de vedação: deformação do suporte idêntica à deformação da viga superior



Fonte: Thomaz (1989, p.76)

Conforme Thomaz (1989), nas alvenarias de vedações com presença de aberturas, que é o enfoque neste presente trabalho, as fissuras poderão ganhar configurações diversas, em função da extensão da parede, da intensidade da movimentação, do tamanho e da posição das aberturas. O autor enfatiza que em geral, podem ser observadas manifestações idênticas essas ilustradas na Figura 13 abaixo.

Figura 13-Trincas em parede com aberturas, causadas pela deformação dos componentes estruturais



Fonte: Thomaz (1989, p. 77)

2.4.4 Retração de produtos à base de cimento

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, nesse processo ocorre a formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros (THOMAZ, 1989). Segundo Helene (1980), para a reação química entre água e os compostos anidros seja completa, é necessário cerca de 22 a 32 % de água em relação a massa do cimento.

Thomaz (1989) ressalta que existe a retração química, retração de secagem e retração por carbonatação e salienta que é importante saber distinguir cada uma delas. Os fatores que intervêm na retração de um produto a base de cimento, conforme o mesmo autor citado anteriormente são:

- Composição química e finura do cimento: a retração química aumenta com a finura do cimento e com o seu conteúdo de cloretos e álcalis;
- Quantidade de cimento adicionada a mistura: quanto maior o consumo de cimento, maior a retração;
- Natureza do agregado: quanto menor o módulo de deformação do agregado, maior sua suscetibilidade à compressão isotrópica e portanto, maior a retração;
- Granulometria dos agregados: quanto maior a finura dos agregados, maior será a quantidade necessária de pasta de cimento para recobri-los e portanto, maior retração;
- Quantidade de água na mistura: quanto maior a relação água/cimento, maior a retração de secagem;
- Condições de cura: se a evaporação da água iniciar-se antes do término de pega do aglomerante, a retração poderá ser acentuadamente aumentada.

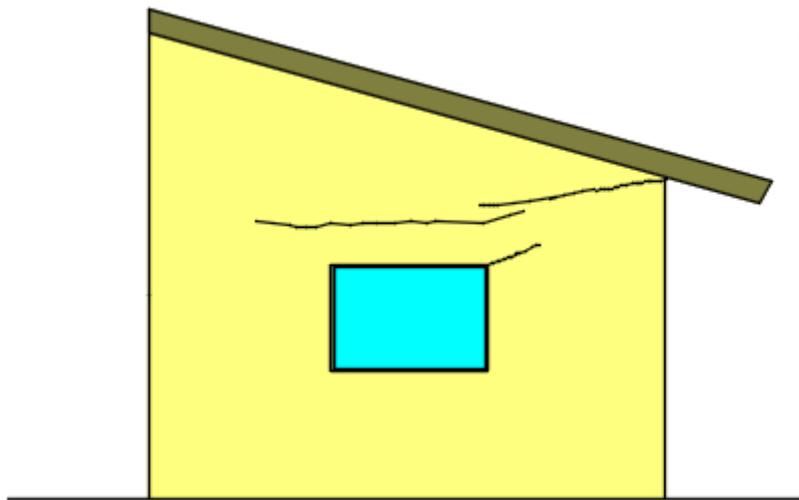
Os principais tipos de fissuras ocasionadas pela retração de produtos à base de cimento em elementos da edificação serão descritos a seguir, conforme Thomaz (1989).

a) Retração de lajes de concreto armado

A retração da laje tem efeito mais nocivo nas paredes que são solidárias a ela, conforme representado na Figura 14. Porém poderá também provocar a compressão de pisos cerâmicos promovida pela retração diferenciada do concreto entre as regiões

armadas e não armadas da laje e ainda, em situações muito desfavoráveis poderão surgir fissuras no piso ou mesmo o destacamento do revestimento cerâmico. Essas fissuras poderão surgir imediatamente abaixo da laje ou nos cantos superiores do caixilhos.

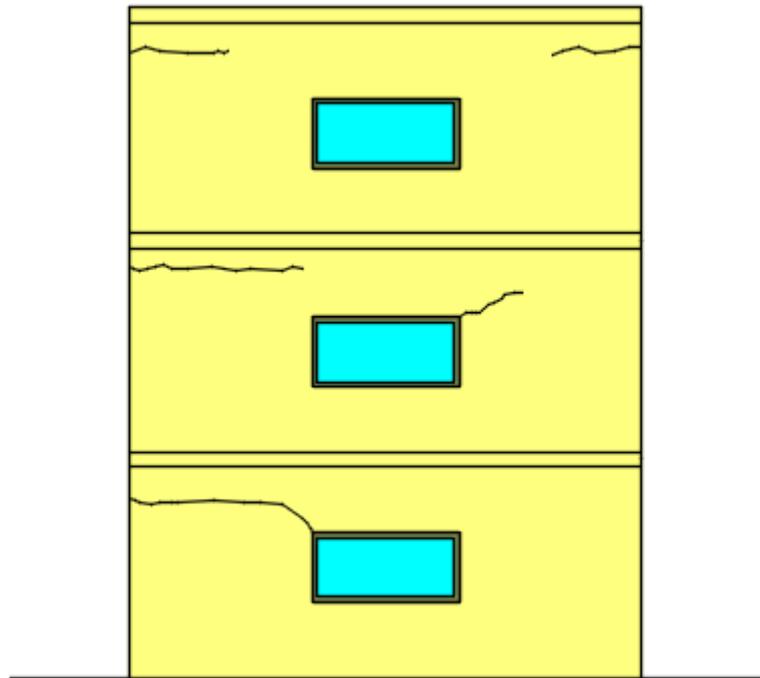
Figura 14-Fissuras em parede externa, promovidas pela retração da laje de cobertura



Fonte: Adaptado Thomaz (1989)

Sahlin (1971) enfatiza que fissuras horizontais, oriundas da retração de lajes, poderão aparecer também em paredes de andares intermediários, de edifícios constituídos por alvenaria estrutural, assim como ilustrado na Figura 15.

Figura 15-Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias

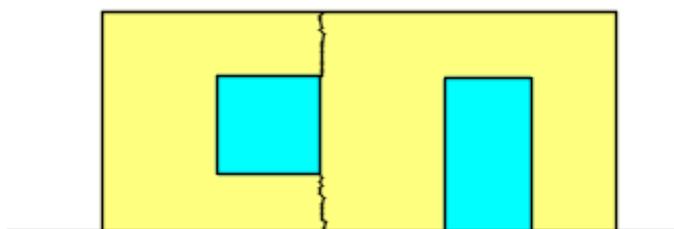


Fonte: Adaptado Thomaz (1989)

b) Retração em paredes de concreto armado

Em paredes monolíticas de concreto armado moldadas “in loco”, com emprego de fôrmas metálicas e de concreto auto adensável (com relação água/cimento bastante elevada), a fissuração por retração torna-se bastante comum. Nesse caso, as fissuras geralmente ocorrem em seções enfraquecidas pela presença de aberturas de portas e janelas, conforme a Figura 16, e pelas regiões de paredes cegas relativamente extensas.

Figura 16-Fissura de retração em parede monolítica de concreto, na seção enfraquecida pela presença do vão de janela



Fonte: Adaptado Thomaz (1989)

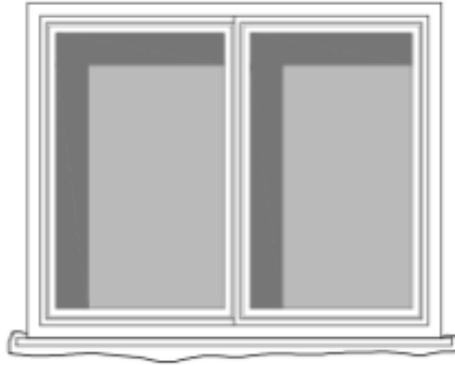
2.4.5 Umidade

Nesta seção serão abordados as principais manifestações patológicas incidentes no entorno das esquadrias devido a umidade.

a) Fissura horizontal sob o peitoril

Conforme a Figura 17, a fissura horizontal sob o peitoril incide na conexão entre peitoril e o sistema de fechamento da parede, podendo ocorrer na face externa ou interna da edificação (LUDUVICO, 2016). Moch (2009) aponta como a possível causa dessa patologia a ineficácia do peitoril resultando em infiltração e tração por absorção de umidade, e o preenchimento excessivo do espaço entre peitoril e parede de vedação.

Figura 17-Fissura horizontal sob o peitoril

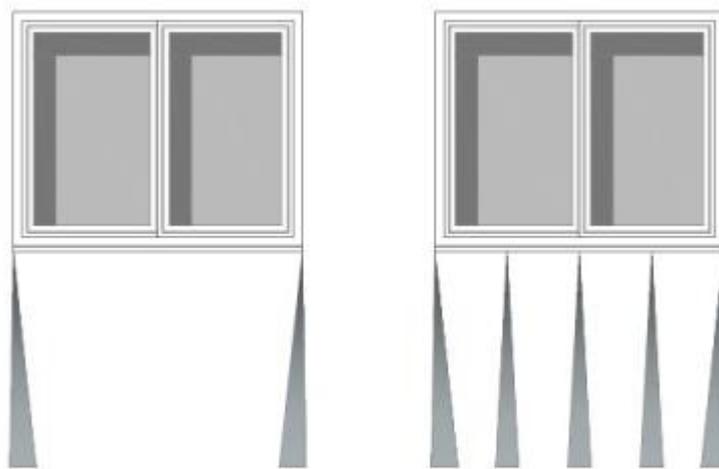


Fonte: Luduvico (2016, p. 83)

b) Manchamento da superfície devido ao carregamento de partículas

Segundo Luduvico (2016), quando a água em deslocamento se enriquece de elementos sólidos como a poeira, o seu poder abrasivo é aumentado pelo atrito que exerce. Assim, como a velocidade do deslocamento da água não é suficiente para carregar toda a poeira, as partículas de sujeira podem depositar-se sobre a superfície da parede, especialmente sobre as preferentes trajetórias (PETRUCCI, 2000). A Figura 18 ilustra esse tipo de patologia.

Figura 18-Manchamento do revestimento próxima às extremidades do peitoril



Fonte: Luduvico (2016, p. 77)

Conforme Moch (2009), a possível causa desta manifestação patológica é o prolongamento longitudinal insuficiente do peitoril. Oliveira (2008) destaca que alterações no fluxo da água devem ser realizadas e para isso, os peitoris devem ser dotados de pingadeiras, com um prolongamento transversal significativo em relação à superfície externa do revestimento da fachada. Ripper (1986) recomenda que o peitoril deve estar quatro centímetros projetado para fora da superfície da face externa da parede e possuir uma inclinação de pelo menos 1%.

c) Infiltração nas interfaces do peitoril

Esta manifestação patológica (Figura 19) caracteriza-se por manchas de umidade na região próxima ao peitoril e como consequência provoca formação de bolor, degradação da pintura e estragos no revestimento (LUDUVICO, 2016).

Figura 19-Infiltração nas interfaces do peitoril

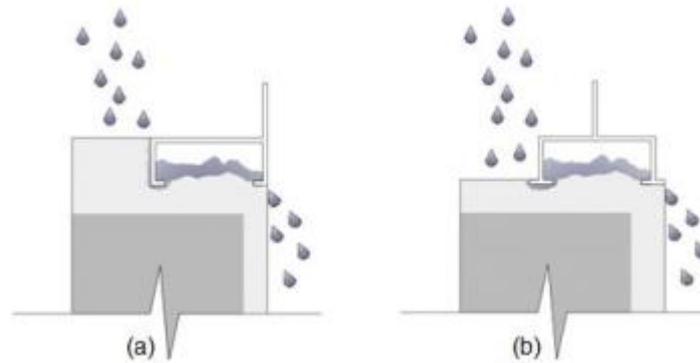


Fonte: Luduvico (2016, p.87)

d) Falhas na instalação do marco e contramarco

Luduvico (2016) ressalta que para a obtenção de uma esquadria de qualidade, o primeiro requisito a ser atendido é a correta instalação do marco ou contramarco da esquadria. Conforme Iizuka (2001), a falha de chumbamento é a maior causa de infiltração pela parte inferior da esquadria. Desse modo, para aumentar a rigidez e evitar a infiltração é necessário o total preenchimento do contramarco com argamassa. A Figura 20 apresenta a falha para o contramarco tipo “Y” e para o tipo “Cadeirinha”.

Figura 20-Falha de chumbamento do contramarco (a) tipo “cadeirinha” e (b) tipo “Y”

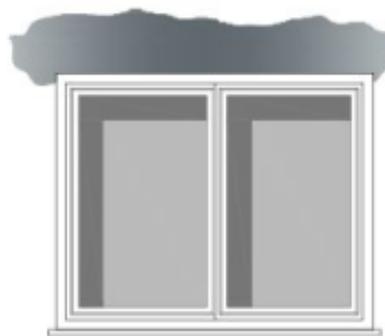


Fonte: Luduvico (2016, p. 90)

e) Infiltração na interface janela/verga

Luduvico (2016) ressalta que esse tipo de manifestação patológica é caracterizada por manchas de bolor e umidade na interface janela/ verga devido a infiltração de água pela fissura na extremidade superior da janela (Figura 21). A mesma autora evidencia que a possível causa é a falta de vedação da interface somada a insuficiência ou inexistência de barreira de vedação da conexão parede/janela e declividade favorável ao escoamento da água sobre a janela.

Figura 21-Infiltração na interface janela/verga



Fonte: Luduvico (2016, p. 87)

2.4.6 Excessiva permeabilidade ao ar

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013), que aborda sobre o desempenho dos requisitos gerais para as edificações habitacionais, estabelece que a habitabilidade seja uma

necessidade do usuário a ser atendida. Luduvico (2016) salienta que dentre os fatores atribuídos à habitabilidade das edificações, está incluída a estanqueidade.

lizuka (2001) enfatiza que além do dimensionamento criterioso dos componentes das esquadrias e da qualidade da fabricação, é fundamental que a instalação seja executada de forma correta. A Figura 22 apresenta a configuração típica de janelas ausentes de estanqueidade.

Figura 22-Configuração típica de ausência de estanqueidade



Fonte: Luduvico (2016, p.95)

Luduvico (2016) também ressalta que a manifestação patológica de permeabilidade ao ar em esquadrias de vedação muitas vezes, é caracterizada por efeitos acústicos devido à vibração. Segundo a mesma autora a seguir será descrito as principais causas desse efeito:

- Não cumprimento dos critérios mínimos estabelecidos pelas normativas em relação a permeabilidade ao ar e à resistências às ações dos ventos;
- Falhas na fabricação ou instalação da esquadria;
- Utilização do elemento não correspondendo com a classe com a qual foi destinado.

2.5 Noções básicas de termografia

Existe a técnica destrutiva e a não destrutiva para a identificação de patologias. A técnica destrutiva caracteriza-se por uma intervenção física a qual pode, em geral, descaracterizar, danificar, alterar ou destruir detalhes ou até mesmo a integralidade do imóvel. A técnica não destrutiva a qual abrange o uso da termografia, não causa danos à edificação porém, é caracterizada por possuir um custo elevado.

A termografia infravermelha tem sido utilizada em diversos campos de atuação. Na construção civil, essa técnica tem sido empregada para a detecção de vazamentos e inspeções térmicas.

Nessa parte da revisão bibliográfica, a definição e conceituação básica sobre termografia, radiação, emissividade e técnicas necessárias serão efetuadas para o entendimento do uso da câmera termográfica como uma ferramenta de identificação de manifestações patológicas.

2.5.1 Termografia infravermelha

De acordo com Souza (2010), a termografia infravermelha é uma técnica que utiliza a radiação infravermelha, neste caso, a radiação térmica emitida pela superfície dos objetos e a converte em imagens térmicas chamadas termogramas.

A intensidade de radiação que o objeto emite depende de vários fatores, porém, dois deles são fundamentais: a emissividade do material e a temperatura da superfície. Mendonça (2012) salienta que quanto mais quente um objeto estiver, mais radiação o mesmo irá transmitir.

Moresco et. al (2015) afirmam que a termografia infravermelha auxilia na detecção de anomalias que se manifestam nas superfícies das estruturas pela diferença de temperatura. Os mesmos autores salientam que essa detecção pode ser feita de forma rápida, a distância, sem destruir parte da estrutura e eficaz quando a técnica é efetuada corretamente.

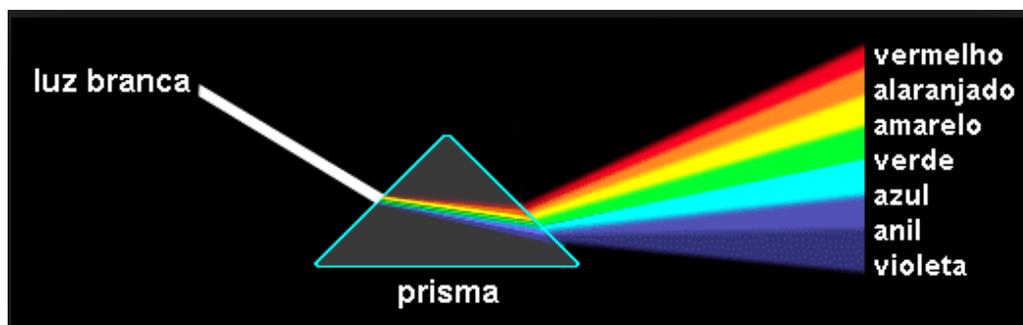
Apesar da técnica de termografia infravermelha parecer de fácil procedimento, existem diversos fatores que influenciam na análise dos resultados e que podem gerar conclusões erradas durante a realização do ensaio. Segundo Barreira (2004), na análise dos termogramas é elevado o risco de confundir defeitos do objetos com irregularidades na temperatura superficial devido a fatores externos, tais como:

- Condições térmicas do objeto e do meio em que se encontra, antes e durante o ensaio;
- Presença de fontes externas (sombas, reflexão, superfícies com diferentes acabamentos, etc.);
- Condições de medição (emissividade adotada, temperatura do ar, distância entre câmera e o objeto ângulo de observação, etc.).

2.5.2 Radiação infravermelha

Conforme afirma Mendonça (2012), os raios infravermelhos foram descobertos em 1800, por Sir William Herschel, astrônomo inglês, quando tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento dos objetos. O astrônomo também concluiu que a temperatura aumentava à medida que passava-se do violeta para o vermelho e a maior temperatura ocorria além do vermelho, ou seja, além do visível. Através da Figura 23 é possível entender o ensaio que Sir William Herschel executou.

Figura 23-Ensaio de prisma



Fonte: Mendonça (2012)

O autor citado anteriormente, também ressalta que os raios caloríficos são atualmente conhecidos como raios infravermelhos e que quando mais quente o objeto se encontra, maior será sua radiação. Desse modo, é possível concluir que radiação infravermelha é sinônimo de radiação de calor.

A visão humana detecta apenas uma pequena parcela do espectro, cujo o comprimento de onda se situa entre $0,4 \mu\text{m}$ e $0,7 \mu\text{m}$. É importante evidenciar que os raios infravermelhos têm o comprimento de onda superior aos visíveis, podendo ser divididos em ondas curtas ($2\text{-}5 \mu\text{m}$) e ondas longas ($8\text{-}14 \mu\text{m}$), sendo que é nesse último intervalo que trabalham as câmeras termográficas (MENDONÇA, 2012).

