

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

**Diego Michelin**

**ALVENARIA ESTRUTURAL: RECUPERAÇÃO E REFORÇO  
DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Porto Alegre  
novembro 2016

**DIEGO MICHELON**

**ALVENARIA ESTRUTURAL: RECUPERAÇÃO E REFORÇO  
DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientador: Jean Marie Désir**

Porto Alegre  
novembro 2016

**DIEGO MICHELON**

**ALVENARIA ESTRUTURAL: RECUPERAÇÃO E REFORÇO  
DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

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

Porto Alegre, novembro de 2016

Jean Marie Désir  
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

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

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

Dedico este trabalho a meus pais, Denise e Valmor, por seu amor incondicional e por tudo que fizeram por mim ao longo da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Jean Marie Désir, orientador deste trabalho, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Denise e Valmor, que muitas vezes abdicaram de projetos pessoais em prol da realização dos meus sonhos e pelo exemplo que sempre serão para a minha vida.

Ao meu irmão, Michel, pela sempre disponibilidade em ajudar no que fosse preciso.

A minha namorada, Diana, por toda a ajuda, paciência, incentivo, companheirismo e por sempre estar ao meu lado me apoiando na busca dos meus objetivos.

Aos colegas de faculdade, Guilherme, Formiga, Douglas, Lansini e Joãosinho, pela parceria, churrasco e cervejada nas horas vagas, o que tornou a busca pelo objetivo da graduação mais leve.

A todos os professores, funcionários e colegas que tive durante a vida acadêmica, os quais foram importantes nessa caminhada, seja transmitindo conhecimento, seja sendo exemplo a ser seguido na vida profissional.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

*Simone de Beauvoir*

## RESUMO

Na última década, em decorrência dos programas sociais de habitação instituídos pelo governo federal, as construções que utilizam a alvenaria estrutural se multiplicaram. Com esta maior utilização, e com execução cada vez em ritmo mais acelerado, foram surgindo patologias estruturais em diversas edificações. Neste trabalho serão levantadas as principais manifestações patológicas estruturais envolvendo a alvenaria estrutural, bem como possíveis soluções, de recuperação ou reforço, para cada uma delas. Após isso, para aplicar os conhecimentos adquiridos, será estudado um caso de uma edificação residencial em alvenaria estrutural, onde serão listadas as patologias encontradas, expostas algumas soluções e, por fim, será escolhida a solução que, na interpretação feita, apresentará os melhores resultados levando-se em conta tanto à eficácia na eliminação das patologias quanto o custo benefício para o padrão do prédio.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Fissuras. Reforço. Recuperação.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa .....	19
Figura 2 – Configurações básicas das fissuras em alvenaria .....	22
Figura 3 – Dilatação da laje .....	23
Figura 4 – Tipos de fissuras originadas pelo sentido de dilatação da laje .....	23
Figura 5 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical .....	25
Figura 6 – Fissuras horizontais na alvenaria .....	25
Figura 7 – Ruptura localizada na alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto .....	26
Figura 8 – Fissuras típicas nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.....	27
Figura 9 – Tensões principais em painel de parede com abertura de porta sem reforço ..	27
Figura 10 – Tensões principais em painel de parede com abertura de porta com verga .	28
Figura 11 – Tensões principais em painel de parede com abertura de janela sem reforço.....	29
Figura 12 – Tensões principais em painel de parede com abertura de janela com verga e contraverga .....	30
Figura 13 – Fissuras em parede externa causada pela retração de lajes intermediárias.....	31
Figura 14 – Fissuras devido à recalque diferencial de fundação .....	33
Figura 15 – Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento .....	34
Figura 16 – Resistência média à compressão de pequenas paredes cerâmicas e de concreto.....	40
Figura 17 – Parede reforçada usando tiras de aço.....	41
Figura 18 – Reforço de alvenaria portante com tirante de aço.....	42
Figura 19 – Tela metálica aplicada sobre fissura....	44
Figura 20 – Projeção de concreto .....	45
Figura 21 – Protensão em parede .....	47
Figura 22 – Aplicação de bandagem de dessolidarização.....	48
Figura 23 – Alternativas para aplicação de reforço PRF em parede de alvenaria: (a) barras inseridas próximas à superfície; (b) laminados dispostos em treliça; e (c) tecido de PRF colado.....	51
Figura 24 – Fachada do edifício do estudo de caso.....	52
Figura 25 – Parede externa e platibanda fissuradas.....	54
Figura 26 – Parede interna fissurada.....	55
Figura 27 – Edifício vizinho fissurado.....	56



Figura 28 – Percolação de água na platibanda.....	57
Figura 29 – Dilatação diferencial dos elementos da cobertura.....	58
Figura 30 – Fissuras inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas.....	59
Figura 31 – Fissura vertical causada por movimentação térmica.....	60
Figura 32 – Fissura interna com reparo efetuado.....	61
Figura 33 – Fissura externa com reparo efetuado.....	61
Figura 34 – Junta deslizante entre laje de cobertura e alvenaria estrutural.....	63
Figura 35 – Opções para junta deslizante sob laje de cobertura.....	64
Figura 36 – Argila expandida aplicada em laje.....	65
Figura 37 – Execução de proteção térmica sobre laje de cobertura.....	66
Figura 38 – Telha termoacústica.....	67
Figura 39 – Tipos de fixação de calhas.....	68
Figura 40 – Telhado termoacústica com argila expandida e calha com rufo.....	69

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Propriedades físicas à tração de algumas resinas termofixas.....	39
---	----

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 DIRETRIZES DE PESQUISA</b> .....	17
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA .....	17
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	17
<b>2.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	17
2.3 DELIMITAÇÕES .....	17
2.4 LIMITAÇÕES .....	18
2.5 DELINEAMENTO .....	18
<b>3 PATOLOGIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL</b> .....	20
3.1 MOVIMENTAÇÕES TÉRMICAS .....	22
3.2 MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS .....	24
3.3 SOBRECARGA .....	24
3.4 RETRAÇÃO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO.....	30
3.5 RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÃO .....	32
3.6 ALTERAÇÕES QUÍMICAS .....	33
<b>4 RECUPERAÇÃO E REFORÇO NA ALVENARIA ESTRUTURAL</b> .....	36
4.1 INJEÇÃO DE RESINAS POLIMÉRICAS EXPANSIVAS OU GRAUTE .....	38
4.2 GRAUTEAMENTO .....	39
4.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM AÇO .....	41
4.4 TIRANTES DE AÇO .....	42
4.5 ARGAMASSA ARMADA.....	42
4.6 CONCRETO PROJETADO .....	44
4.7 PROTENSÃO .....	46
4.8 BANDAGEM DE DESSOLIDARIZAÇÃO .....	47
4.9 FIBRAS POLIMÉRICAS (PRF) .....	48
<b>4.9.1 Método de aplicação do PRF colado</b> .....	50
<b>4.9.2 Método de aplicação de faixas laminadas ou barras de PRF inseridas em entalhes executados na alvenaria.....</b>	50
<b>5. ESTUDO DE CASO.....</b>	52
5.1 O EDIFÍCIO.....	52
5.2 ANÁLISE DO EDIFÍCIO.....	53
5.3 APRESENTAÇÃO DAS FISSURAS.....	54

<b>5.3.1 Parede externa e platibanda.....</b>	<b>54</b>
<b>5.3.2 Parede interna.....</b>	<b>55</b>
<b>5.3.3 Edifícios vizinhos.....</b>	<b>55</b>
<b>5.4 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>5.4.1 Platibanda.....</b>	<b>56</b>
5.4.1.1 Atividade higroscópica.....	57
5.4.1.2 Movimentação diferenciada da laje de cobertura.....	57
<b>5.4.2 Parede interna.....</b>	<b>59</b>
<b>5.5 SOLUÇÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>5.5.1 Soluções adotadas pelo condomínio.....</b>	<b>60</b>
<b>5.5.2 Soluções possíveis.....</b>	<b>62</b>
5.5.2.1 Quanto ao fato gerador.....	62
5.5.2.1.1 <i>Desvinculação da laje.....</i>	<i>62</i>
5.5.2.1.2 <i>Proteção térmica na laje.....</i>	<i>64</i>
5.5.2.1.3 <i>Proteção térmica no telhado.....</i>	<i>66</i>
5.5.2.1.4 <i>Impermeabilização do sistema calha-platibanda.....</i>	<i>67</i>
5.5.2.2 Quanto ao reparo das fissuras.....	68
<b>5.5.3 Solução escolhida.....</b>	<b>68</b>
5.5.3.1 Proposta quanto ao fato gerador.....	69
5.5.3.1.1 <i>Proposta para a proteção térmica.....</i>	<i>70</i>
5.5.3.1.2 <i>Proposta para a impermeabilização do sistema calha-platibanda.....</i>	<i>70</i>
5.5.3.2 Proposta quanto ao reparo das fissuras.....	71
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde os manuscritos mais remotos se tem relatos da utilização da alvenaria nas habitações, sendo que algumas construções datam de milênios, quando os povos persa e assírio utilizavam tijolos secos ao sol como material para suas obras. Entretanto, como a execução dessas antigas construções era empírico, é comum serem encontradas paredes com espessuras de até um metro e meio. No Brasil, ainda existem algumas moradias da época colonial que são exemplos da utilização da técnica no passado.

Porém, após praticamente entrar em desuso no País, devido ao emprego do concreto armado em sua substituição, o sistema ganhou novo impulso a partir da década de 1980, quando diversas normas técnicas foram elaboradas e, se passou a realizar pesquisas analisando tanto a eficiência construtiva, como as vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural comparativamente aos sistemas construtivos (aço e concreto) que estavam dominando o mercado desde o início daquele século.

Com o lançamento de alguns programas governamentais, como o Minha Casa Minha Vida, o emprego da alvenaria estrutural se multiplicou no País. O uso dessa técnica nesse tipo de edificação se deve, basicamente, ao fato de possibilitar uma maior economia, que, segundo alguns autores, pode chegar a 30% do valor da obra, se comparado com alguns outros métodos construtivos tradicionais.

Como o método se difundiu e o processo de construção ficou mais rápido, o que se percebe atualmente é uma preocupação com a grande quantidade patologias que essas obras estão apresentando. Um dos fatores que mais contribuem para isso é o fato de que os materiais básicos utilizados (bloco e argamassa), não têm uma resistência à tração adequada para suportar as cargas empregadas em alguns pontos das construções. Além disso, outros fatores frequentemente associados à ocorrência dessas anomalias são os sismos (fator irrelevante no Brasil), ações provenientes das cargas de vento, recalques diferenciais na fundação e imperfeições construtivas.

Essas manifestações patológicas são percebidas, principalmente, através de fissuras, as quais, em alguns edifícios podem ser somente em um pavimento ou se desenvolver por toda a

construção, o que pode ser bastante grave, já que pode estar associado a falhas na concepção do projeto. Essas fissuras podem ser horizontais, verticais ou também diagonais, sendo cada um desses tipos associado a causas diferentes.