2.5.3 Emissividade

A emissividade de uma superfície corresponde a razão entre a radiância desse componente e a radiância do corpo negro. Conforme Barreira (2004), o fator de emissividade depende dos seguintes elementos:

a) Variação da emissividade com o comprimento de onda

A emissividade varia de acordo com o comprimento de onda, de forma relativamente lenta para os materiais sólidos e de forma brusca em gases e líquidos.

b) Variação da emissividade com o ângulo de observação

A emissividade varia conforme o ângulo de observação. Sendo assim, superfícies não planas apresentam uma emissividade aparente, que varia de ponto para ponto, apesar de não haver a alteração material. O autor salienta que para não metais, a variação da emissividade é praticamente nula para ângulos entre a 0° e 60° em relação perpendicular à superfície.

c) Variação da emissividade com a temperatura

Há diversos materiais que apresentam emissividade independente do comprimento de onda e da direção da radiação. Nesses materiais é possível considerar a emissividade constante para uma determinada temperatura. Essa emissividade designa-se emissividade total.

2.5.4 Técnicas de termografia digital

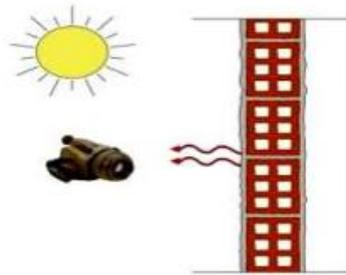
Cortizo (2007) afirma que existem duas técnicas de termografia digital: a passiva e a ativa. A seguir essas técnicas, serão descritas e exemplificadas por meio de figuras conforme o mesmo autor.

a) Termografia passiva

A termografia passiva é caracterizada pela falta de estímulo de energia “artificial”. Ocorre somente o estímulo, por meio de carga solar ambiental atuante sobre o corpo.

Maldague (2001) aponta que na termografia passiva, as condições de contorno naturais são utilizadas na análise, uma vez que nenhuma estimulação térmica é empregada. Dessa maneira, deve existir uma diferença natural de temperatura entre objeto em estudo e o meio onde ele está inserido. É possível observar esse modelo de técnica através da Figura 24 conforme Cortizo (2007).

Figura 24-Técnica de termografia passiva



Fonte: Cortizo (2007, p. 41)

b) Termografia ativa

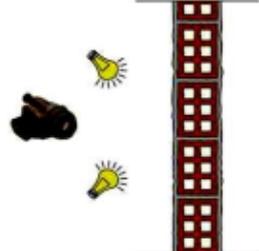
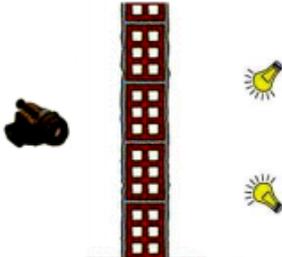
Na termografia ativa a principal característica é a aplicação de uma fonte externa de energia sobre o corpo. A injeção de energia ou o calor podem variar conforme as especificações do Quadro 3 e do Quadro 4.

Quadro 3- Variação de energia (termografia ativa)

Propriedades	Característica
Intensidade	Alta
	Baixa
Posição	Sobre a face da superfície pesquisada
	Sobre a face oposta da superfície pesquisada
Fonte geradora	Lâmpadas incandescentes
Frequência	Pulso
	Constante
	Modulado
Tempo	Instantâneo
	Moderado espaço de tempo
Tipo	Injeção de calor
	Injeção de jatos de ar frio

Fonte: Adaptado Cortizo (2007)

Quadro 4- Possibilidades da técnica a ativa

Posição relativa – câmera e fonte	Posicionamento da fonte
Mesmo sentido câmera e fonte	
Sentidos opostos câmera e fonte	

Fonte: Adaptado Cortizo (2007)

2.5.5 Identificação de manifestações patológicas utilizando termografia

A maioria das patologias dos materiais e elementos presentes nas edificações estão associados à temperatura, assim a medição dessa poderá auxiliar na compreensão dos fenômenos que estão na origem das anomalias (MARIO, 2011).

Segundo Barreira (2004), as principais vantagens da utilização da termografia como ferramenta para a identificação de manifestações patológicas são:

- A detecção de objetos não visíveis;
- Ensaio em tempo real;
- Método de confirmação de pontos de falha e vias de migração de umidade;
- Técnica não destrutiva que o contato físico não é necessário.

O manual técnico da Flir (2009) aponta como desvantagem que método identifica apenas o diferencial de temperatura na superfície, não conseguindo dessa maneira, detectar danos abaixo da superfície, a presença de fungos ou danos estruturais.

Maldague (2001) evidencia que a técnica de termografia poderá ser usada tanto para a alvenaria recém construída quanto para a antiga, sendo um processo similar para ambas. O autor acrescenta que a técnica de termografia passiva, a qual será empregada neste trabalho, tem mais caráter qualitativo, pois apresenta indicativos de anormalidades, enquanto o processo de excitação térmica tende a um caráter de resultados quantitativos, pela possibilidade de mensurar e controlar os eventos (fonte, intensidade, tempo e distância).

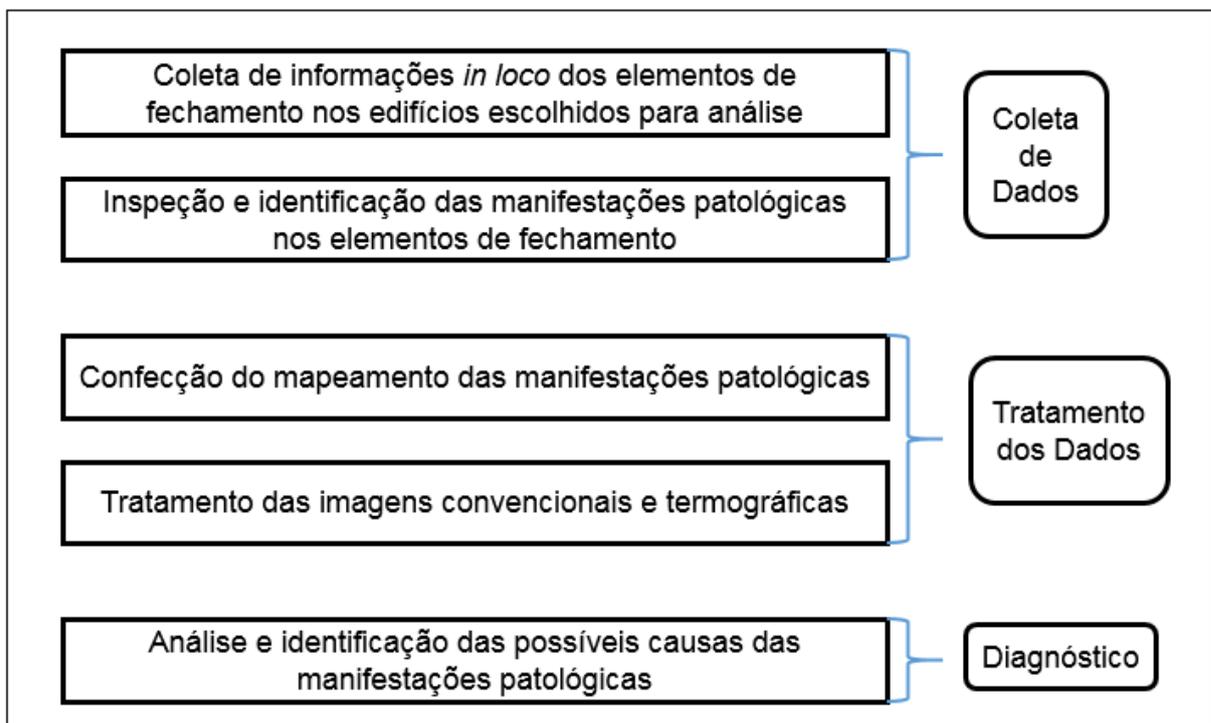
Nas edificações ocorre a predominância de trabalhos de termografia passiva, pelas dificuldades na excitação térmicas externas, pelas dimensões do objeto de estudo e pela grande quantidade de energia necessária (HOLST,2000).

3 METODOLOGIA

A análise e a avaliação das janelas foram realizadas através de visitas *in loco*. Para resultados mais precisos, juntamente com a utilização da câmera de imagens termográficas efetuou-se um levantamento fotográfico. A câmera termográfica empregada neste estudo foi disponibilizada pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

A metodologia empregada neste trabalho é baseada na técnica de Antunes (2010), que compreende em uma sequência fundamentada em três etapas distintas: coleta de dados, tratamento dos dados e diagnóstico. Na Figura 25, para facilitar o entendimento, encontra-se o fluxograma das etapas da metodologia.

Figura 25-Fluxograma metodologia



Fonte: Adaptado Antunes (2012)

3.1 Coleta de dados

Nesta etapa, na cidade de Alegrete, no Estado do Rio Grande do Sul, realizou-se o levantamento e a coleta de dados das janelas previamente escolhidas para a realização do estudo. O método utilizado foi a observação individual dos elementos

de fechamento, em seu ambiente real, juntamente com a coleta do maior número de informações através de um questionário (Figura 26 e Figura 27).

Os empreendimentos escolhidos para construir o grupo de amostragem são edificações executadas em sistemas construtivos distintos (concreto armado e paredes de concreto moldadas *in loco*). Nos locais onde o acesso foi permitido, analisou-se as janelas externas de um apartamento da edificação ou de diferentes fachadas do edifício (como no caso do edifício de concreto armado).

A pesquisa é voltada para a observação de falhas que ocasionam manifestações patológicas e perda de desempenho em janelas. Para essas análises, com o auxílio de uma câmera convencional, *in loco*, registros fotográficos foram realizados com intuito de registrar patologias visíveis nos elemento de estudo.

A partir da termografia infravermelha, registrou-se as anomalias ocultas ao observador. Tanto o levantamento fotográfico convencional como o termográfico, serviram de apoio para facilitar a classificação do tipo de patologia decorrente na estrutura.

Com a coleta das informações, registros fotográficos e o auxílio da bibliografia disponível, a identificação dos problemas patológicos e de desempenho foram realizados.

Figura 26-Primeira seção questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA	
UNIPAMPA- Campus Alegrete	
COLETA SISTEMÁTICA DAS CARACTERÍSTICAS DAS ESQUADRIAS	
Edifício:	
Data de observação:	Questionário nº:
SEÇÃO 1	
Características do Edifício	
PROFISSIONAL CONSULTADO:	
() Engenheiro () Arquiteto () Mestre de Obras () Construtora () Outro:	
SISTEMA CONSTRUTIVO:	
() Concreto Armado () Paredes de Concreto Moldadas <i>in loco</i> () Outro:	
NÚMERO DE PAVIMENTOS:	
() Até 5 pavimentos () Mais de 5 pavimentos	
FASE DA OBRA:	
() Execução das elevações () Acabamentos () Finalizada/ Ano :	

Documentação Relacionada às Esquadrias	
PLANTA PROJETO ARQUITETÔNICO COM A LOCALIZAÇÃO DAS ESQUADRIAS:	
() Sim () Não	
PROJETO DE DETALHAMENTO ARQUITETÔNICO/ EXECUTIVO DA ESQUADRIA:	
() Sim () Não	
CERTIFICAÇÃO DA ESQUADRIA:	
() Sim () Não	
INFORMAÇÕES DO FABRICANTE- Resultados dos ensaios normativos:	
() Sim () Não	
INFORMAÇÕES DO FABRICANTE-Classificação técnica, especificação e desempenho:	
() Sim () Não	
OBSERVAÇÕES:	

Fonte: Adaptado Luduvico (2016)

Figura 27-Segunda seção questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA	
UNIPAMPA- Campus Alegrete	
COLETA SISTEMÁTICA DAS CARACTERÍSTICAS DAS ESQUADRIAS	
Edifício:	
Data de observação:	Questionário nº:
SEÇÃO 2	
Características das Janelas	
MATERIAL DAS JANELAS: () Aço () Ferro () Madeira () Alumínio () PVC () Outro:	
MATERIAL DO CAIXILHO: () Aço () Madeira () Alumínio () PVC () Outro	
TIPO DE INSTALAÇÃO: () Marco () Contramarco () Parafusada () Espuma de Poliuretano	
VÃO PREPARADO COM CHAPISCO ROLADO: () Sim () Não	
TIPO DE CONTRAMARCO: () Y () Cadeirinha () Outro :	
MATERIAL DO CHUMBAMENTO DO CONTRAMARCO: () Argamassa () Espuma expansiva () Sem contramarco	
FOLGA ENTRE PAREDE DE FECHAMENTO E MARCO/CONTRAMARCO: () 2cm () 2,5 cm () 3cm () Outro: () Não observado	
QUEBRAMENTO DA PAREDE PARA POSICIONAMENTO DOS CHUMBADORES: () Sim () Não () Não observado	
PRESENÇA DE VERGA: () Sim () Não	
PRESENÇA DE CONTRAVERGA: () Sim () Não	
PRESENÇA DE PINGADEIRA: () Sim/ Material: () Não	
PROLONGAMENTO E INCLINAÇÃO DO PEITORIL/PINGADEIRA: () Sim () Não Obs:	
SISTEMA DE VEDAÇÕES APLICADO CORRETAMENTE ATRAVÉS DE SELANTES: () Sim () Não Obs:	

Fonte: Adaptado Luduvico (2016)

3.2 Tratamento dos dados

Após a concretização da coleta dos dados, as imagens obtidas foram organizadas conforme o método construtivo do edifício analisado. Posteriormente, a confecção de mapeamento das manifestações patológicas e o tratamento das imagens (convencionais e termográficas) foram realizados.

3.3 Diagnóstico

Nesta etapa final, os resultados foram analisados e comparados com as informações adquiridas por meio da pesquisa bibliográfica. Lakatos e Marconi (2003) enfatizam que é imprescindível a correlação da pesquisa com o universo teórico e desse modo, o modelo teórico serve de embasamento à interpretação do significado dos dados e fatos colhidos.

Por meio da interpretação das imagens através dos métodos empregados (convencional e termográfico), foram descritas as possíveis causas e origens das manifestações patológicas de cada elemento analisado e possíveis causas da perda de desempenho da esquadria.

Dentre as falhas encontradas destacou-se quais que apresentam com maior incidência e posteriormente evidenciou-se os problemas que deverão receber soluções prioritárias.

4. APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O município de Alegrete localiza-se no oeste do estado do Rio Grande do Sul e de acordo com estimativas de 2014 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possui 78.768 habitantes.

A implantação da Universidade Federal do Pampa a esse município acarretou no crescimento rápido da população e conseqüentemente na economia da região. Assim, a fim de comportar esse avanço, foi necessário a implantação de novas moradias e edificações.

Os sistemas mais utilizado na região analisada é o de concreto armado e atualmente com a implantação de uma nova construtora na cidade, estão sendo executadas edificações empregando o sistema de paredes de concreto armado moldadas *in loco*.

As janelas são elementos de extrema importância para o desempenho dessas edificações. Neste contexto, esta pesquisa visou a análise desse elemento, por meio de uma técnica termográfica passiva, em duas edificações de diferentes sistemas construtivos: concreto armado e paredes de concreto armado moldadas *in loco*.

Desse modo, para facilitar a compreensão, após a descrição do equipamento empregado no estudo, os resultados serão dispostos e analisados separadamente conforme cada método construtivo.

4.1 Descrições do equipamento

Utilizou-se para a realização desta pesquisa a câmera termográfica da marca FLIR, modelo T400. O equipamento trabalha com uma faixa de temperatura de -20°C a 150°C, possuindo precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$ ou $\pm 2\%$ de leitura.

Quanto a emissividade, por se tratar de superfícies eficientes quanto à irradiação de energia (alta emissividade), o valor utilizado foi de 0,95, assim como empregado nos trabalhos de Dactu et al. (2005) e Mario (2011).

Através dessa câmera, fotografias convencionais juntamente com termográficas foram capturadas. O equipamento permitiu definir a escala de cores das imagens e por meio do programa FLIR Tools, disponibilizado gratuitamente pela empresa fabricante da câmera, realizou-se o tratamento das imagens.

4.2 Edificação de concreto armado

4.2.1 Coleta de dados

A primeira edificação analisada foi o edifício onde localiza-se o Núcleo de Tecnologia da Informação e Comunicação (NTIC). Aplicou-se ao engenheiro encarregado da fiscalização da obra o questionário (Figura 26 e Figura 27) para a coleta de dados. Para melhor entendimento das informações, a fachada que promove o acesso interno a edificação encontra-se representada na Figura 28.

Figura 28-Fachada de acesso a edificação



Fonte: Acervo do autor

O edifício analisado é patrimônio federal da Universidade Federal do Pampa finalizado no ano de 2015, possui dois pavimentos e é executado em concreto armado. Conforme o questionário aplicado, na época de sua execução, os projetos continham todos os detalhamentos e as localizações das esquadrias em planta.

A empresa contratada para a execução da obra terceirizou o serviço de compra e colocação das esquadrias com uma empresa local (não especificada no documento de pesquisa). Entretanto, o profissional encarregado da fiscalização confirmou a

existência de informações técnicas do fabricante das janelas tais como: resultados dos ensaios normativos, classificação técnica, especificações e desempenho.

No Quadro 5 encontram-se as características das janelas da edificação analisada, conforme informações coletadas com o responsável da fiscalização da obra.

Quadro 5- Características das janelas na edificação em concreto armado

Características das Janelas	
Material das Janelas:	Alumínio (Janelas Retangulares) Vidro (Janelas Circulares)
Material do Caixilho:	Alumínio
Tipo de instalação:	Parafusada
Tipo de Contramarco:	Y
Observações:	
<ul style="list-style-type: none"> • Não ocorreu o quebramento das paredes para a colocação de chumbadores; • De acordo com o profissional consultado, há a existência de vergas e contravergas; • Existe a presença de peitoril (constituído de basalto), dotado de pingadeira, com prolongamento e inclinação necessária. 	

Fonte: Elaboração própria

A quantidade de janelas presentes a edificação é bastante significativa, afinal trata-se de um edifício formado por diversas salas (escritórios) que visam gerar ambientes agradáveis. No Quadro 6 está disposta a quantidade de janelas por fachada do edifício analisado.

Quadro 6- Quantidade de janelas por fachada

Número de Janelas por Fachada	
Norte	8
Sul	1
Leste	28
Oeste	18

Fonte: Elaboração própria

4.2.2 Tratamento dos Dados e Diagnósticos

Foi permitido o livre acesso em toda a edificação e deste modo, pode-se analisar todas as fachadas. Conforme a orientação da fachada do edifício realizou-se o tratamento de dados juntamente com o diagnósticos relacionados as esquadrias. No dia da coleta de dados termográficos, da fachada Norte, Sul e Oeste o clima estava seco e a temperatura ambiente estava em torno de 32 °C, o horário da captura dos termogramas variou das 17:45 às 18:30. Já na fachada leste, os termogramas foram capturados em um outro dia, o horário da captura variou das 17:00 as 17:30, o clima estava seco e a temperatura em torno de 30 °C.

4.2.2.1 Fachada Norte

A fachada norte é uma fachada com grande incidência de insolação diária. Na edificação do NTIC, essa fachada caracteriza-se por possuir 8 janelas conforme mostra a Figura 29.