Ainda hoje, muitas vezes, os profissionais envolvidos com a alvenaria estrutural somente analisam as patologias possíveis em estruturas se ocorrer algum problema na obra pelo qual são responsáveis. Porém, Viçosa (1991, p. 7) destaca a importância de se conhecer as diversas anomalias possíveis em obras, bem como suas origens, para que possam ser evitadas já no período da construção:

O conhecimento da patologia das edificações é indispensável, em maior ou menor grau, para todos que trabalham na construção, desde o operário até o engenheiro ou arquiteto. Quando se conhecem os defeitos que uma construção pode vir a apresentar e suas causas é muito menos provável que se cometam erros. Esse conhecimento é tão mais importante quanto maior a responsabilidade do profissional na execução da obra.

Em virtude dessa grande utilização, com conseqüente aumento de relatos de problemas nessas estruturas, está sendo necessária a realização de estudos sobre a ocorrência dessas anomalias e, com a identificação dessas, encontrar soluções para que a utilização dessas estruturas não fique comprometida. Essas soluções, porém, merecem especial atenção, pois além serem eficazes, não podem ser onerosas em comparação ao custo da obra (seja pelo emprego de algumas técnicas de custo elevado, seja pelo emprego de outras que demandem muito tempo) e nem modificarem substancialmente o ambiente inicialmente planejado (como a utilização de pilares, por exemplo).

Além de recuperar essas estruturas, com o intuito de voltarem a possuir a capacidade inicialmente projetada, é comum o objetivo da intervenção ser a de aumentar essa capacidade, conforme lembra Mohamad (2015, p. 190):

A necessidade de intervenção em uma estrutura não ocorre apenas para restaurar sua capacidade de carga original, mas também para aumentá-la. A intervenção realizada apenas para restaurar a capacidade de carga de uma estrutura é tratada como um reparo. Quando a intervenção ocorre de forma a aumentar a capacidade de carga de uma estrutura, trata-se de um reforço estrutural.

Com este trabalho, pretende-se fazer uma busca de métodos de recuperação e reforço para as patologias frequentemente encontradas nas obras de alvenaria estrutural, a fim de proporcionar um maior esclarecimento sobre as alternativas disponíveis no mercado, bem como, de algumas

alternativas difundidas no meio acadêmico e, que estão começando a ser produzidas comercialmente.



## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

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

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: quais os métodos de reforço ou de recuperação estrutural possíveis para o caso de um edifício em alvenaria estrutural, na cidade de Porto Alegre, que vem sofrendo manifestações patológicas nos últimos anos?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

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

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é a elaboração de proposta de alternativas de reforço e recuperação da estrutura estudada.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários do trabalho são a apresentação das manifestações patológicas identificadas no edifício estudado, com respectivas causas, e possíveis formas de recuperação ou reforço para casos como esses.

### **2.3 DELIMITAÇÕES**

A pesquisa deste trabalho ficou delimitada ao edifício do estudo de caso.

## 2.4 LIMITAÇÕES

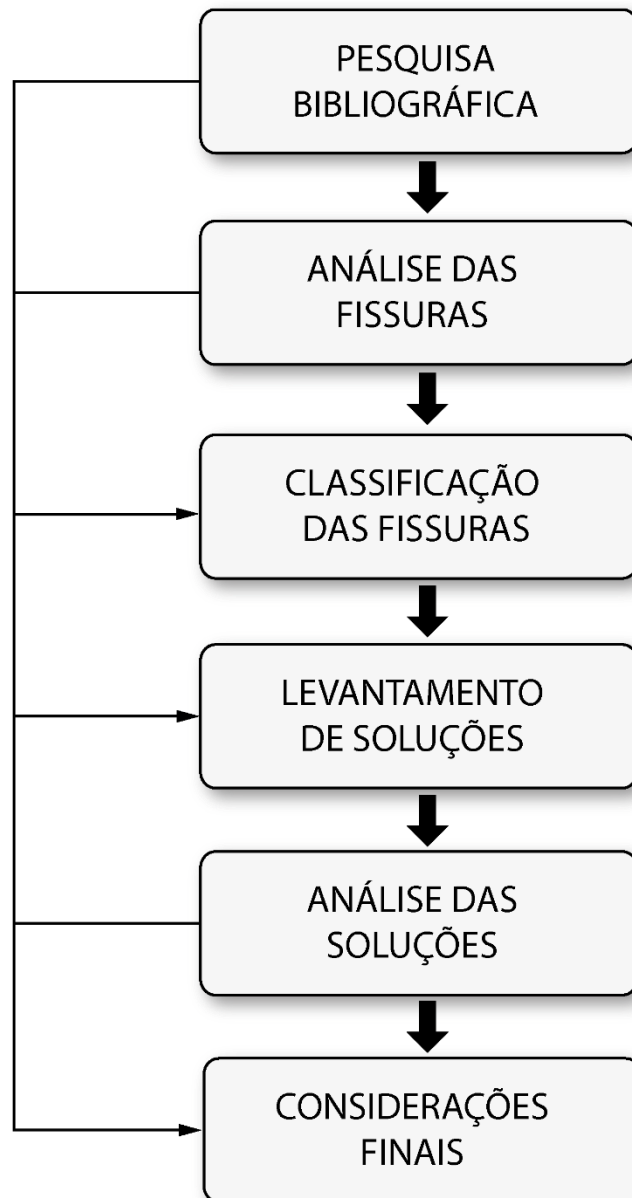
Este trabalho limita-se a propor soluções para reforço e recuperação das manifestações patológicas que representam comprometimento estrutural da edificação.

## 2.5 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas na figura 1, as quais estão descritas nas próximas alíneas.

- a) pesquisa bibliográfica: essa etapa foi realizada durante todo o trabalho. Serão feitas pesquisas em livros, artigos e normas, a fim de buscar o entendimento adequado das causas de fissuras comumente encontradas, bem como dos possíveis métodos de recuperação e reforço;
- b) análise das fissuras: nesta etapa, foi feito um levantamento *in loco* das fissuras que a edificação apresenta. Serão feitos registros, através de fotos e textos, para posterior análise;
- c) classificação das fissuras: com base nos conhecimentos adquiridos na pesquisa bibliográfica, serão analisadas cada uma das fissuras registradas e, identificada sua possível causa. Para isso, será necessário fazer uma análise não apenas da fissura, mas de toda a parede, talvez de todos os andares, para que seja minimizado o erro na identificação;
- d) levantamento das possíveis soluções: após a identificação da fissura, foi possível buscar possíveis soluções na literatura, com base no que foi levantado na etapa de pesquisa bibliográfica;
- e) análise das soluções: para cada uma das fissuras foi feita uma análise profunda, com o intuito de definir qual das possíveis soluções levantadas na etapa anterior é mais viável. Para essa análise será feita uma ponderação dos fatores técnico e econômico (tempo e custo), a fim de se chegar na proposta mais vantajosa para cada situação;
- f) considerações finais: foi feita uma análise de todas as etapas realizadas no trabalho, indicando os resultados alcançados, bem como as dificuldades encontradas no percurso para se chegar a tais resultados.

Figura 1 – Diagrama das etapas da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

### 3 PATOLOGIAS NA ALVENARIA ESTRUTURAL

Patologia é um termo frequentemente utilizado quando se busca falar sobre algo relacionado à medicina, mas especificamente doenças. Entretanto, desde as primeiras construções que se tem notícia, após algum tempo de utilização, começam a apresentar problemas, que sutilmente vão alterando a aparência dos elementos construídos. Porém essa alteração, algumas vezes não se restringe apenas a estética e, sim, compromete a utilização do bem imóvel. A fim de estudar como e o porquê de isso ocorrer, a engenharia se utilizou dessa palavra proveniente das ciências médicas e criou um campo de estudo chamado de patologia das construções. Sobre essa nova área, Souza e Ripper (2009, p. 14) afirmam:

Designa-se genericamente por PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS esse novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

Nas obras de alvenaria estrutural as patologias sempre foram associadas ao método empírico como eram executadas e, posteriormente, com a falta de controle na fabricação dos componentes, ou seja, os blocos. Porém, o que se verificou foi que mesmo com algumas grandes indústrias passando a produzir esses blocos, com um rígido controle de qualidade, e com projetistas especializados nessa técnica construtiva, o número de defeitos não reduziu conforme o esperado.

As manifestações patológicas observadas com maior frequência em alvenaria estrutural, segundo Mohamad (2015), dentre outras, são a fissuração, a corrosão das armaduras envoltas por graute, o aparecimento de manchas ou eflorescências nas paredes e a penetração de água na estrutura. Sendo que a principal delas é a fissuração, o que se explica devido à baixa resistência à tração dos elementos que formam as paredes estruturais e pelo excesso de carga que fazem que os elementos (mesmo com boa resistência à compressão) fissurem. Para Chagas<sup>1</sup> (2005 apud MOHAMAD, 2015, p. 191) os mecanismos de aparecimento dessas fissuras têm como

---

<sup>1</sup> CHAGAS, S. J. N. **Investigação experimental e numérica sobre a reabilitação da alvenaria estrutural utilizando reforço em compósitos poliméricos**. Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2005.

ponto de partida a baixa resistência à tração dos blocos com a argamassa e, assim, pode ocorrer ruptura por tração dos blocos e juntas, por cisalhamento das juntas e por compressão dos blocos.

Cheema e Klingner<sup>2</sup> (1986 apud FREITAS, 2008, p. 29), afirmam que os cinco tipos de ruptura, em ordem decrescente de tendência a ocorrer, tanto na alvenaria grauteada como na não grauteada são:

- 1 fendilhamento lateral de bloco: ocorre quando a resistência à tração do bloco é alcançada, é a denominada ruptura por tração do bloco;
- 2 esmagamento da argamassa: as tensões atuantes atingem a resistência à compressão da argamassa na junta;
- 3 esmagamento do bloco: é atingida a resistência à compressão do bloco;
- 4 fendilhamento da argamassa: a resistência à tração da argamassa é alcançada;
- 5 esmagamento do graute: as tensões de compressão no graute ultrapassam a resistência à compressão confinada do graute.

A identificação das fissuras, bem como de suas causas, é de decisiva importância para a elaboração de um plano de recuperação da alvenaria danificada. Dentre os elementos que são imprescindíveis de se verificar para a obtenção de um relatório com adequada precisão das anomalias são: a data aproximada do aparecimento das fissuras, a sua configuração, bem como sua espessura e espaçamento.