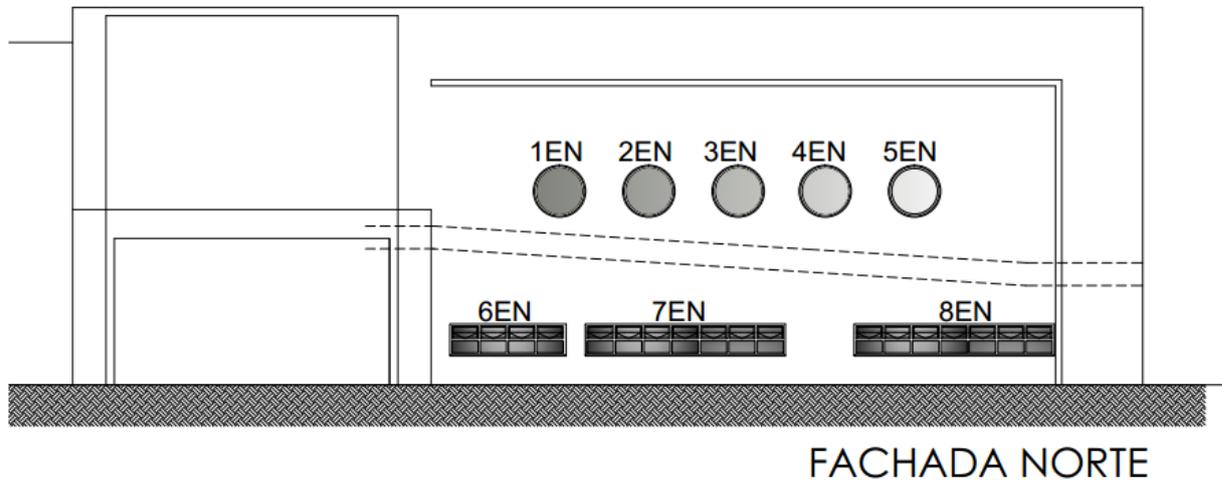
Figura 29-Fachada norte da edificação do NTIC



Fonte: Elaboração própria

Dentre as 8 janelas, 5 são circulares, constituídas exclusivamente de vidro e as outras 3 são retangulares, constituídas de alumínio. Para uma melhor análise dos resultados as janelas foram numeradas de acordo com a Figura 30.

Figura 30-Numeração das janelas da fachada norte

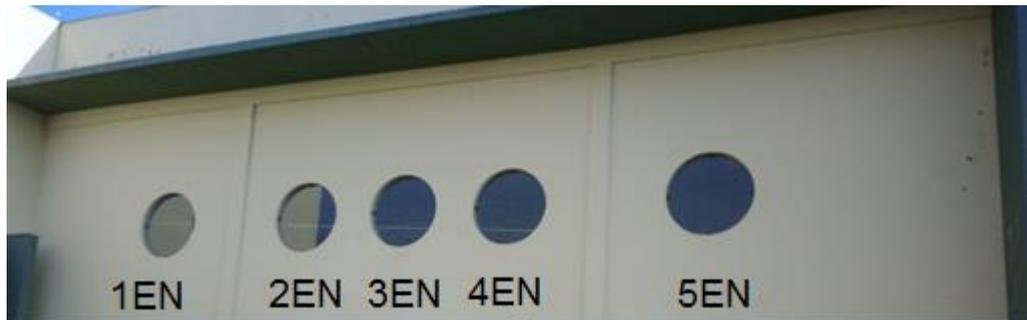


Fonte: Elaboração própria

Apesar do livre acesso concedido à essa edificação, as janelas retangulares não puderam ser analisadas internamente, pois as esquadrias estavam obstruídas devido ao local servir de depósito de equipamentos. Por esse motivo, não foi possível identificar a diferença de gradiente de temperatura nessas esquadrias.

Por meio de análise visual e fotográfica foi possível identificar diversas incidências patológicas nas esquadrias da fachada norte. Porém, como pode-se perceber na Figura 31 essas manifestações patológicas não ocorreram nas janelas circulares (1EN, 2EN, 3EN, 4EN e 5EN). Provavelmente a geometria circular contribuiu para a ausência de anomalias.

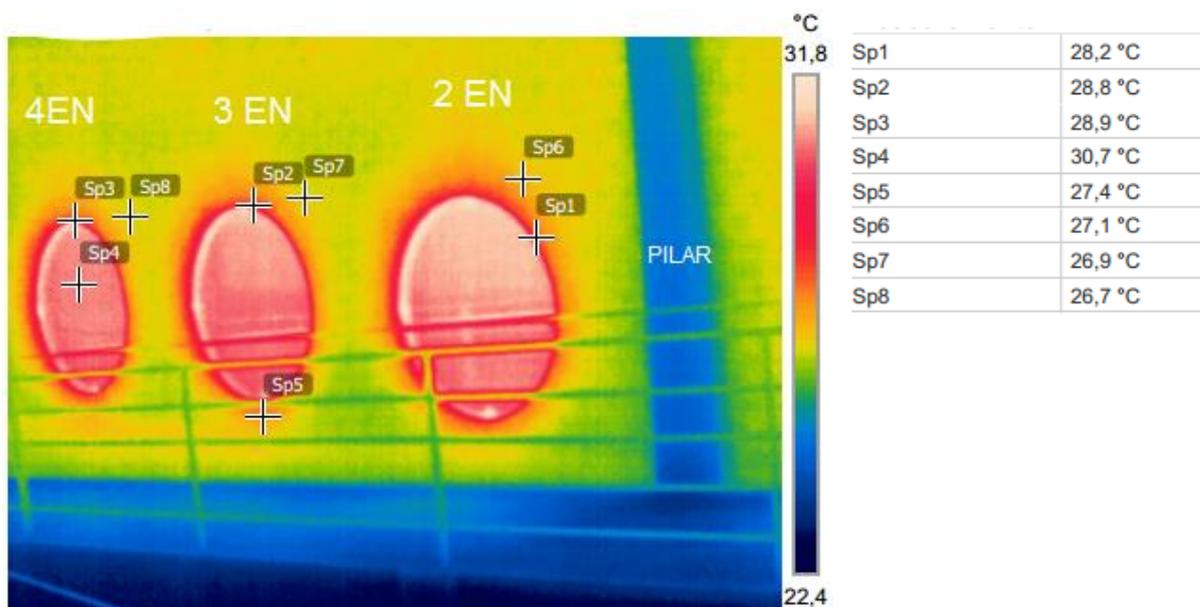
Figura 31-Esquadrias circulares fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Por meio da termografia da análise interna (Figura 32) dessas esquadrias circulares (2EN, 3 EN, 4 EN), observou-se que internamente os elementos que mais absorveram calor foram os vidros (sp4) com valor de 30,7 °C. Na superfície de ligação das três janelas a região esquadria- superfície (sp1, sp2, sp3) apresentou temperatura média de 28,6°C. No ambiente interno a superfície constituída de alvenaria dotada de revestimento (sp5, sp6, sp8) absorveu em média 27,06 °C resultando em uma diferença de 1,54°C comparando a temperatura apresentada pela ligação esquadria-superfície. O pilar foi o elemento que menos absorveu calor, estando (internamente) com 23 °C.

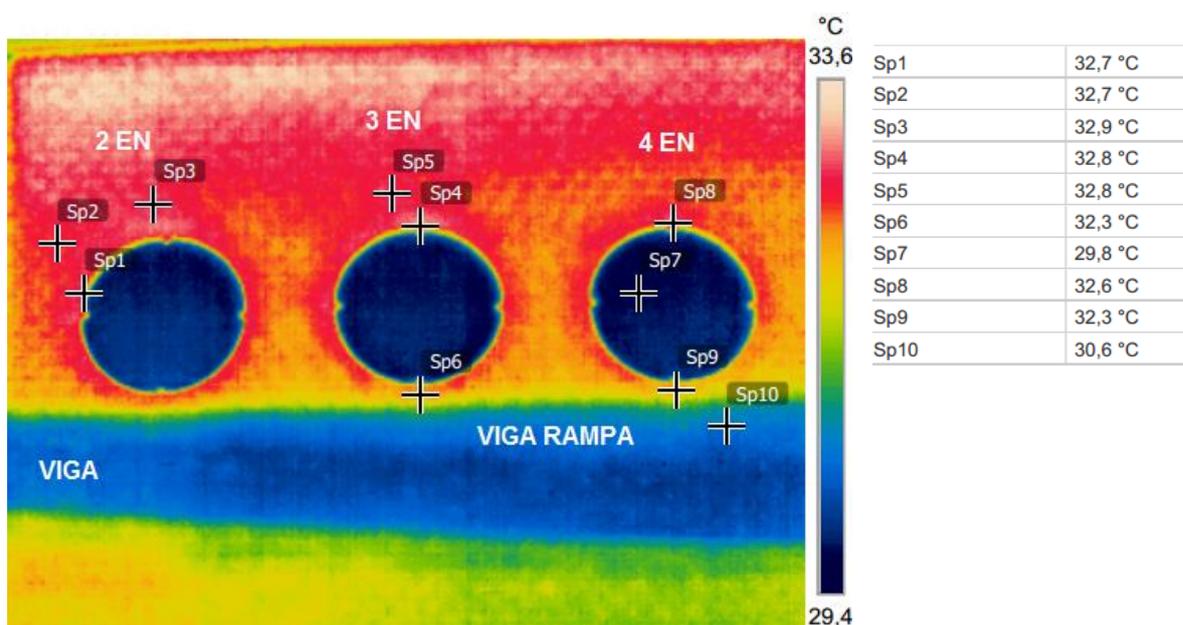
Figura 32-Termograma interno janela 2 EN 3EN 4EN



Fonte: Acervo do autor

Através da análise termográfica externa (Figura 33) das esquadrias circulares (2EN, 3EN, 4EN), observou-se que externamente os elementos de ligações esquadria- superfície (sp1, sp4, sp8) apresentaram temperatura média de 32,7 °C, apresentando um diferencial superior de gradiente de 4,1°C comparado à temperatura interna. A superfície de vedação constituída de alvenaria com revestimento argamassado (sp3 e sp5), foi o elemento que mais absorveu calor, apontando temperatura média de 32,85°C, com um diferencial de gradiente de 5,8 °C superior em relação a superfície interna da edificação. O vidro nessas esquadrias (sp7), na parte externa, estavam com 29,8°C valor abaixo da temperatura interna (30,7°C). As vigas (sp10), foram os elementos que menos absorveram calor, apresentando temperatura de 30,6°C, estando 7,6°C acima, comparado a temperatura interna desses elementos estruturais.

Figura 33-Termograma externo janela 2 EN 3EN 4EN

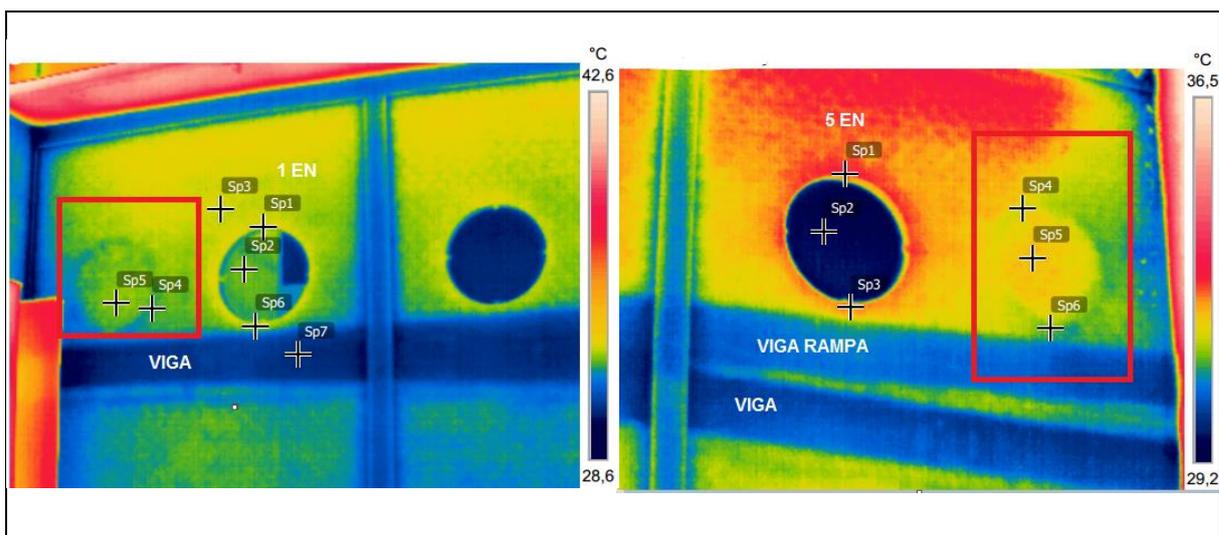


Fonte: Acervo do autor

Por meio da termografia observou-se que o fechamento inferior da esquadria ocorreu pela utilização de alvenaria. Dessa maneira, foi utilizada uma fiada de tijolo e o restante foi preenchido com argamassa para conseguir o fechamento adequado. Nessa região (sp6 e sp9) da Figura 33, a temperatura média estava em 32,3°C, considerada 0,55°C inferior comparada o restante da superfície de vedação (sp5) e 0,4°C inferior a superfície de ligação esquadria-superfície (sp4 e sp8).

Outro detalhe muito importante que foi evidenciado pela termografia, foram erros de projeto ocorridos na fachada norte, conforme mostra a Figura 34. Nota-se que foram executados vãos para janelas (anterior à esquadria 1EN e posterior à 5EN), os quais foram posteriormente fechados com alvenaria de vedação.

Figura 34- Erros de projeto fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Por meio visual, evidenciou-se nesses vãos fechados, uma fissura circular contornando toda a parte onde seria a esquadria. A termografia possibilitou entender o motivo dessa fissura, nos pontos sp4 da Figura 34, a temperatura estava inferior aos pontos sp5. Essa diferença indica que são materiais com propriedades diferentes e conseqüentemente se dilatam e retraem de maneira distintas, possibilitando a formação de fissuras.

Possivelmente para a formação do vão circular foi utilizada uma quantidade excessiva de argamassa para a regularização do mesmo, explicando a temperatura menor no ponto sp4. Desse modo, com o erro da locação da esquadria, a alternativa mais provável, foi apenas vedar esse vão com alvenaria (explicando a temperatura elevada no sp5), não retirando assim, a quantidade excessiva de argamassa de regularização utilizada anteriormente.

Além das esquadrias circulares, na fachada norte existem 3 janelas retangulares de alumínio (6EN, 7EN e 8EN), afastadas aproximadamente 40 cm do solo. Foram nessas esquadrias que ocorreram as maiores incidências de manifestações patológicas, como evidência as Figuras 35,36,37.

Figura 35-Esquadria retangular 6EN da fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Figura 36-Esquadria retangular 7EN da fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Figura 37-Esquadria retangular 8EN fachada norte



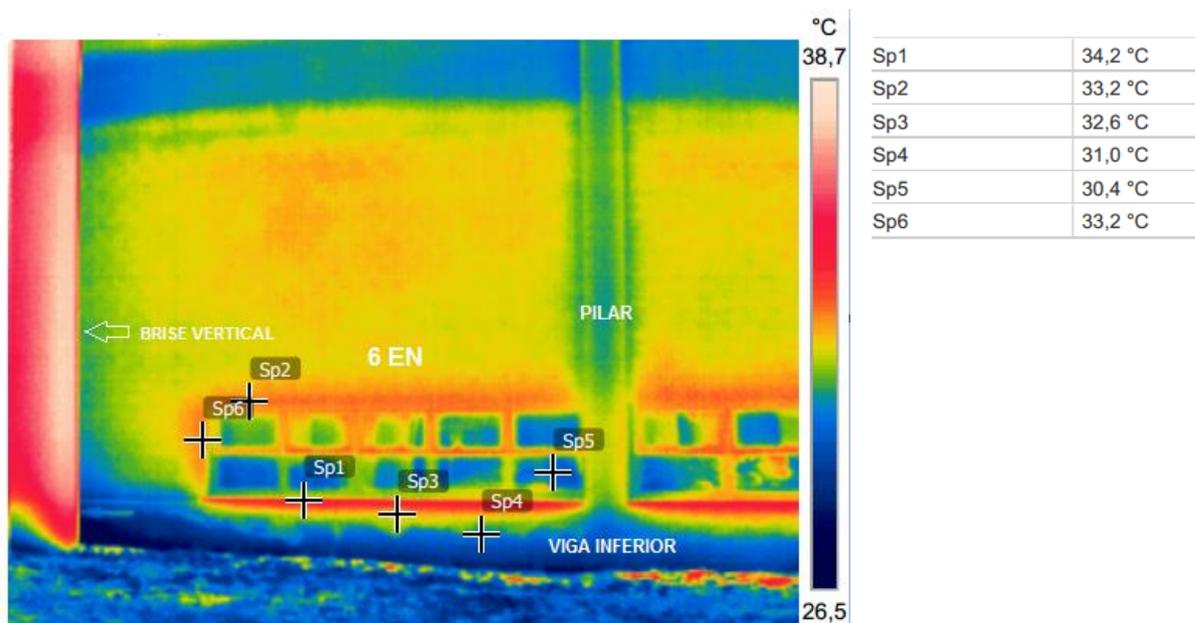
Fonte: Acervo do autor

Através da análise das 3 janelas (6EN, 7EN, 8EN), notou-se em todas a presença de fissura horizontal sob o peitoril incidente na conexão entre o peitoril e o sistema de fechamento da parede. MOCH (2009) destaca que as possíveis causas desse tipo de fissura é a ineficácia do peitoril, resultando em infiltração e retração por absorção de umidade. Além disso, essas fissuras podem ser ocasionadas devido o preenchimento excessivo do espaço entre o peitoril e a parede de vedação.

Outra patologia evidente nas 3 janelas são as bolhas, que também estão presentes abaixo do peitoril. A incidência de bolhas nesse local, provavelmente está relacionada com o contato direto de umidade ocasionado pela inclinação e o prolongamento longitudinal do peitoril inadequado. Ripper (1986) e Watanabe (2014) aconselham que o prolongamento transversal do peitoril tenha no mínimo 4 centímetros e inclinação mínima de 1%.

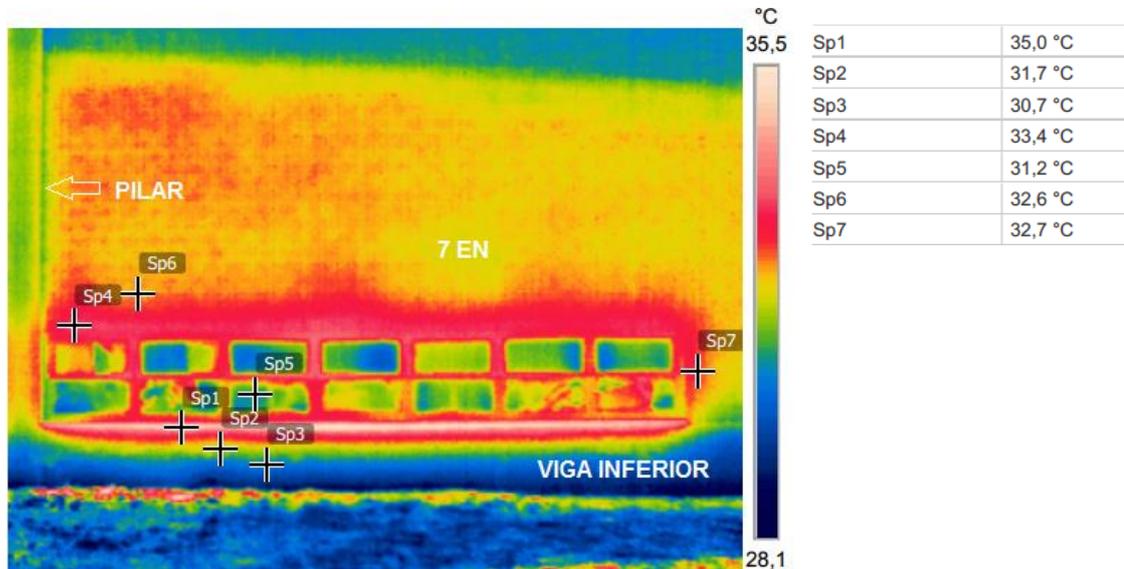
Não foi possível encontrar a diferença de gradiente térmico nessas janelas. Porém, a termografia possibilitou uma análise mais precisa em relação a possível causa das fissuras horizontais encontradas abaixo do peitoril. Os termogramas das esquadrias 6EN, 7EN e 8EN estão dispostos nas Figuras 38,39,40 respectivamente.

Figura 38-Termograma esquadria 6EN fachada norte



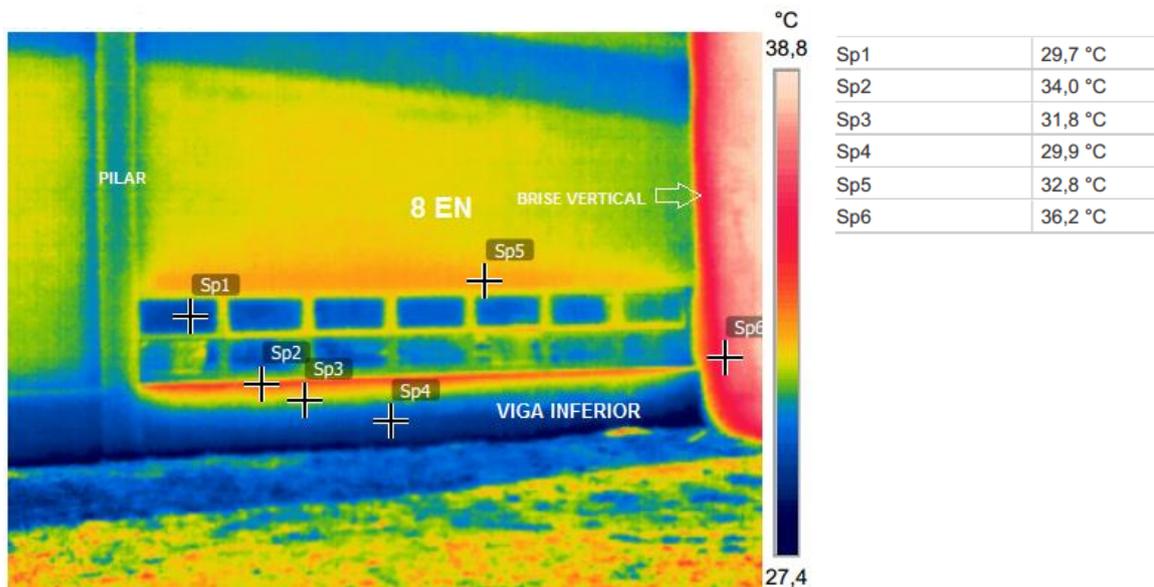
Fonte: Acervo do autor

Figura 39-Termograma esquadria 7EN fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Figura 40-Termograma esquadria 8EN fachada norte



Fonte: Acervo do autor

Conforme os termogramas (Figuras 38,39,40) foi possível perceber que nas esquadrias a região que mais absorveu calor foi o peitoril. O peitoril de todas as esquadrias dessa edificação é constituído de basalto, e a média de temperatura encontra nesse material, entre as 3 janelas analisadas (6EN, 7EN, 8EN), foi de 34,4°C. Salienta-se que nas 3 janelas, o fechamento inferior da esquadria foi realizado na viga,

a qual estava apresentando uma temperatura média de 30,5°C. No entanto, entre o peitoril e viga, pela termografia foi possível perceber que existia (nas 3 janelas) uma região que apresentava uma temperatura média de 32°C que provavelmente refere-se a uma superfície da viga que aquece um pouco mais devido o contato direto com o peitoril. Esse diferencial de temperatura (entre peitoris, ligações e vigas) pode ser a possível causa da fissura horizontal detectada nas janelas retangulares da fachada norte, afinal os materiais estão se dilatando e retraindo de formas distintas.

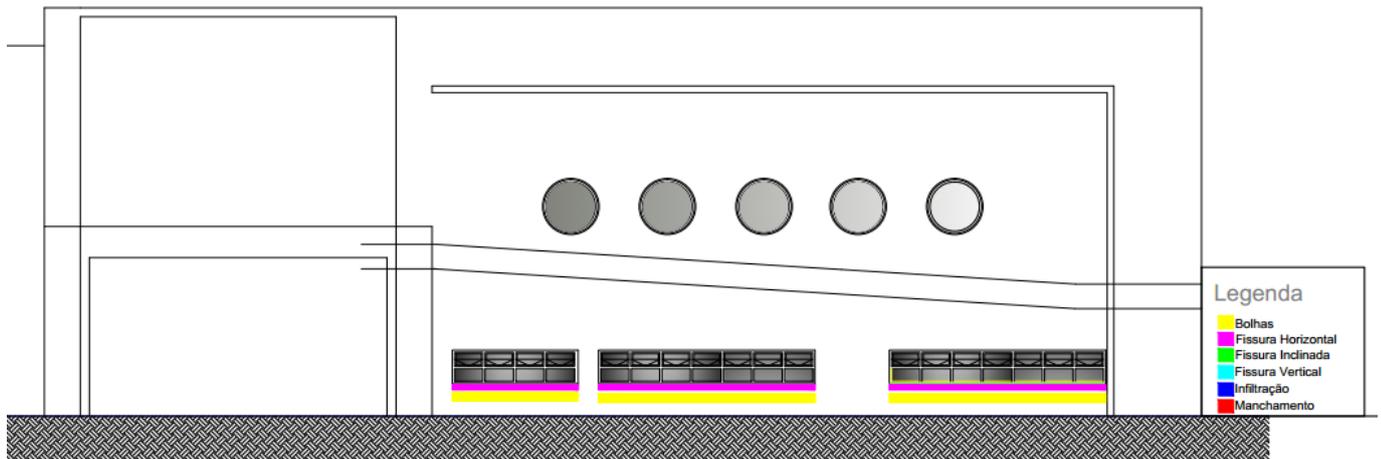
Na região abaixo do peitoril, onde houve a presença de bolhas, a temperatura estava superior, comparando com a temperatura da viga, fato que se observa pela tonalidade de azul mais claro nas figuras acima.

Todos os peitoris estavam com a prolongação abaixo da mínima recomendada, apresentando apenas 2 cm de prolongação e não contendo a inclinação mínima de 1%. Esse fato, pode indicar que esse erro construtivo, pode ser o agente causador das bolhas situadas logo abaixo da esquadria, além de auxiliar também para a formação da fissura horizontal, pela infiltração e tração por absorção de umidade.

Outro fato que foi possível perceber através da termografia foi que as 3 janelas retangulares analisadas não possuem vergas, o que facilita a aparência de fissuras inclinadas na parte superior dos vértices das esquadrias. No entanto, devido ao fechamento lateral das janelas ser em pilares (janela 6EN e 7EN lateral direita e janela 8EN laterais direita esquerda) essas fissuras não ocorreram.

A partir das análises, pode-se realizar o mapa de incidência de danos da fachada Norte. O mapa levou em consideração apenas as incidências de danos nas janelas que compõem essa fachada, conforme demonstra a Figura 41.

Figura 41-Mapa de incidência de danos fachada norte



Fonte: Acervo do autor

4.2.2.2 Fachada Sul

Dentre todas as fachadas, a fachada sul é que menos tem incidência de insolação diária, e, muitas vezes é a fachada que mais apresenta manifestações patológicas. Esse fato com certeza foi levado em consideração pelos projetistas dessa edificação afinal, conforme a Figura 42, é possível observar que a fachada sul é composta por apenas uma janela de vidro circular.

Figura 42-Fachada sul da edificação do NTIC



Fonte: Acervo do autor

A esquadria da fachada sul não foi analisada termicamente, pois através da análise visual e fotográfica foi possível constatar, na parte inferior da esquadria, a presença de manchamento da superfície devido ao carreamento de partículas. Essa patologia ocorre quando a água em deslocamento se enriquece de elementos sólidos como poeira, e por atrito seu poder abrasivo é aumentando, ocasionando no depósito partículas de sujeira sobre a superfície, conforme mostra a Figura 43.

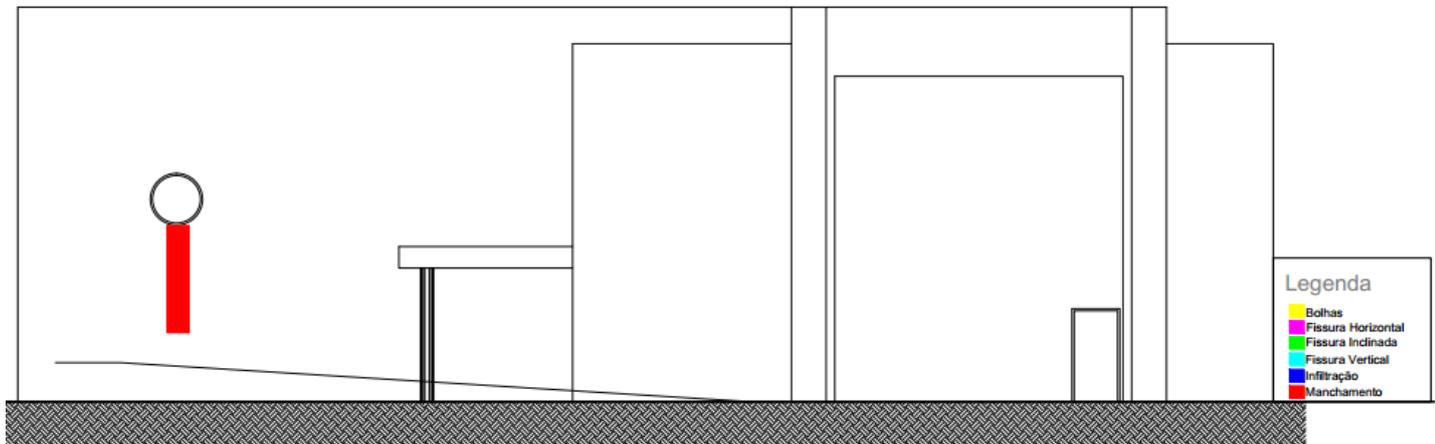
Figura 43-Manchamento da superfície esquadria fachada sul



Fonte: Acervo do autor

Após a análise foi possível a elaboração do mapa de incidência de danos (Figura 44), relacionado a janela da fachada sul.

Figura 44-Mapa de incidência de danos fachada sul



Fonte: Acervo do autor

4.2.2.3 Fachada Leste

A fachada leste é caracterizada por receber a incidência solar apenas pela parte da manhã, evitando que os cômodos que estão incluídos a essa orientação superaqueçam no período da tarde. Devido a esse fato, muitos projetistas direcionam os cômodos de maior permanência a essa orientação.

A fachada leste do edifício de concreto armado analisado (Figura 45), refere-se a fachada com maior número de aberturas, possuindo no total 28 janelas retangulares constituídas de alumínio. Dentre essas 28 janelas, 17 janelas apresentam brises solares verticais.

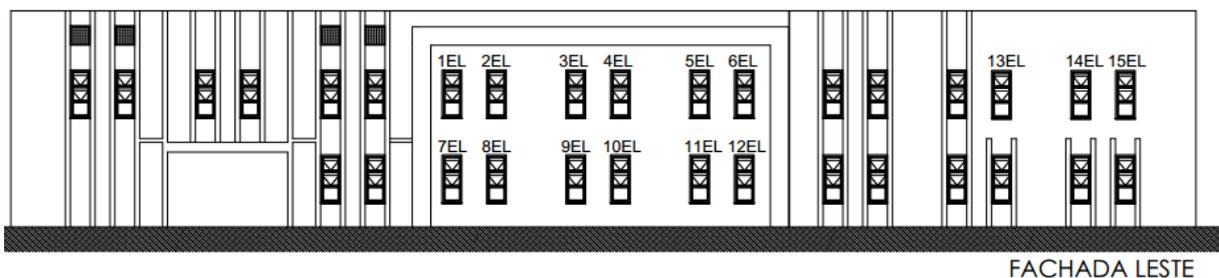
Figura 45- Fachada leste da edificação do NTIC



Fonte: Acervo do autor

Para melhor entendimento da análise dos resultados nessa fachada, enumerou-se cada esquadria de acordo com a Figura 46.

Figura 46-Numeração das janelas da fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Nas 17 janelas com brises solares verticais não foram constatadas manifestações patológicas. Entretanto, nas janelas que não possuíam esse elemento arquitetônico o índice de danos patológicos foi alto.

Através da análise fotográfica, constatou-se que as janelas 1EL e 2EL (Figura 47) apresentaram fissuras horizontais na região inferior onde localiza-se o peitoril. Juntamente à essa manifestação, constatou-se fissuras nos vértices das aberturas

inferiores, essas geralmente se manifestam quando há a inexistência contraverga nas esquadrias. Além disso, na parte superior das esquadrias (1EL e 2EL) observou-se fissuras entre a ligação entre viga (superior) e janela.

Patologias relacionadas a umidade também foram encontradas, na região do peitoril das duas janelas, constatou-se manchamentos devido ao carreamento de partículas.

Figura 47- Janelas 1 EL e 2EL



Fonte: Acervo do autor

Nas janelas 1EL e 2EL foram feitas análises térmicas, na parte externa do edifício. Não foi possível análise térmica na parte interna da edificação nas janelas 1EL a 15EL.

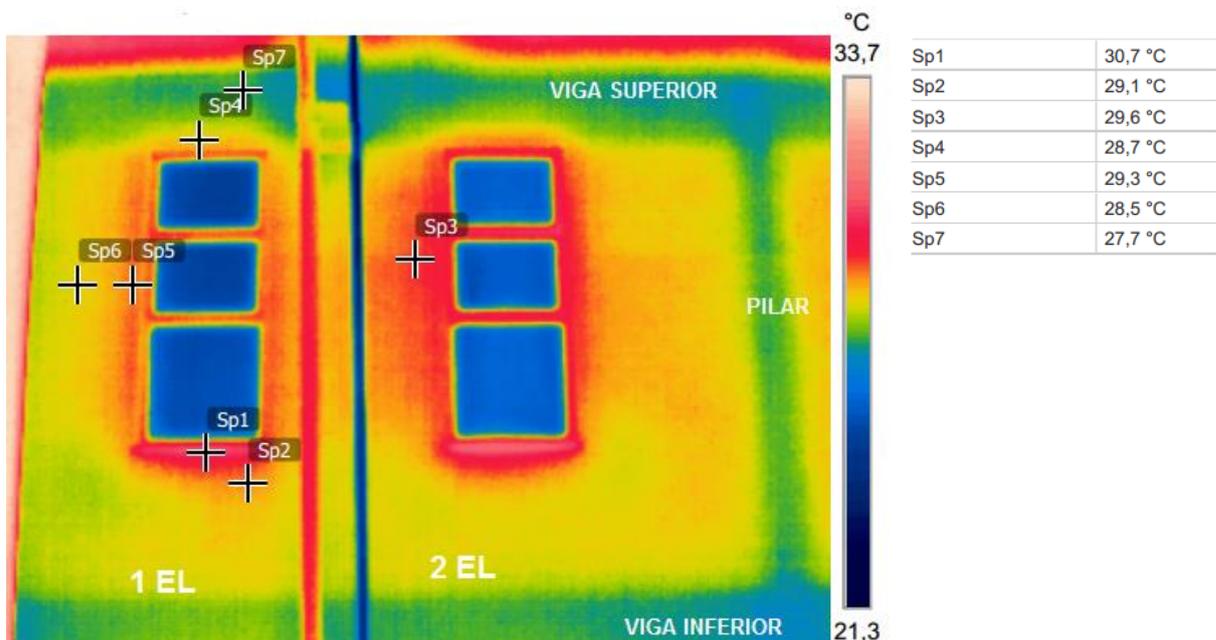
Pela análise térmica (Figura 48) das esquadrias 1EL e 2 EL notou-se que o fechamento superior da esquadria acontece realmente em uma viga. A temperatura da viga é representada pelo sp7 e equivale a 27,7°C, enquanto a ligação entre esquadria viga (sp4) e a superfície de vedação (sp6) estão com 28,7°C e 28,5°C respectivamente. Esse diferencial de temperatura (viga, ligação e superfície) explica a formação de fissuras entre a ligação entre esquadria- viga superior. Como alternativa de minimizar esse tipo de fissura, aconselha-se a utilização de telas de aço, colocadas

entre a ligação viga-esquadria. Salienta-se que as telas devem ser detalhadas em projetos para evitar erros construtivos.

Nas laterais das esquadrias, onde também ocorreram fissuras horizontais, a temperatura média (sp5 e Sp3) estava entre 29°C e a superfície de vedação (sp6) 28,5 °C. Essa temperatura elevada nas regiões laterais em relação a superfície pode ser explicados pela temperatura alta das esquadrias de alumínio, onde essas aquecem a região que estão em contato, podendo formar as fissuras horizontais observadas nas laterais das janelas 1 e 2 EL. Outro ponto que pode ser analisado foi a ausência de contraverga em ambas as janelas, fato que explica as fissuras inclinadas nessa região.

A região que absorveu maior calor foi o peitoril, apresentando (sp1) 30,7 °C. A região entre ligação peitoril- superfície de alvenaria estava com 29,1°C e a superfície de vedação exibiu a temperara de 28,5°C. É importante salientar que o peitoril da fachada leste possui 3 cm de prolongamento, sem nenhuma inclinação, sendo o agente causador dos manchamentos e podendo ter uma parcela de responsabilidade em relação a fissura horizontal devido, como mencionado anteriormente, a infiltração e posterior tração por absorção de água. Essa fissura horizontal, em ambas esquadrias, também pode ter sido provocada pela diferença de temperatura (peitoril, ligação e superfície), diferencial ocasionado pelo superaquecimento do peitoril.

Figura 48-Termograma esquadria 1EL e 2EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Por meio da análise fotográfica verificou que as janelas 3EL, 4EL, 5EL, 6EL (Figura 49,50) apresentaram fissuras inclinadas nos cantos inferiores das esquadrias assim como nas janelas 1EL e 2 EL. A fissura horizontal no canto superior (ligação viga-janela) se propagou em grande escala, e acabou formando uma fissura única no menor vão das janelas. Observou-se uma fissura horizontal logo após o canto superior na janela 4EL e constatou-se, no canto inferior da janela 6EL manchamento devido a umidade.