Sampaio (2010) lembra que as fissuras podem ter sua configuração ocorrendo verticalmente, horizontalmente, diagonalmente e, também, pode ocorrer uma mescla entre estes três tipos. Outra maneira de classificação indica que elas tendem ser contínuas (uma reta), quando toda a unidade (bloco e argamassa) não resiste aos esforços, ou escalonada, no caso de somente a argamassa não resistir. A mesma autora ressalta que a rigidez relativa da argamassa em relação ao bloco pode influenciar em como as fissuras ocorrerão. Bauer (2006, p. 35) completa:

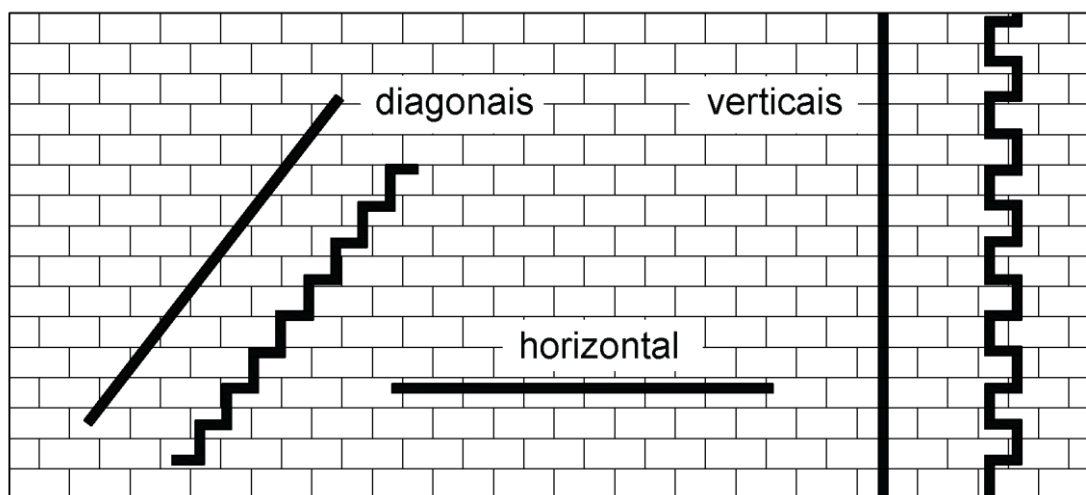
Considerando-se as diferentes propriedades mecânicas e elásticas dos constituintes da alvenaria, e em função das solicitações atuantes, as fissuras poderão ocorrer nas juntas de assentamento (argamassa de assentamento vertical ou horizontal) ou seccionar os componentes da alvenaria (bloco vazado de concreto).

---

<sup>2</sup> CHEMMA, T. S.; KLINGNER, R. E. Compressive strength of concrete masonry prisms. *ACI Journal*, v. 83, p. 88–97, Jan.–Feb. 1986.

Completando a informação descrita no texto anterior, a figura 2 ilustra os tipos mais comuns de fissuras encontradas na alvenaria.

Figura 2 – Configurações básicas das fissuras em alvenaria



(fonte: adaptado de HOLANDA JÚNIOR, 2002, p. 22)

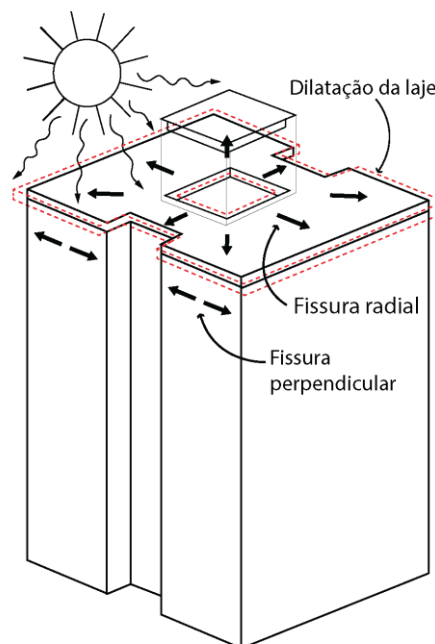
Para que possa ser feita uma análise dos principais métodos disponíveis para recuperação e reforço de edifícios residenciais de alvenaria estrutural se faz necessário primeiramente estudar as causas das manifestações patológicas. Assim, a seguir, será efetuada uma revisão bibliográfica dessas patologias quanto à suas causas.

### 3.1 MOVIMENTAÇÕES TÉRMICAS

Todos os materiais possuem um coeficiente de dilatação térmica, o qual vai determinar a intensidade da variação das dimensões das estruturas frente a variação de temperatura do ambiente. Na serra gaúcha, por exemplo, a temperatura pode ir além dos 40°C no verão e, no inverno, chegar a 5°C negativos. Mesmo em Porto Alegre, onde será realizado o estudo de caso, as variações diárias algumas vezes, durante o ano, passam de 15°C. Toda essa variação de temperatura é “sentida” pelos materiais, que variam conforme o seu coeficiente e, como dificilmente serão iguais, um tende a se expandir ou retrair com velocidade diferente dos demais. Quando as forças expansivas são maiores que as que estão em uma espécie de inércia, há uma tendência de rompimento nestas. Esse processo de rompimento é visualizado através das fissuras.

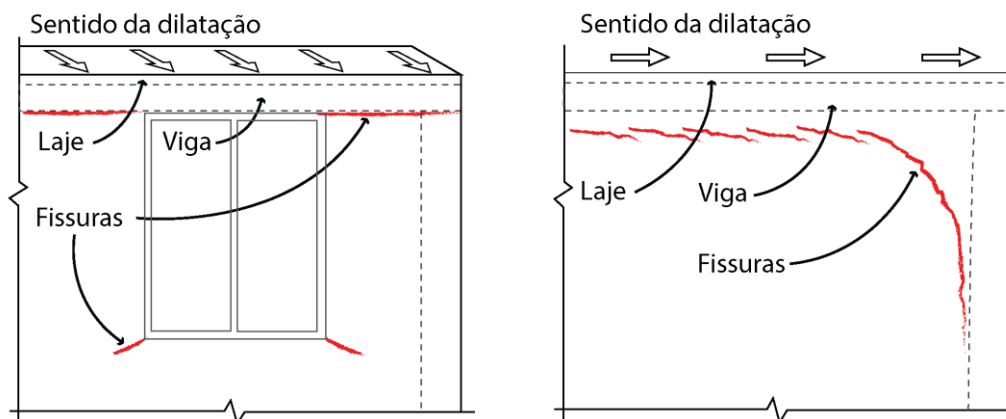
Na estrutura, quem apresenta maior variação térmica é a laje da cobertura, pois como fica exposta diretamente ao sol e às intempéries, sofre uma variação de temperatura maior e, conseqüentemente, sofre uma maior deformação. Por não sofrer essa exposição, o restante da edificação não consegue acompanhar essa movimentação e, com isso, cria resistência à movimentação dessa laje, o que acaba ocasionando o aparecimento das fissuras que normalmente são percebidas no encontro dessa laje com as paredes. As figuras 3 e 4 retratam, em relação a laje, como se desenvolvem as fissuras horizontal e radial.