Figura 49-Janelas 3EL e 4EL



Fonte: Acervo do autor

Figura 50-Janelas 5EL e 6EL



Fonte: Acervo do autor

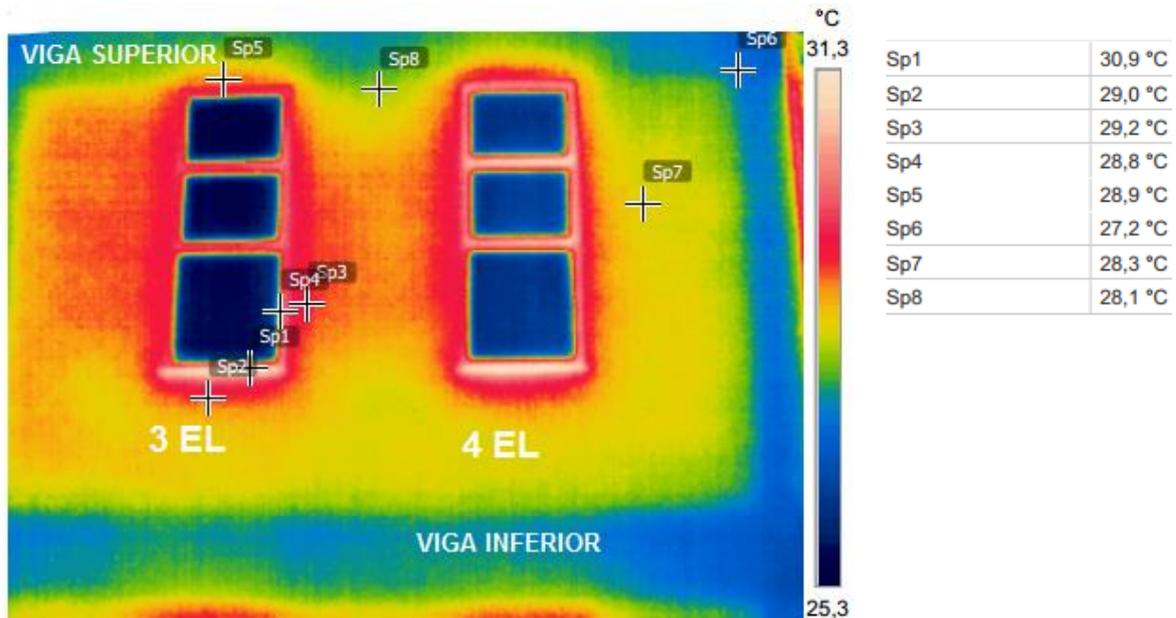
Por meio dos termogramas (Figura 51,52) das esquadrias 3EL, 4EL, 5EL, 6EL evidenciou-se, assim como nas esquadrias anteriores analisadas, a ausência de contraverga. Essa ausência explica as fissuras inclinadas nas extremidades inferiores das janelas.

Os termogramas abaixo, comprovam que a ligação superior das esquadrias aconteceram em uma viga. No primeiro termograma (Figura 51) a viga superior (sp5) está em uma temperatura de 27,2°C, enquanto a ligação janela-viga (sp5) está com 28,9°C, devido ao aquecimento da superfície causado pela esquadria de alumínio. Já a superfície de alvenaria (sp7) estava com temperatura de 28,3°C, enquanto a ligação viga-superfície (sp8) 28,1°C. Esses diferenciais de temperatura principalmente entre ligação viga- superfície mostram que cada um dos materiais (viga, esquadria, parede de vedação) absorvem calor de maneira diferente, e desse modo a dilatação ocorre de maneira distinta. Isso esclarece as fissuras horizontais na parte superior das esquadrias.

Já no termograma da Figura 52, a escala de cor apresentou-se mais uniforme, relacionado ao termograma da Figura 55. Principalmente quando se analisa as superfícies laterais das esquadrias, o que explica a ausência de fissuras horizontais nas janelas 5EL e 6EL. No entanto, a fissura horizontal na parte superior entre a ligação superfície-viga ocorreu, pelos mesmos motivos relacionados as esquadrias 3EL e 4EL.

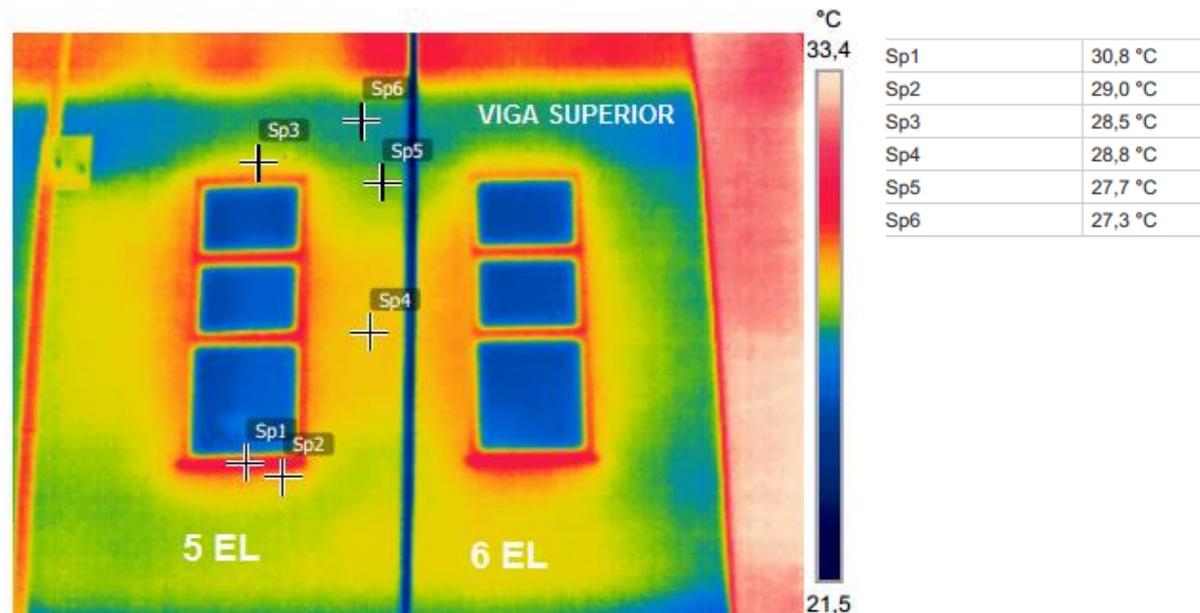
O elemento que mais absorveu calor, foi o peitoril constituído de basalto, apresentando 30,9°C. Pela análise feita em campo, os peitoris não tinham inclinação e seu prolongamento era de no máximo 3 cm. A diferença de temperatura entre peitoril e superfície de ligação e a falta de prolongamento e inclinação, são fortes fatores que ocasionam a fissura horizontal observada na esquadria 3EL.

Figura 51-Termograma esquadria 3EL e 4EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Figura 52-Termograma esquadria 5EL e 6EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Através Figura 53 foi possível analisar as incidências patológicas das janelas 7EL e a 8EL. Por meio da análise visual, percebeu-se a presença de fissuras verticais inclinadas nas extremidades (inferior e superior das esquadrias). Além disso, evidenciou-se fissuras horizontais na parte intermediária da esquadria e verticais na parte superior da ligação entre esquadria e superfície. Destacou-se também infiltração

nas interfaces do peitoril e apenas na janela 7EL detectou-se fissura horizontal na parte do peitoril.

Figura 53-Janelas 7EL e 8EL



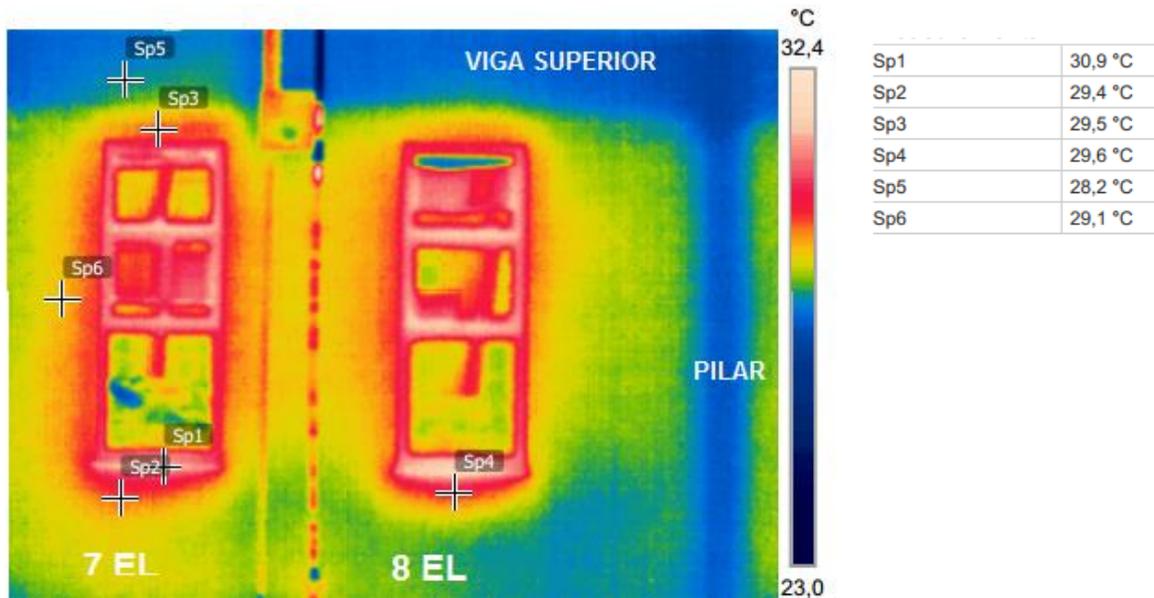
Fonte: Acervo do autor

Os termogramas da Figura 54 trata-se das janelas 7EL e 8 EL. Por meio desses foi possível constatar a ausência de verga e contraverga, justificando a presença da fissuras verticais nas extremidades das esquadrias. A verga e contraverga neste caso é essencial a essas janelas, pois nenhuma dessas fazem fechamento (superior ou inferior) em vigas estruturais.

A viga conforme mostra o ponto sp5 do termograma, estava com 28,2°C e a superfície entre ligação viga-superfície de vedação (sp3) estava com 29,5. Essa diferença de temperatura aponta que existem diferenciais de absorção de calor e consequentemente dilatação entre os materiais, explicando as fissuras verticais observadas nas extremidades superiores das esquadria. O alumínio das esquadrias e os peitoris foram os elementos que mais absorveram calor, apresentado 30,9 °C. O aquecimento do material da esquadria justifica a temperatura de 29,1°C das laterais da superfície de alvenaria (sp6), valor elevado comparada o restante da alvenaria de vedação (28,7°C). O aquecimento do peitoril assim como inadequação do mesmo, provavelmente resultou na fissura horizontal da esquadria 7EL, como já explicados nos casos semelhantes analisados anteriormente.

A infiltração abaixo do peitoril apresentou temperatura média de 29,5°C , conforme os pontos sp4 e sp6. Essa temperatura foi superior relacionado a região de vedação da superfície de alvenaria(28,7°C).

Figura 54-Termograma esquadria 5EL e 6EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Conforme mostra a Figura 55 e 56, as janelas 9EL, 10EL, 11EL e 12EL, apresentaram fissuras verticais nos cantos superiores e inferiores das esquadrias, fissuras horizontais na região do peitoril, e em alguns casos fissuras horizontais nas laterais das esquadrias (9EL, 10EL e 12EL). Apenas na janela 10EL constatou-se uma fissura horizontal na região acima da esquadria. Em todas as janelas foram constatadas infiltração nas interfaces do peitoril, assim como nas esquadrias anteriores analisadas.

Figura 55-Janelas 9EL e 10EL



Fonte: Acervo do autor

Figura 56-Janelas 11EL e 12EL



Fonte: Acervo do autor

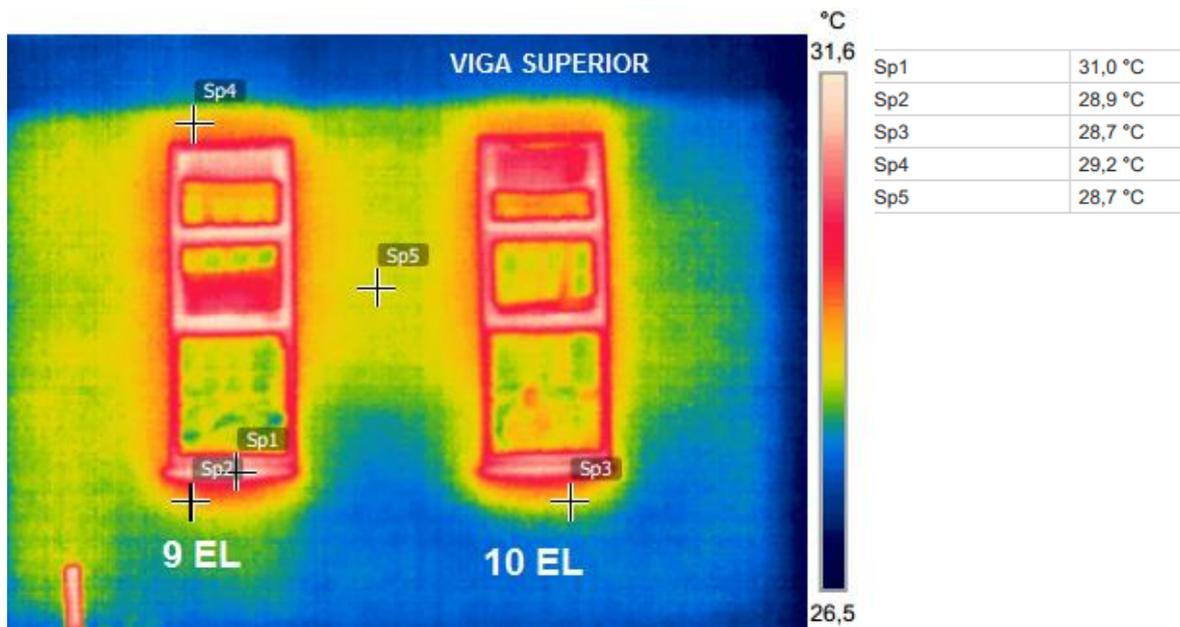
De acordo com os termogramas das Figuras 57 e 58 notou-se a ausência de verga e contraverga nas esquadrias analisadas. Desse modo, a ausência desses elementos estruturais acarretaram as fissuras inclinadas superiores e inferiores nos vértices das janelas 9EL, 10EL, 11EL e 12EL. A termografia apontou que a viga superior estava em torno de 26,5°C e a superfície de vedação apresentou em média

28,2°C, esse diferencial de temperatura explica a constatação fissura horizontal entre a ligação viga-superfície acima da janela 12 EL.

Na região abaixo do peitoril, pela análise visual, constatou-se infiltração e pelos termogramas das quatro esquadrias, essa região apresentou temperatura média 28,5°C, estando acima de 28,2°C que é o valor referente a superfície de vedação de alvenaria.

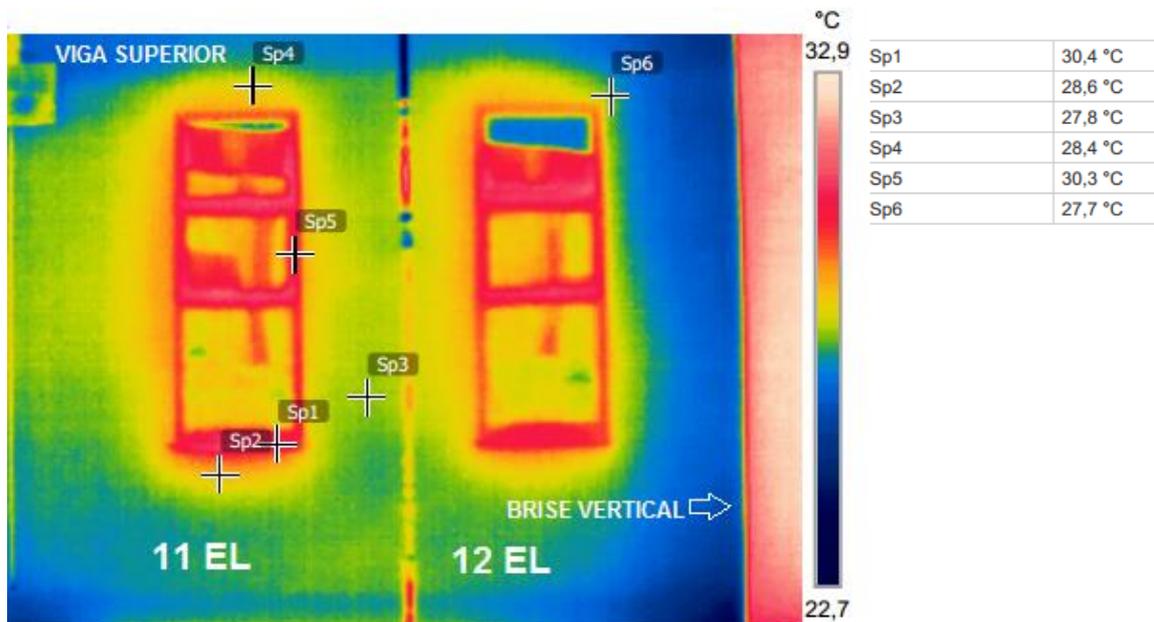
O elementos que absorveram mais calor foram os peitoris e as esquadrias de alumínio apresentando temperatura média de 30,7°C e 31,5°C respectivamente. A inadequação da dimensão e instalação do peitoril, juntamente com o diferencial de temperatura comparado a superfície de vedação propicia a aparição de fissuras horizontais observadas nas esquadrias 9EL, 10EL, 11EL e 12EL.

Figura 57-Termograma esquadria 9EL e 10EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Figura 58-Termograma esquadria 11EL e 12EL fachada leste



Fonte: Acervo do autor

Nas janelas 13 EL, 14EL e 15EL o índice de incidências patológicas, na parte externa, foi reduzido. Constatou-se apenas bolhas na parte inferior das esquadrias, conforme mostra a Figura 59.

Figura 59-Janelas 14EL e 15EL



Fonte: Acervo do autor

Um fato muito importante que foi constatado nas esquadrias 1EL a 12EL da fachada leste, foi que essas não possuem a dimensão adequada para o vão que estão incluídas. Esse fato é possível perceber pela Figura 60. Nota-se que com intuito de vedação externa foi colocado espuma expansiva em todo o entorno da esquadria. No

entanto, a espuma encontra-se em processo de degradação, devido ao uso inadequado da mesma. Esse erro de execução acarreta em problemas graves referentes a infiltração no ambiente interno da edificação e compromete o desempenho da esquadria.

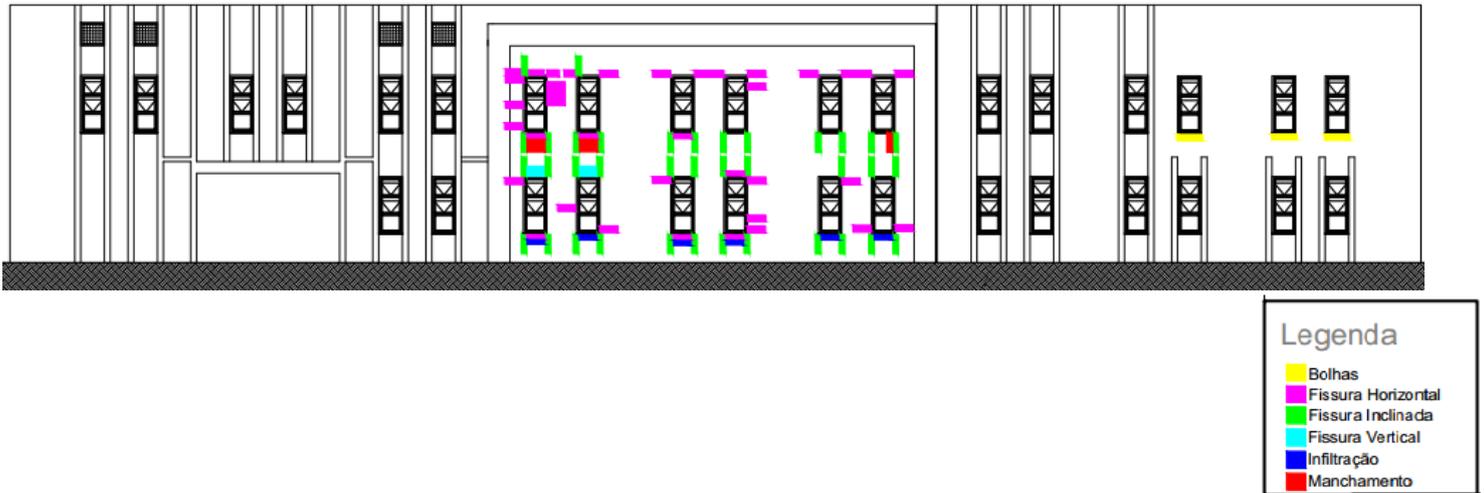
Figura 60- Erro de execução



Fonte: Acervo do autor

Após a análise feita separadamente por esquadria, foi possível fazer o mapa de danos da fachada leste (Figura 61), relacionado as esquadrias.

Figura 61-Mapa de danos fachada leste



Fonte: Acervo do autor

4.2.2.4 Fachada Oeste

A fachada oeste (Figura 62) é caracterizada por receber maior incidência solar no período da tarde. Essa fachada é a que promove o acesso interior ao edifício analisado e é composta por 18 janelas de alumínio.

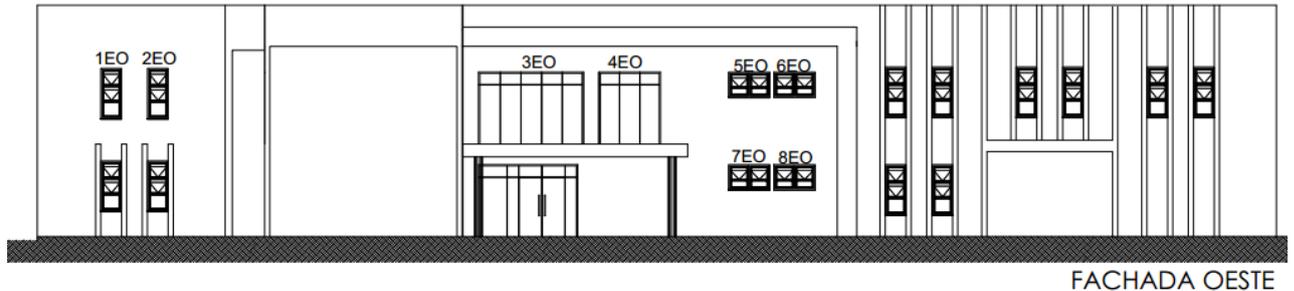
Figura 62-Fachada oeste da edificação do NTIC



Fonte: Acervo do autor

Para facilitar o entendimento dos resultados referentes a essa fachada, as janelas foram numeradas de acordo com a Figura 63.

Figura 63- Numeração das janelas da fachada oeste

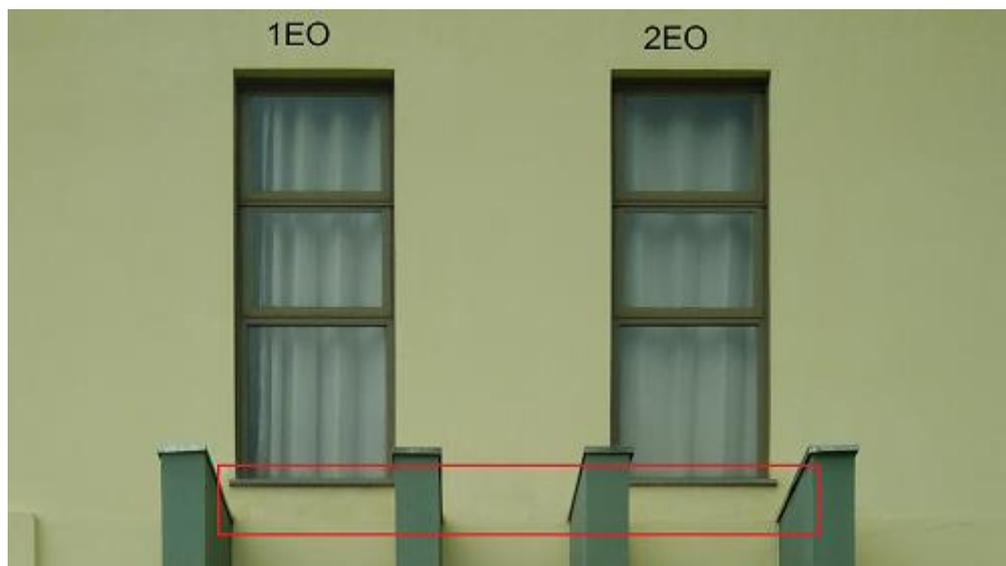


Fonte: Acervo do autor

Dez janelas da fachada oeste são compostas por brises solares verticais e nessas não foram constatadas patologias. Assim, a análise ocorreu nas janelas que não possuem esses elementos arquitetônicos.

As janelas 1EO e 2EO não apresentaram um alto índice de manifestações patológicas. No entanto, foi constatado bolhas na região inferior das esquadrias, como mostra a Figura 64. Essas bolhas provavelmente ocorreram devido ao contato direto com a água que essa região sofre, fato ocasionado pela prolongamento inadequado do peitoril e a falta da inclinação mínima do mesmo. O peitoril dessas esquadrias possuíam 2 cm, valor abaixo do mínimo recomendado (4cm).

Figura 64-Janelas 1EO e 2EO



Fonte: Acervo do autor

Nas janelas 3EO e 4EO observou-se uma fissura horizontal prolongada na parte superior do fechamento entre a viga e a esquadria como mostra a Figura 65. Nessas esquadrias foi possível a análise interna.

Figura 65-Janelas 3EO e 4EO

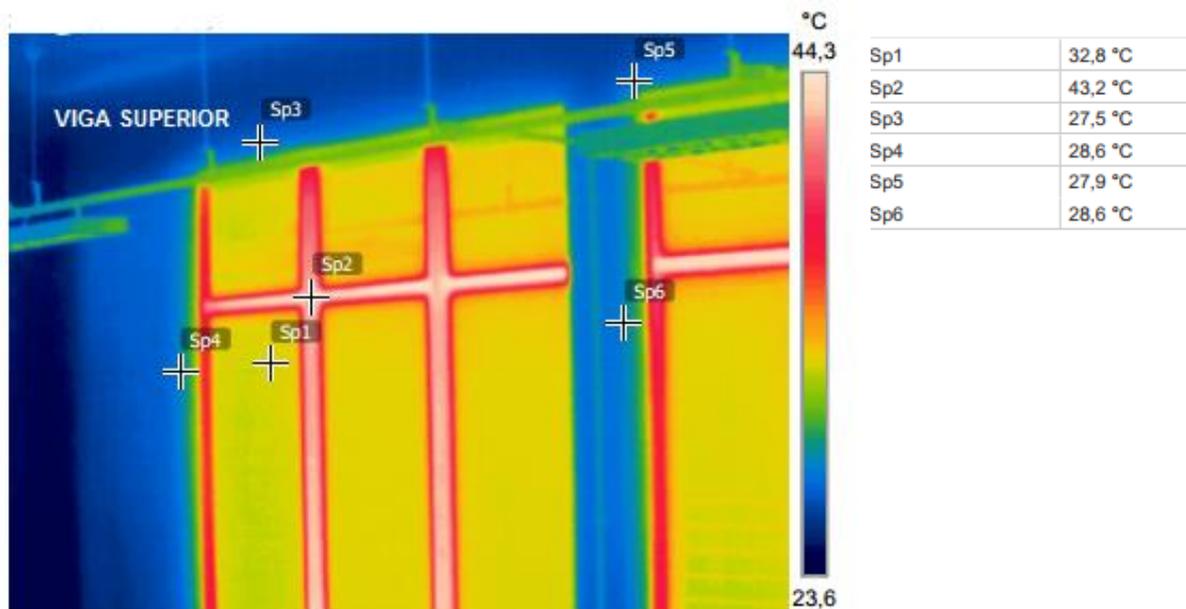


Fonte: Acervo do autor

Através da termografia, foi possível confirmar que o fechamento na parte superior da esquadria ocorreu realmente em uma viga conforme mostra os termogramas das Figuras 66 e 67.

Na análise interna termográfica (Figura 66) das janelas (3EO e 4 EO), observou-se que internamente o elemento que mais absorveu calor foi o alumínio da esquadria (sp2) com valor de 43,2 °C. Nas superfícies de ligação das janelas a região esquadria- superfície (sp4) e esquadria pilar (sp6) apresentaram temperatura de 28,6°C. A viga, na região interna da edificação, absorveu em média 23,6 °C, enquanto a ligação esquadria-viga superior (sp3, sp5) apresentou em média 27,7°C, esse aquecimento em relação a temperatura da viga têm como principal motivo a alta temperatura da esquadria de alumínio, a qual transmite calor à ligação. No vidro representado pelo ponto sp1 constatou-se a temperatura de 32,8°C.

Figura 66-Termograma interno das janelas 3EO e 4EO



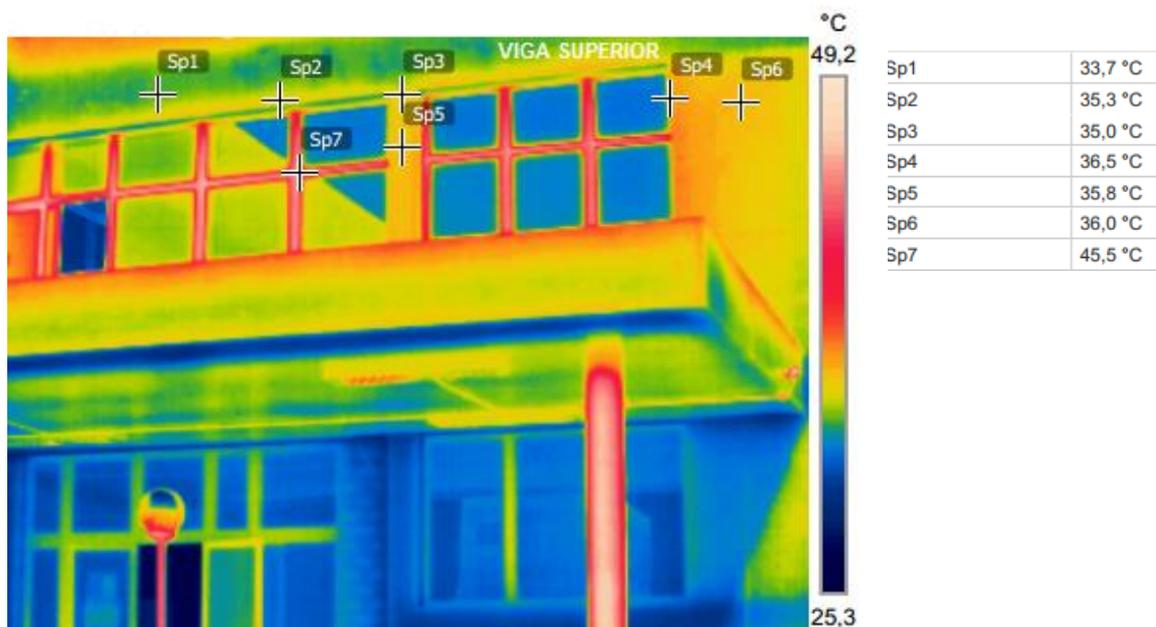
Fonte: Acervo do autor

Por meio da análise termográfica externa (Figura 67) das esquadrias (3EO, 4EO), constatou-se que externamente os elementos de ligações esquadria- superfície (sp4) e esquadria-viga superior (sp2) apresentaram temperaturas de 36,5°C e 35,3°C respectivamente. Dessa maneira, como já era esperado, a temperatura externa estava maior, exibindo um diferencial de gradiente térmico de 7,9°C em relação a esquadria-superfície e 7,6°C quanto a ligação viga superior- esquadria. Externamente, a ligação

pilar –viga (sp3), viga (sp1), pilar (sp5), alumínio da esquadria (sp7) e superfície de vedação (sp6) absorveram 35 °C, 33,7°C, 35,8°C,45,5°C e 36°C na devida ordem. Assim, a viga (sp1) apresentou um diferencial de gradiente de temperatura de 10,1 °C, no pilar (sp5) esse diferencial foi de 7,2°C e no alumínio da esquadria 2,3°C.

Nas janelas 3EO e 4EO, a principal causa das fissuras horizontais encontradas nas ligações pilar-viga superior e superfície de alvenaria-viga foi apontada pela diferença de absorção de calor dos materiais. Através dessa diferença, conclui-se que esses materiais trabalham de forma diferente (dilatação/retração) e, esse comportamento diferenciado, faz com que ocorram as fissuras horizontais nas regiões de ligações, como evidenciou-se nos termogramas analisados

Figura 67-Termograma externo das janelas 3EO e 4EO



Fonte: Acervo do autor

Nas esquadrias 5EO E 6EO (Figura 68) o índice de manifestações patológicas foi maior comparando com as janelas da fachada oeste analisadas anteriormente. Pela análise visual e fotográfica constataram-se fissuras horizontais na região do peitoril juntamente com fissuras inclinadas nas extremidades das esquadrias e algumas fissuras verticais na parte superior da janela entre a ligação janela-superfície. Além dessas manifestações, bolhas abaixo do peitoril da janela 5EO e acima da esquadria 6EO também foram detectadas.

Figura 68-Janelas 5EO e 6EO



Fonte: Acervo do autor

Através dos termogramas da Figura 69 analisou-se que o fechamento superior da esquadria não aconteceu na viga superior, e com isso, a vedação foi executada com duas fiadas de alvenaria. Porém, nesse caso, seria essencial a utilização de verga e contraverga, para evitar as fissuras inclinadas nas extremidades das esquadrias, causadas pela concentração de tensões em torno dos vãos.

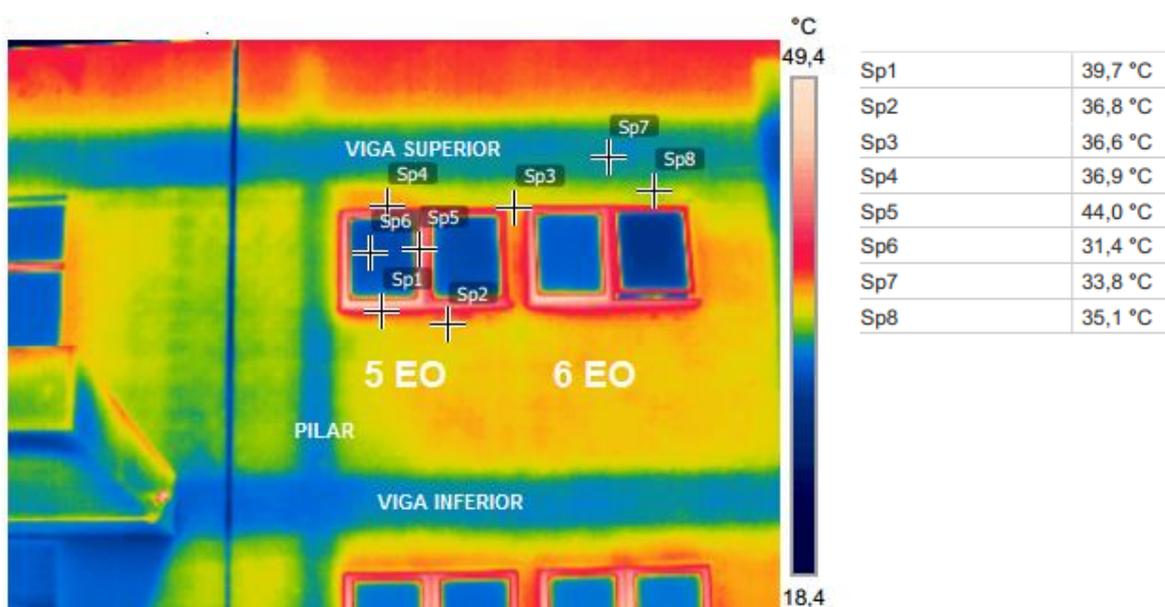
Entretanto, como pode-se perceber no termograma da Figura 69, evidenciou-se a ausência de verga e contraverga nas esquadrias 5EO e 6EO, justificando desse modo, a ocorrência das fissuras inclinadas nas extremidades, superior (direita janela 5EO e direita-esquerda janela EO) e inferior (direita janela 5EO e direita-esquerda janela EO) de ambas as janelas. No entanto, com a termografia percebeu-se que a janela 5EO faz ligação com um pilar, explicando a fissura vertical encontrada na região inferior esquerda entre a ligação lateral esquadria-pilar dessa janela.

A fissura horizontal acima das esquadrias (ligação viga- superfície) pode ser explicada devido a temperatura que a viga ($sp7=33,8^{\circ}C$) e a região de ligação viga-superfície de alvenaria ($sp8=35,1^{\circ}C$) apresentaram. O diferencial térmico mostrou que os materiais constituintes dessa região se dilatam/retraem de maneira diferenciada, formando desse modo, a fissura observada nessa superfície.

Os elementos que mais absorveram calor foram os peitoris ($sp1=39,7^{\circ}C$) e o alumínio da esquadria ($49,4^{\circ}C$). Devido a esse fato, a região de fechamento ao redor da esquadria encontrou-se mais aquecida como mostra os pontos $sp2$, $sp3$ e $sp4$,

apresentando respectivamente 36,8°C, 36,6°C e 36,9°C, valor médio de 0,6°C a mais que a temperatura média da superfície de alvenaria de vedação. O superaquecimento do peitoril e a inadequação das dimensões e inclinação (2cm de prolongamento e 0 % de inclinação) do mesmo, pode ser o grande agente causador das fissuras horizontais na parte inferior das esquadrias.

Figura 69-Termograma externo das janelas 5EO e 6EO



Fonte: Acervo do autor

Conforme a Figura 70, as janelas 7EO e 8EO apresentaram fissuras horizontais prolongada por toda a região do peitoril, fissuras nas extremidades das esquadrias, fissuras na parte superior da ligação esquadria-superfície e bolhas abaixo do peitoril.