Figura 3 – Dilatação da laje



(fonte: LOTURCO, 2005)

Figura 4 – Tipos de fissuras originadas pelo sentido de dilatação da laje



(fonte: LOTURCO, 2005)

### 3.2 MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS

A entrada de umidade nos blocos da alvenaria geralmente causa fissuras nos materiais, principalmente os mais porosos. Isso se deve ao fato de que se criará um ciclo vicioso dessa umidade, ou seja, nos dias mais úmidos essa água entrará, enquanto que nos dias com umidade menor tenderá a sair. Esse processo ocasionará expansões e retrações nesses elementos e se os mesmos possuírem restrições a essas movimentações, que comumente ocorre, poderão surgir fissuras, tanto em alguns componentes individuais como no sistema como um todo.

Thomaz (1989, p. 33) comenta que as principais formas de a umidade incidir na estrutura são as seguintes:

- 1 umidade resultante da produção dos componentes;
- 2 umidade proveniente da execução da obra;
- 3 umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos;
- 4 umidade do solo.

O autor lembra também que as fissuras observadas pelas movimentações higroscópicas podem facilmente ser confundidas com as provenientes da variação de temperatura e que as aberturas não têm um padrão definido, ou seja, tanto podem se manifestar horizontalmente, quanto na vertical ou na diagonal. Essencialmente os fatores que definem como será essa configuração são as propriedades higrométricas e o módulo de variação, tanto da temperatura como da umidade.

### 3.3 SOBRECARGA

As fissuras por sobrecarga são aquelas em que é aplicada uma força de compressão excessiva sobre as paredes de alvenaria. Esse excesso de carga pode ocorrer em função de deficiência na elaboração do projeto, falha na execução ou através de utilização, por parte do cliente, para atividades não previstas na concepção da obra que acarretem em acréscimo de peso.

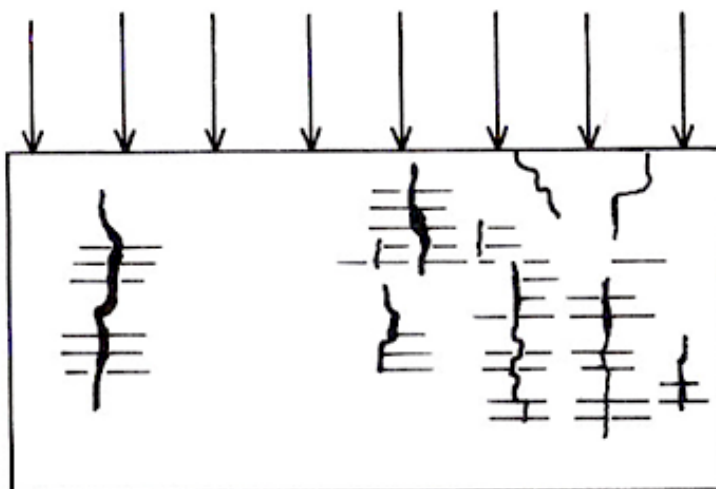
Quando essas sobrecargas de compressão ocorrem de forma distribuída nos elementos da alvenaria, Thomaz (1989, p. 63) destaca que as fissuras podem aparecer de duas maneiras distintas:



- 1 fissuras verticais (caso mais típico), provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão, ou da flexão local dos componentes da alvenaria [...];
- 2 fissuras horizontais, provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda de solicitações de flexocompressão da parede [...].

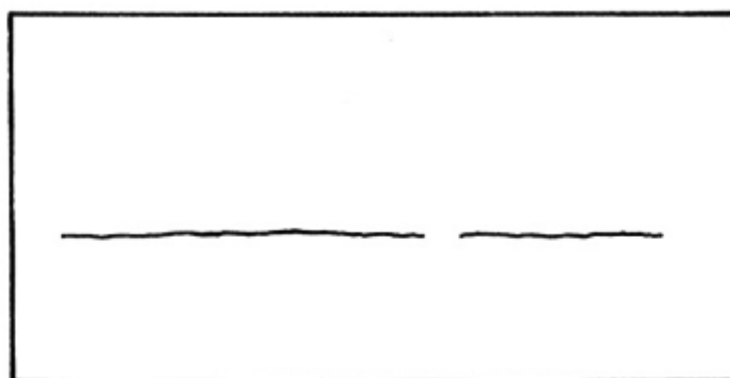
Esses dois tipos de fissuras podem ser visualizados nas figuras 5 e 6:

Figura 5 – Fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 64)

Figura 6 – Fissuras horizontais na alvenaria



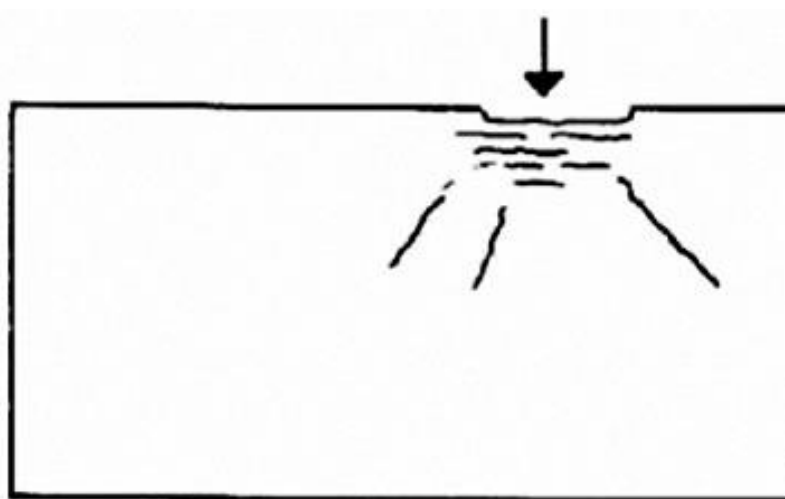
(fonte: THOMAZ, 1989, p. 64)

As sobrecargas concentradas além de causar fissuras, como nas distribuídas, geram em alguns casos o rompimento da alvenaria. Segundo Thomaz (1989) o que definirá como se manifestará essa patologia será a resistência dos componentes. O autor também lembra que quando surgirem fissuras, essas possuem tendência de se propagarem do ponto de aplicação da sobrecarga,

diagonalmente, para todas as direções da parede. Vale ressaltar que algumas vezes acontece de a manifestação ser simultânea.

A figura 7 representa como esses dois efeitos patológicos podem ser observados em uma parede.

Figura 7 – Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto

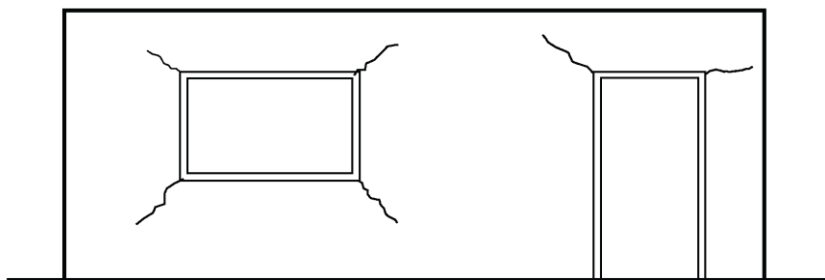


(fonte: THOMAZ, 1989, p. 65)

Segundo Sampaio (2010), quando for verificada a necessidade de aplicar carga concentrada, deverão ser utilizados elementos para fazer a distribuição dessa carga pela estrutura portante, seja através de coxins ou seja através outros elementos que realizem essa distribuição.

Um dos pontos mais comuns do aparecimento das fissuras devido a cargas de compressão são as aberturas, isso se deve ao fato de que nos vértices dessas portas e janelas ocorre elevada concentração de tensões, o que acarreta na necessidade de vergas e contravergas de rigidez adequada para cada situação. Thomaz (1989) reitera que as fissuras nestes casos podem se manifestar através de diversas configurações, onde as mais comuns estão ilustradas na figura 8.

Figura 8 – Fissuras típicas nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas

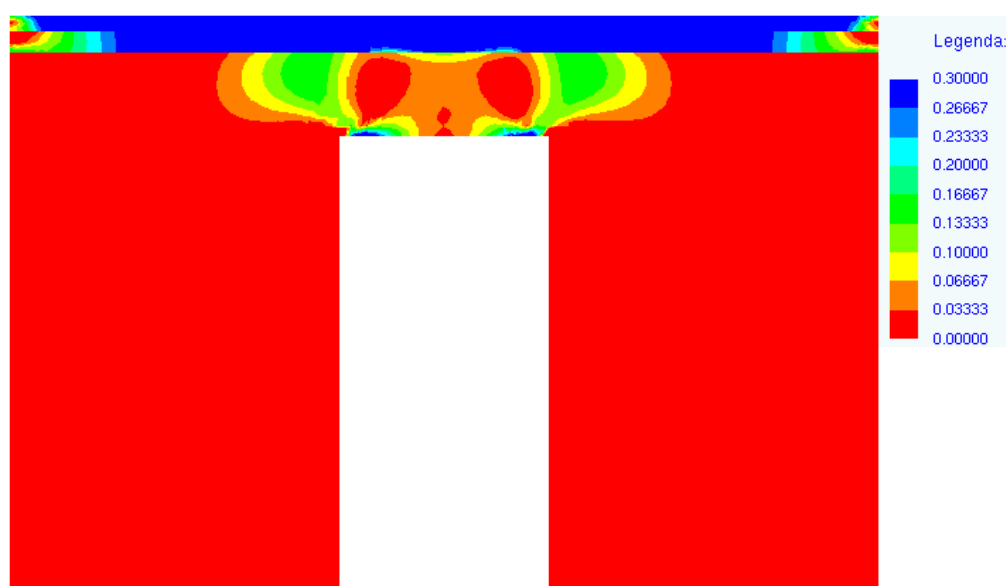


(fonte: THOMAZ, 1989. P. 66)

Para comprovar esse acúmulo de tensões, Sampaio (2010) realizou estudo onde comparou resultados para portas e janelas, com a utilização de vergas e contravergas e sem a utilização das mesmas.