Figura 70-Janelas 7EO e 8EO



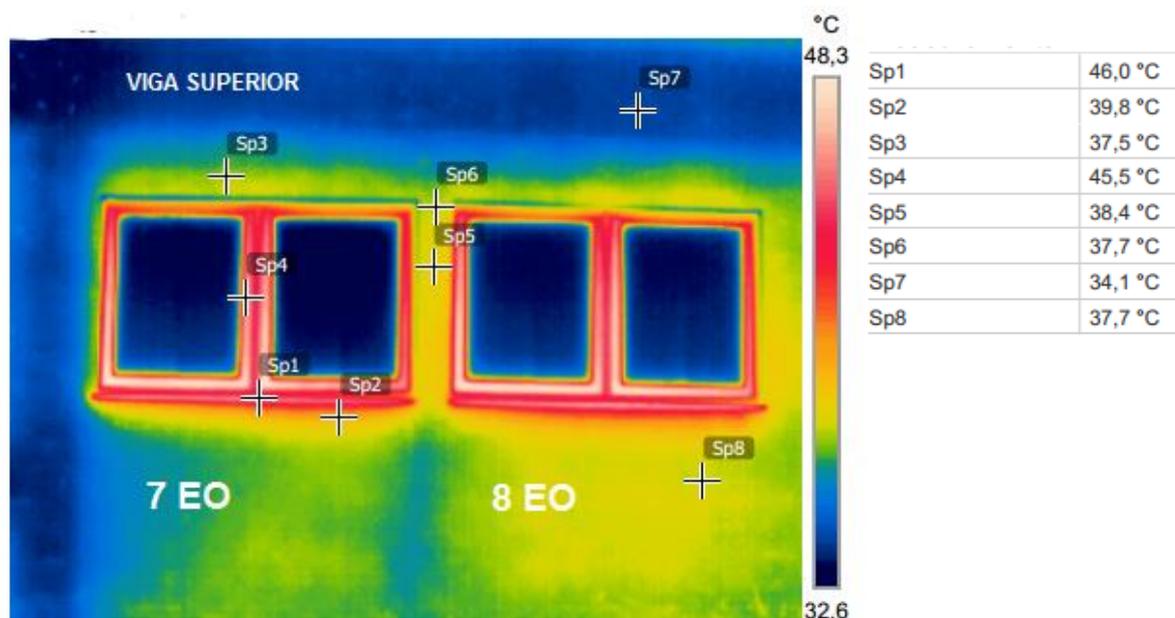
Fonte: Acervo do autor

O termograma (Figura 71) ressalta que assim como em todas as janelas das fachadas analisadas, ausência de vergas e contravergas nas esquadrias foram detectadas, explicando o motivo da existência das fissuras inclinadas nos vértices superiores (lado direito esquadria 1EO e direito-esquerdo esquadria 8EO) e inferiores (lado direito das esquadrias 7EO e 8EO). O fechamento da parte superior da esquadria aconteceu provavelmente com uma fiada de alvenaria, indicada pelo ponto sp3 (37,5°C). A viga de acordo com a referência sp7 apresentou a temperatura de 34,1°C, valor consideravelmente inferior comparando a resultante de temperatura da ligação entre a superfície e a viga (sp3), justificando desse modo, a fissura horizontal prolongada e provavelmente sendo causa das fissuras verticais acima das janelas 7EO e 8EO.

Os peitoris e o alumínio das esquadrias, assim como em todas as janelas analisadas externamente, foram os elementos que apresentaram maior temperatura, apresentado 46°C (sp1) e 45,5 °C (sp4), respectivamente. A elevada temperatura do alumínio das esquadrias, provocou o aquecimento ao redor da ligação entre esquadria- superfície de alvenaria e no caso da janela 7EO, houve o aquecimento da região esquadria- pilar. A ligação entre peitoril e superfície (sp2) apresentou 39,8°C e a superfície de alvenaria (sp8) constatou 37,7°C.

Desse modo, pode-se concluir que o agente causador das fissuras horizontais abaixo das esquadrias (7EO e 8 EO) foi a discrepância das temperaturas entre os pontos sp1, sp2 e sp8 juntamente com a irregularização do peitoril (2cm de prolongação e 0% inclinação).

Figura 71-Termograma externo das janelas 7EO e 8EO



Fonte: Acervo do autor

A partir das análises, pode-se realizar o mapa de incidência de danos da fachada oeste. O mapa levou em consideração apenas as incidências de danos nas janelas que compõem essa fachada, conforme demonstra a Figura 72.

Figura 72-Mapa de incidência de danos fachada oeste



Fonte: Acervo do autor

4.3 Sistema construtivo de paredes de concreto moldadas *in loco*

4.3.1 Coleta de dados

A segunda edificação analisada foi um edifício de paredes de concreto moldadas *in loco* (Figura 73). Por se tratar de uma edificação multifamiliar o acesso foi restrito, podendo apenas ser analisado um apartamento. O questionário para realizar a coleta de dados foi aplicado à engenheira responsável pela fiscalização da obra.

Figura 73-Fachada do edifício de paredes de concreto moldadas *in loco*

Fonte: Acervo do autor

O edifício analisado foi finalizado em junho de 2016 e é dotado de quadro pavimentos. Segundo a profissional, os projetos continham todos os detalhamentos e as localizações das esquadrias, fato essencial a esse modelo de sistema construtivo. Assim como os detalhamentos foi confirmada a existência das informações técnicas do fabricante das janelas (resultados dos ensaios normativos, classificação técnica, especificações e desempenho).

No Quadro 7 estão dispostas as características das janelas da edificação de paredes de concreto moldadas *in loco*, de acordo com as informações coletadas com a engenheira responsável da fiscalização da obra.

Quadro 7- Características das janelas na edificação em paredes de concreto moldadas *in loco*

Características das Janelas	
Material das Janelas:	Alumínio
Material do Caixilho:	Alumínio
Tipo de instalação:	Parafusada
Tipo de Contramarco:	Y
Observações: <ul style="list-style-type: none"> • Não ocorreu o quebramento das paredes para a colocação de chumbadores; • O peitoril só é existente na janela de maior dimensão (sala de estar), peitoril inexistente nas demais (quartos e banheiros). 	

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 8 apresenta a quantidade de janelas presentes no apartamento analisado, juntamente com a orientação de cada uma dessas.

Quadro 8- Quantidade de janelas por fachada

Quantitativo Janelas		
Orientação	Quantidade	Ambiente
Norte	2	Quarto e Banheiro
Leste	1	Banheiro
Noroeste	2	Quarto e Sala

Fonte: Elaboração próprio

4.3.2 Tratamento dos Dados e Diagnósticos

É importante salientar que não foi permitido o livre acesso em toda a edificação, pois trate-se de uma edificação multifamiliar. Desse modo, a análise foi feita em apenas um apartamento, localizado no quarto andar. Nesse apartamento, existe uma janela em cada cômodo (sala de estar/jantar, quarto, suíte, banheiro social e banheiro da suíte), contabilizando um total de 5 janelas. No entanto, o estudo compreendeu na análise de 3 esquadrias referentes as janelas dos quartos e da sala de estar/ jantar.

No dia da coleta de dados termográficos o clima estava seco e a temperatura estava em torno de 32°C. O horário da captura dos termogramas variou das 17:00 às 17:30. A seguir, os resultados serão apresentados conforme a orientação de cada esquadria.

4.3.2.1 Fachada Norte

Na fachada norte está incluída a janela do quarto denominada 1 EN, como mostra a Figura 74.

Figura 74- Janela 1EN edifício de paredes de concreto moldadas in loco



Fonte: Acervo do autor

Na janela 1EN verificou-se a ausência de peitoril, fato evidenciado na Figura 75. O peitoril tem a finalidade de evitar o acúmulo de água nas fachadas, evitando manchas e redução da vida útil dos materiais utilizados na construção. Desse modo, a falta desse elemento, como ocorrido na janela 1EN, pode acarretar em futuros problemas e perdas de desempenho da edificação.

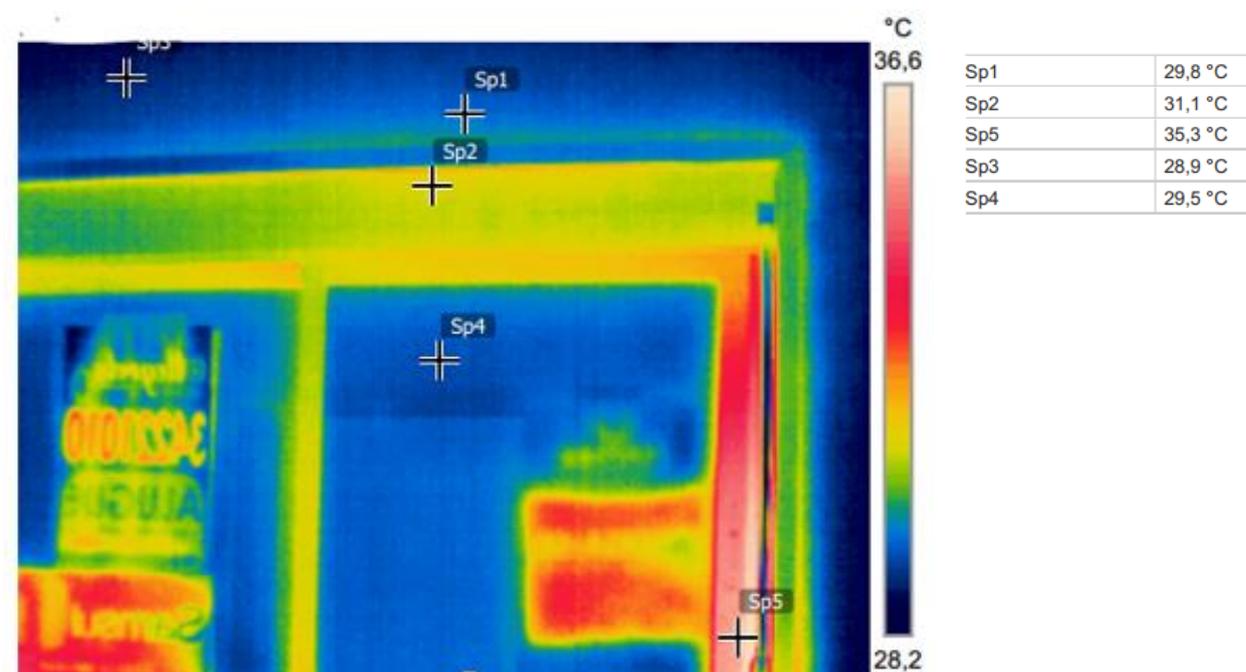
Figura 75- Ausência de peitoril janela 1EN



Fonte: Acervo do autor

Por meio da análise interna termográfica da esquadria 1EN (Figura 76), foi possível analisar que o elemento que absorveu mais calor internamente foi a esquadria de alumínio apresentando uma variação de temperatura de 35,3°C (sp5) a 31,1°C (sp2). No vidro da janela 1EN, na região interna, constatou-se a temperatura de (sp4) 29,5°C. A ligação esquadria- parede de concreto (sp1) absorveu 29,8C enquanto que na superfície de concreto armado apontou 28,9°C, conforme o indicador sp3.

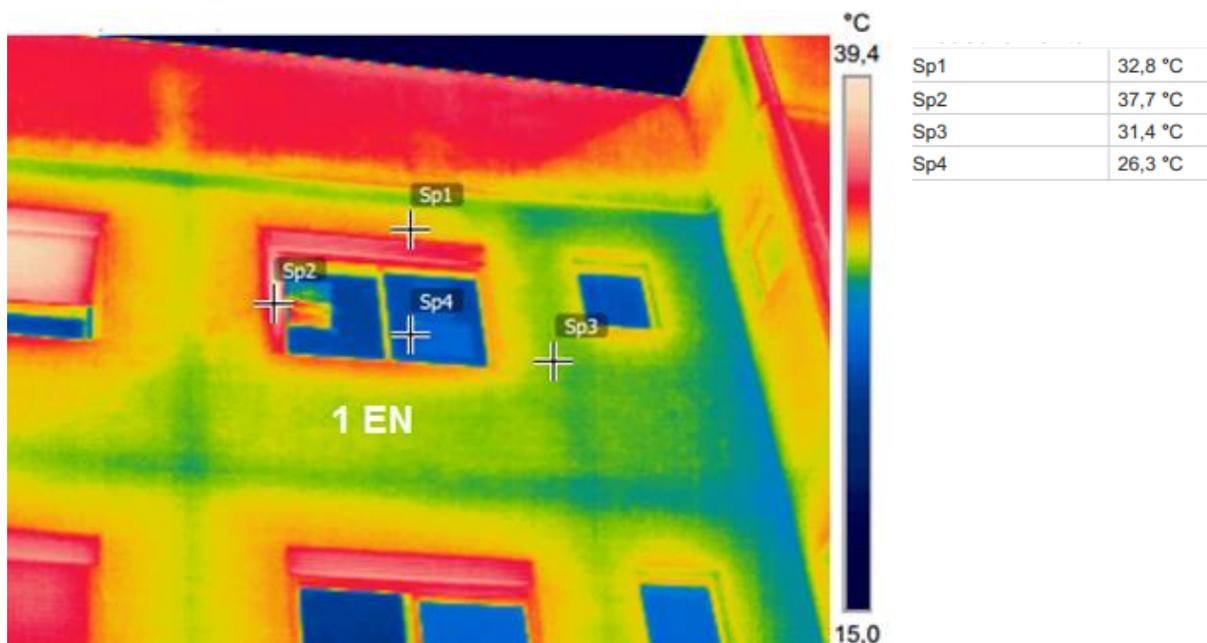
Figura 76- Termograma interno da janela 1EN



Fonte: Acervo do autor

Pela análise externa termográfica (Figura 77), assim como na análise interna, a esquadria de alumínio foi o elemento que mais absorveu calor estando com 37,7°C, conforme ao ponto sp2. No vidro, externamente, foi detectado a temperatura de 26,3°C, valor abaixo comparado a região interna da edificação. A superfície de vedação (parede de concreto armado) apresentou temperatura de 31,4°C enquanto que a ligação superfície-esquadria (sp1) estava com 32,8°C, apresentando um diferencial de gradiente térmico relacionado a superfície de vedação de 2,5°C e 3°C para a ligação superfície-esquadria.

Figura 77- Termograma externo da janela 1EN



Fonte: Acervo do autor

A região de ligação entre parede de concreto - esquadria, tanto internamente quanto externamente, apresentou uma maior temperatura comparada a superfície de concreto (vedação). Esse fato ocorreu devido a transferência de calor causada pela alta temperatura da esquadria de alumínio. No entanto, em geral, pode-se perceber que o sistema construtivo de paredes de concreto armado, quando executado corretamente, é um sistema menos propício ao surgimento de patologias em esquadrias, principalmente fissuras, devido a homogeneidade desse sistema.

4.3.2.2 Fachada Noroeste

Na fachada noroeste desta edificação estão incluídas a janela da suíte e a janela da sala de estar/jantar 1ENO e 2ENO respectivamente, conforme mostra a Figura 78.

Figura 78- Janela 1ENO edifício de paredes de concreto moldadas *in loco*



Fonte: Acervo do autor

Na janela 1ENO, assim como na janela 1EN analisada anteriormente, não foi empregado peitoril, podendo gerar futuras patologias relacionadas a umidade. Na esquadria 2ENO houve o emprego de peitoril de granito porém, esse elemento não era provido de pingadeira, apresentava 2 cm de prolongamento e não possuía inclinação. Pelas informações coletadas pode-se analisar que o peitoril empregado na janela 2ENO não apresentava o prolongamento e inclinação necessárias, podendo assim, não exercer sua função adequadamente. Os detalhes mencionados anteriormente estão representados na Figura 79.

Figura 79- Detalhamentos janelas 1ENO e 2ENO



Fonte: Acervo do autor

Na análise térmica interna nessas esquadrias constatou-se que em ambas as janelas, o elemento que mais absorveu calor conforme o ponto sp3, foi o alumínio da esquadria, apresentando temperatura de 32,5°C na janela 1ENO e 42,6°C na janela 2ENO. Nos vidros a temperatura interna atingiu 32,5°C (1ENO) e 41,3°C (2ENO). A ligação esquadria- superfície(concreto), representada pelo ponto sp1 nas Figuras 80 e 81 estava com 31,6°C (1ENO) e 30,2°C (2ENO), enquanto o restante da vedação em concreto apresentou 30,5°C (1ENO) e 27,8°C (2ENO).

Figura 80- Termograma interno da janela 1ENO

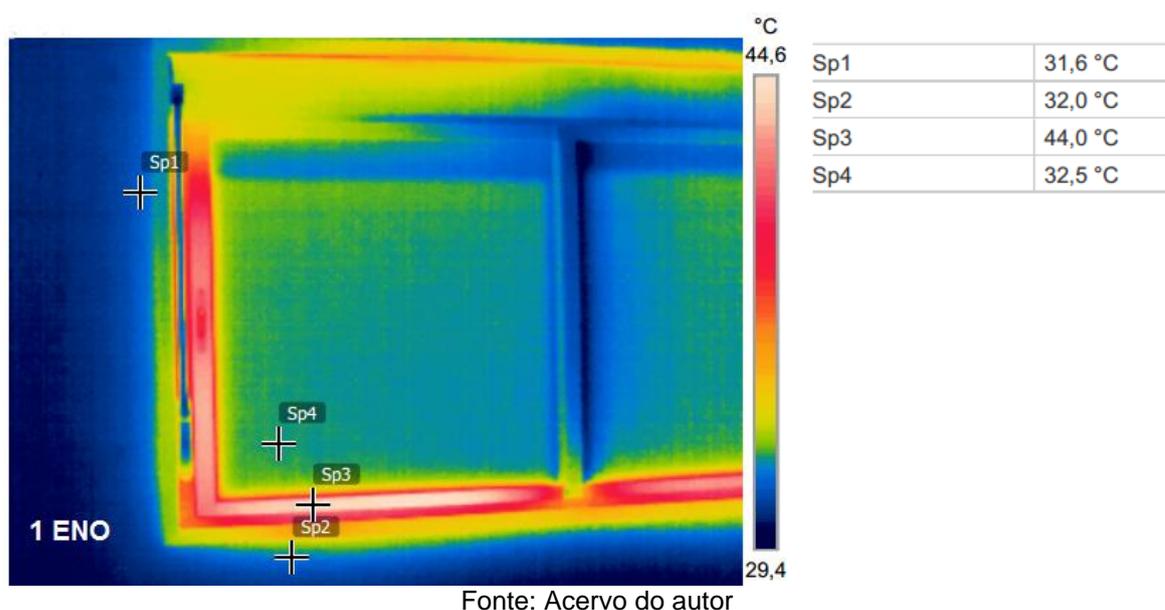
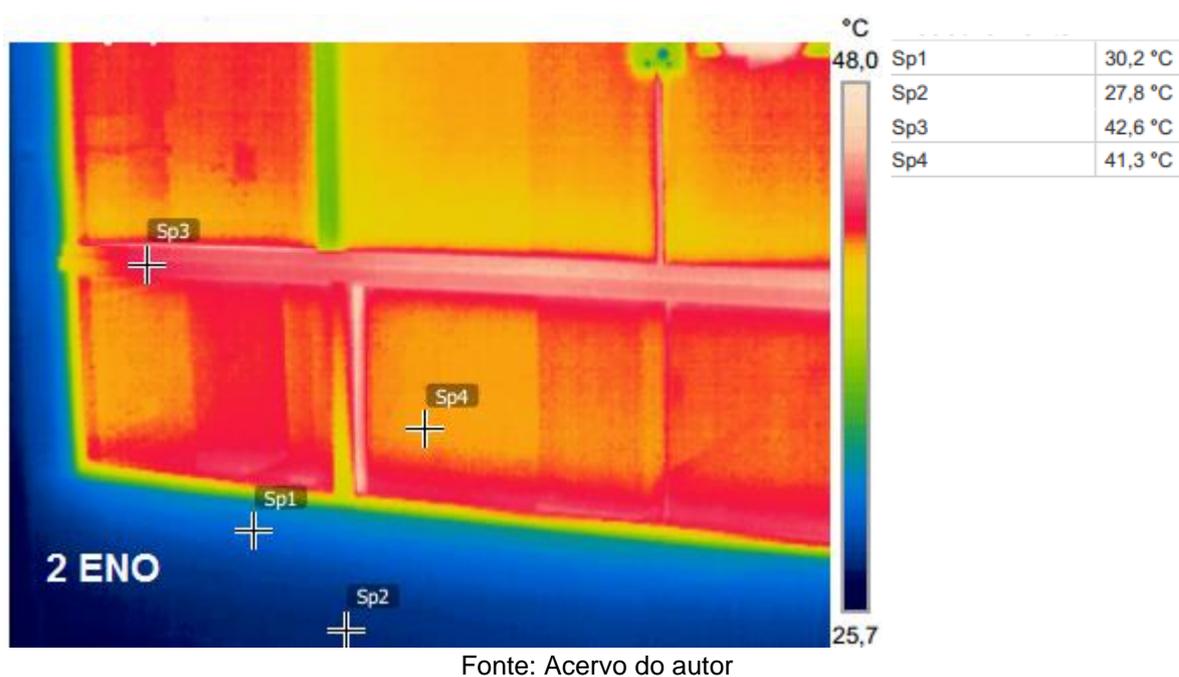


Figura 81- Termograma interno da janela 2ENO

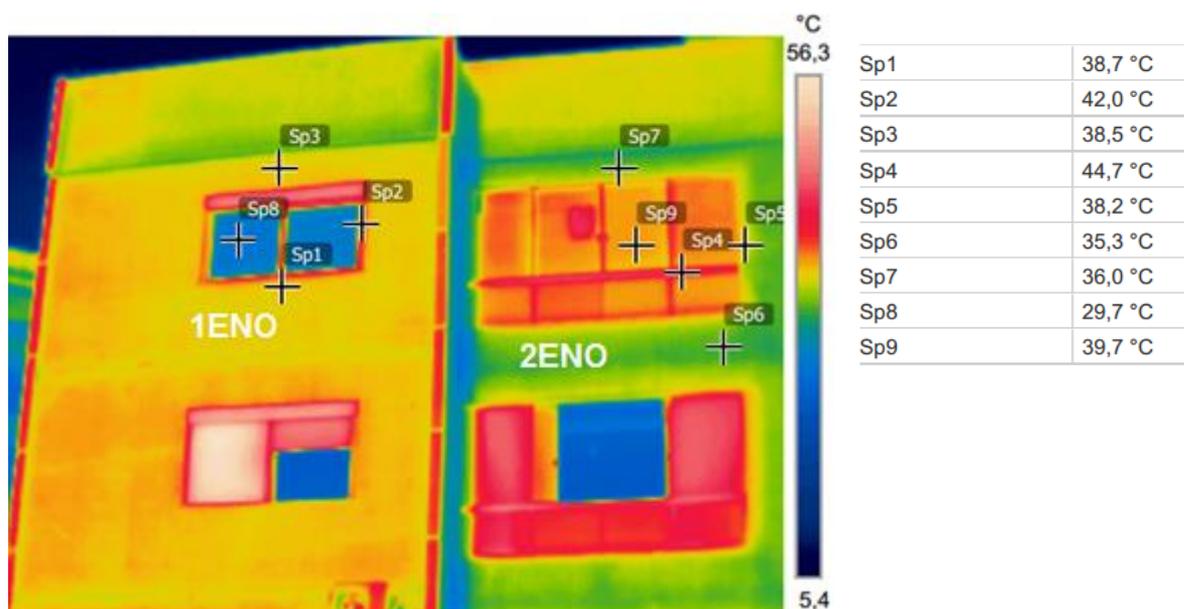


Através do termograma externo das janelas 1ENO e 2ENO (Figura 82), constatou-se que assim como na região interna, o elemento que mais absorveu calor foi o alumínio das esquadrias, apresentando 42°C (1ENO) e 44,7 (2ENO). Os vidros apontaram 29,7°C(1ENO) e 39,7°C (2ENO), valores abaixo comparados com os da região interna da edificação. A região de ligação esquadria- superfície de concreto na janela da suíte(1ENO) apontou 38,7°C (sp1) e na janela da sala de estar/jantar (2ENO)

estava com a temperatura de 38,2°C (sp5), apontando um diferencial de gradiente térmico (na ligação) de 7,1°C na esquadria 1ENO e 8°C na esquadria 2ENO. A superfície de concreto variou de 35,3°C (sp6-superfície de concreto janela 2ENO) e 38,5°C (sp3-superfície de concreto janela 1ENO), resultando em um diferencial de 7,5°C (superfície de concreto janela 2ENO) e 8°C (superfície de concreto janela 1ENO).

Por meio da análise termográfica foi possível perceber que o peitoril de granito absorveu menos calor se comparado ao peitoril de basalto empregado no edifício analisado de concreto armado. Evidenciou-se também que na análise da fachada noroeste, assim como foi constatado na fachada norte, o índice de fissuras foram nulas afinal, o sistema de paredes de concreto armado é caracterizado por ser um método de construção onde os painéis (paredes) são homogêneos e resistentes estruturalmente.

Figura 82- Termograma externo da janela 1ENO e 2ENO



Fonte: Acervo do autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Considerações Finais

Neste trabalho analisou-se o desempenho de janelas no sistemas construtivos de concreto armado e de paredes de concreto moldadas *in loco*. No edifício em concreto armado foi possível um estudo mais completo, sendo possível a análise de todas as janelas constituintes da edificação. Já no sistema de paredes de concreto moldadas *in loco*, a análise ocorreu em apenas um apartamento do edifício.

No edifício do NTIC (concreto armado) percebeu-se que nas janelas que possuíam brises solares verticais o índice de manifestação patológica foi quase nulo. No entanto, constatou-se patologias em todas as esquadrias que não apresentavam esse elemento arquitetônico. A fachada leste desse sistema construtivo caracterizou-se por ser a fachada com maior número de janelas e foi nessa orientação que ocorreu o maior índice de manifestações patológicas.

Em geral, nas esquadrias dessa edificação, ocorreram problemas como fissuras (inclinadas e horizontais) e patologias relacionadas à umidade tais como manchamentos, infiltrações e bolhas.

Pela análise de campo, no edifício de concreto armado, observou-se que todos os peitoris não apresentavam a inclinação e o prolongamento normativo, sendo a provável explicação das patologias relacionadas a manchamentos e formação das bolhas encontradas abaixo da região inferior das esquadrias.

As fissuras ocorreram de forma frequente em todas as janelas da edificação do NTIC. As fissuras horizontais abaixo do peitoril estavam presentes em quase todas as janelas analisadas, a ocorrência dessa patologia foi possível ser diagnosticada com confiabilidade através da análise termográfica, onde evidenciou-se que o surgimento desse tipo de fissuração foi decorrente da alta absorção de calor do peitoril e/ou devido à dimensão e inclinação inadequada do mesmo. As fissuras inclinadas ocorreram pela ausência de vergas e contravergas, nas esquadrias que não faziam fechamento em vigas. Salienta-se que só foi possível a verificação dessa ausência por meio das análises termográficas.

As fissuras horizontais localizadas nas laterais de algumas janelas do NTIC, foram ocasionadas devido a transferência de calor das esquadrias de alumínio, onde essas aqueceram a região de ligação esquadria- superfície de vedação, fazendo com

que essa região que não tem função estrutural (apenas de vedação) dilatasse e retraísse de forma diferenciada comparada ao restante da superfície de vedação a qual apresentou uma temperatura inferior. Através dos termogramas, analisou-se que as fissuras horizontais presentes nas extremidades de algumas janelas da edificação de concreto armado, ocorreram nas esquadrias que faziam fechamento em vigas. Esse fato pode ser explicado por meio da diferença de temperatura que os elementos (viga/vedação) possuíam, mostrando que esses trabalham (dilatam/retraem) de maneira diferenciada, ocasionando as fissuras horizontais evidenciadas.

Durante a pesquisa dessa edificação, constatou-se também erros construtivos visíveis, como foi o caso da inadequação dos vãos nas esquadrias da fachada leste, onde esse fato possivelmente possibilitou a infiltração de água para dentro do edifício, afetando diretamente o desempenho da edificação. Observou-se também erros construtivos referentes à locação das janelas circulares na fachada norte, porém esses só foram visíveis através dos termogramas.

As patologias de umidades encontradas poderiam ser evitadas se o peitoril estivesse exercendo sua função adequadamente, para isso acontecer, esse elemento deveria possuir prolongamento e inclinação necessárias de acordo com os autores e fabricantes consultados. As fissuras inclinadas, observadas em algumas janelas da edificação de concreto armado, não ocorreriam se fosse empregado na fase de execução de projeto vergas e contravergas (quando necessário) junto às esquadrias. As fissuras horizontais na ligação entre janela- viga evidenciaram a importância do emprego de malhas metálicas entre esses elementos, essa malha previne a formação desse tipo de fissuração, devendo conter no projeto arquitetônico o detalhamento do uso desse elemento para evitar possíveis erros na fase de execução. Por fim, as fissuras horizontais abaixo do peitoril, seriam evitadas se o peitoril tivesse as dimensões adequadas e fosse constituído de outro material, para não ocorrer o superaquecimento que ocorreu no peitoril constituído de basalto.

No edifício de paredes de concreto moldadas *in loco*, não verificou-se patologias nas esquadrias analisadas. No entanto, foi possível analisar como ocorre a transferência de calor nas ligações entre esquadria-superfície. Observou-se que essa transferência na edificação de paredes de concreto ocorreu de maneira diferenciada, aquecendo uma área menor, comparada a edificação de concreto armado.

O principal motivo da ausência de patologias ocorreu pelo fato de que o sistema construtivo de paredes de concreto armado moldadas *in loco*, é caracterizado por ser um sistema homogêneo ou seja, constituído de um material (concreto armado), sem muitas ligações, ao contrário do sistema de concreto armado. Além disso, outro fator que contribuiu para a ausência de patologias nas esquadrias, foi que essas ocorrem em um painel/superfície e nesse sistema construtivo, esse painel possui função estrutural juntamente com a função de vedação. Analisou-se, por fim, que a maioria das janelas nesse edifício não possuíam peitoris, o que pode acarretar futuramente em problemas referentes a umidade na região das esquadrias.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Para estudos futuros e complementação da metodologia utilizada, recomenda-se a análise de manifestações patológicas em portas nos sistemas construtivos analisados, bem como a análise das esquadrias (portas e janelas) no sistema construtivo de alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS

_____. **BS EN 12608-1**: Unplasticized poly (vinyl chloride) (PVC-U) profiles for the fabrication of windows and doors. Classification, requirements and test methods. Non-coated PVC-U profiles with light coloured surfaces. Rio de Janeiro, 2016. 28 p.

_____. **NBR 10821-1**: Esquadrias externas para edificações. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2011. 13 p.

_____. **NBR 11682**: Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 2009. 39 p.

_____. **NBR 14432**: Exigência de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações- Procedimento- . Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013. 71 p.

_____. **NBR 15575-2**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013. 32 p.

_____. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013. 40 p.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE . Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

_____. **NBR 15930-1**: Portas de madeira para edificação Parte 1: Terminologia, padronização e simbologia. Rio de Janeiro, 2011. 26 p.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010. 33 p.

_____. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ALCOA ALUMÍNIO S.A. Capacitação Profissional. **Revista Alumínio e Cia.** São Paulo: Grupo CDI, n.39, mar/abr. 2015. Disponível em: <http://www.alcoa.com/brazil/alumioecia/pt/downloads/revista/Edicao_39.pdf> Acesso em: 01 abr. 2017.

ALVARENGA, M. **O papel da caixilharia.** In: **A esquadria de alumínio na arquitetura.** São Paulo: PW Gráficos e Editores Associados Ltda, 2008. p.25.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – Sistematização da incidência de casos.** 199f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Goiás, 2010.

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.

BARREIRA, E.S.B.M. **Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios.** 2004. Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios)- Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

BARRETT, P.; SEXTON, M.G. Integrating to innovate - **report for the construction industry council.** London: ed. DETRICIC, 1998.26 p.

BASSO, A.; RAMALHO, M.A; CORRÊA, M. R.S. Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifícios. In: CONGRESSO IBERO AMERICANO DE PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES, 4.; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, 6., 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: CPGEC, UFRGS, 1997.

BASTOS, P. S. S. Histórico e principais elementos estruturais de concreto armado. São Paulo, 2006. UNESP - Campus de Bauru/SP - FACULDADE DE ENGENHARIA - Departamento de Engenharia Civil. Disponível em<http://www.deecc.ufc.br/Download/TB798_Estruturas%20de%20Concreto%20I/HIST.pdf> Acesso em: 10 abr.2017.

BAUER, R.J.F. Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. **Revista Prisma: Caderno técnico Alvenaria Estrutural**, São Paulo, v.5. Disponível em: <http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf> Acesso em: 01 jun.2017.

BELLEI, I. H. Edifícios industriais: projeto e cálculo. São Paulo: Pini, 2006.

SCARPARI, G. **Estudo comparativo entre vigas metálicas e vigas mistas no dimensionamento de uma edificação**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado)- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2009.

BERNARDES, G. **CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO** Disponível em: <http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/abnt_publicanorma-de-desempenho-15-575-desempenho-de-edificacoes-habitacio> Acesso em: 22 abr. 2017.

BLACHERE, G. **Savoir bâtir**. Paris, Eyrolles, 1969.

BRAGUIM, T. C. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local**. Universidade de São Paulo. 227 páginas, 2013

BORGES, C.A. **O significado de desempenho nas edificações**. **Revista Construção Mercado**. São Paulo: Pini, n.103, fev. 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/103/norma-de-desempenho-o-significado-de-desempenho-nas-edificacoes-282364-1.aspx>> . Acesso em: 26 abri. 2017.

BORGES, C. B. M. ; SABBATINI. F. H. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2008.

BUGS, M.F.P.S. **Manual de instalação kit porta pronta- abrir**. Santa Catarina, 2012. Disponível em : <
http://www.plenaportas.com.br/plenaportas/images/manuais/PLENA_ABRIR.pdf>
Acesso em: 10 abr. 2017.

CLÍMACO, J.C.T.S. **Estruturas de concreto armado fundamentos de projeto, dimensionamento, e verificação**. Brasília : UNB, 2008.

CORTIZO,E.C. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: Ênfase em edificações de patrimônio histórico**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias**: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998.

ESAF IBRAP. **Manual de pré-orientação (instrução de instalação, manuseio e manutenção) esquadrias de alumínio**. Santa Catarina, 2014. Disponível em: <
<http://www.ibrap.ind.br/assets/downloads/publico/Manuais/Esquadrias/Manual%20de%20instalacao%20esquadrias%20pre-orientacoes.pdf>> Acesso em : 01 abr. 2017.

FIGUEROLA, V. **Construção passo-a-passo**. São Paulo. Editora Pini Ltda,2009.

FLIR SYSTEMS, Manual do equipamento ThermaCAM® E320, 2007.

HELENE, P.R.L. **Estrutura interna de concreto**. São Paulo, abril, 1980. (Apostila do curso Patologia das Construções de Concreto, FDTE/EPUSP/IPT).

IIZUKA,M.T. **Instalação de esquadrias de alumínio: prática e inovação**. 2001. Dissertação- Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, São Paulo, 2001.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. In: TECNOLOGIA em edificações. São Paulo : IPT; Pini, 1988.

KALIL, S.M.B ; LEGGERINI, M.R; BONACHESKI, V. **Alvenaria estrutural**. 2006. Apostila- Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LORENZI, L. S. **Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térreas.** 2013. Tese (Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

LUDUVICO, T. S. **Desempenho a estanqueidade à água: interface janela e parede.** 2016. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

MALDAGUE, X. **Infrared and Thermal testing: Nondestructive testing handbook.** 3th ed, Columbus, OH: Patrick O. Moore, 2001.

MARIO, M. **Uso da termografia como ferramenta não destrutiva para a avaliação de manifestações patológicas ocultas.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado)- Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

MEDONÇA, L.V.A. **Termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios.** Jornadas de Engenharia de Manutenção. Lisboa. 2012.

MOCH, T. **Estudo da Interface Janela/Alvenaria: proposta componente de conectividade.** 2009. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural- Materiais, projeto e desempenho.** São Paulo: Blucher, 2015.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. Paredes de concreto. **Téchne**, São Paulo, n. 147, Junho 2009.

MORESCO, J. M.; VERONEZ, M. R.; BORDIN, F. **Termografia Infravermelha na detecção de manifestações patológicas em fachadas com revestimento argamassado**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS, 11., Rio Grande do Sul. **Anais eletrônicos...** Rio Grande do Sul: 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fabiane_Bordin/publication/278006533_Termografia_Infravermelha_na_deteccao_de_manifestacoes_patologicas_em_fachadas_com_revestimento_argamassado/links/557824d308ae7521586f01ab/Termografia-Infravermelha-na-deteccao-de-manifestacoes-patologicas-em-fachadas-com-revestimento-argamassado.pdf> . Acesso em: 03 jun. 2017.

OLIVEIRA, T. Beirada Seca. **Revista Téchné**. São Paula, n. 137, ago. 2008. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/137/beirada-seca-pingadeira-e-opcao-msis-eficiente-para-afastar-286530-1.aspx>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

PETRUCCI, H. M. C. **A alteração da aparência das fachadas dos edifícios: interação entre as condições ambientais e a forma construída**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1555/000351541.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

RIPPER, E. **Como evitar erros na construção**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1986.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília: Caixa Econômica Federal, mar. 2003. Disponível em: <http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/inicacoestecnologicas/manualvest/ALVENARIA_ESTRUTURAL.pdf> Acesso em: 01 jun. 2017.

SAHLIN, SVEN. **Structural masonry**. New Jersey, Prentice Hall, 1971.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificações**. São Paulo. Editora Érica Ltda, 2011.

SOUZA, L.F.R. **Aplicação de termografia no estudo do isolamento térmico em edifícios**. 2010.128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro.

TIMOSHENLO, S.; WOINOWSKY, K.S. **Theory of plates and shells**. 2ª. Ed. McGraw-Hill Kogakusha.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini; EPUSP; IPT, 1989.

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

WATANABE, R. M. Caso nº 17: Infiltrações de água. In: Página Pessoal de Roberto Massaru Watabane. Disponível em? <<http://www.ebanataw.com.br/infiltracoes/caso17.htm>> . Acesso em: 27 out. 2017.