No experimento com portas sem vergas, a autora verificou que na parte superior do vão, ocorre uma tensão de tração significativa, pois em alguns pontos, esta força, chega a 0,30 MPa, o que segundo a ABNT, na NBR 10837 que estava vigente na época e foi substituída NBR 15961, é inadmissível, visto que o valor máximo permitido varia entre 0,10 e 0,15 MPa. No trabalho é enaltecido, também, que as laterais da abertura não sofrem essa tensão de tração, sendo consideradas nulas. A figura 9 apresenta os resultados do ensaio para a porta sem verga.

Figura 9 – Tensões principais em painel de parede com abertura de porta sem reforço

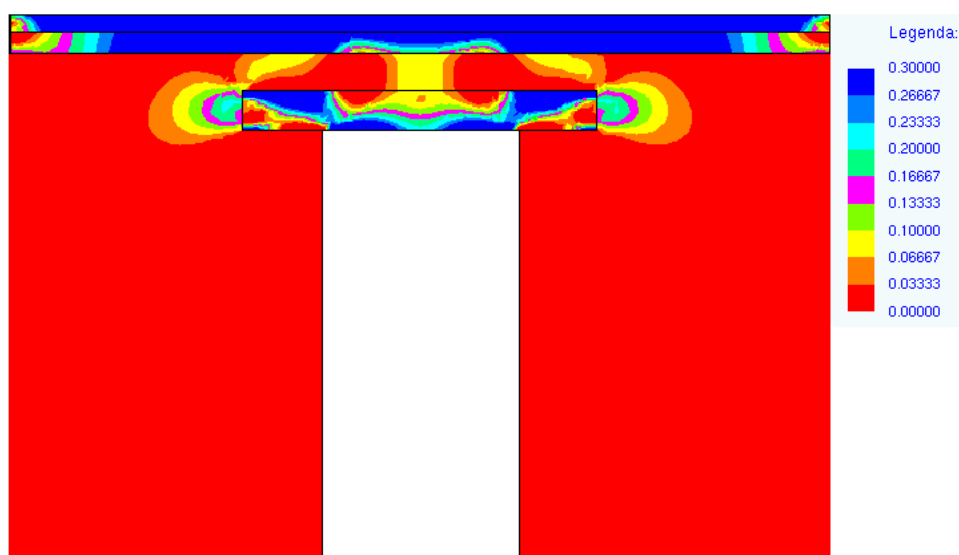


(fonte: SAMPAIO, 2010, p. 77)

Já para a situação onde é utilizada verga na porta, a autora ressalta que a tensão, antes atuante na parte superior da abertura, transferiu-se predominantemente para a parte superior da verga e em algumas partes de sua lateral, onde os valores chegaram a 0,23 MPa.

Foi estudado um modelo com reforço lateral que algumas vezes é utilizado na prática e, segundo a autora as trações de tensões laterais do reforço diminuíram para 0,14 MPa, assim, esse reforço mostrou-se eficiente. A figura 10 retrata como se distribuíram as tensões na porta que possuía verga.

Figura 10 – Tensões principais em painel de parede com abertura de porta com verga



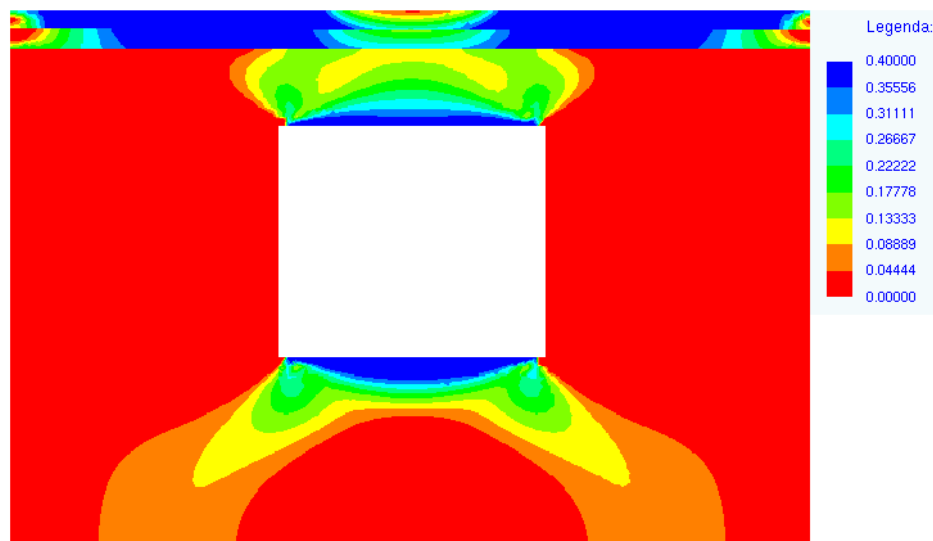
(fonte: SAMPAIO, 2010, p. 79)

O experimento foi realizado também para janelas, onde no caso sem verga nem contraverga, a autora explica que a ocorrência de tensão de tração na laje é parecida para com o caso da porta. Já para a abertura, verificou-se o aparecimento dessas forças tanto na parte superior como na parte inferior. No trabalho é salientado que essa tensão de tração chega a 0,60 MPa, o que é considerado muito significativo comparativamente ao que é proposto como aceitável pela NBR 10837. Outro aspecto que se assemelha ao caso da porta é o não aparecimento de forças nas laterais da janela.

Para demonstrar a área em que a janela está sofrendo esforços maiores do que o previsto na NBR 10837, o estudo foi ajustado com valores máximo de 0,40 MPa, que é superior ao limite máximo admitido. Assim, a figura 11 exhibe que praticamente toda a parte inferior e toda a

superior estão sendo solicitadas com valores acima do limite (área em azul), caracterizando um local propício para o surgimento de fissuras.

Figura 11 – Tensões principais em painel de parede com abertura de janela sem reforço



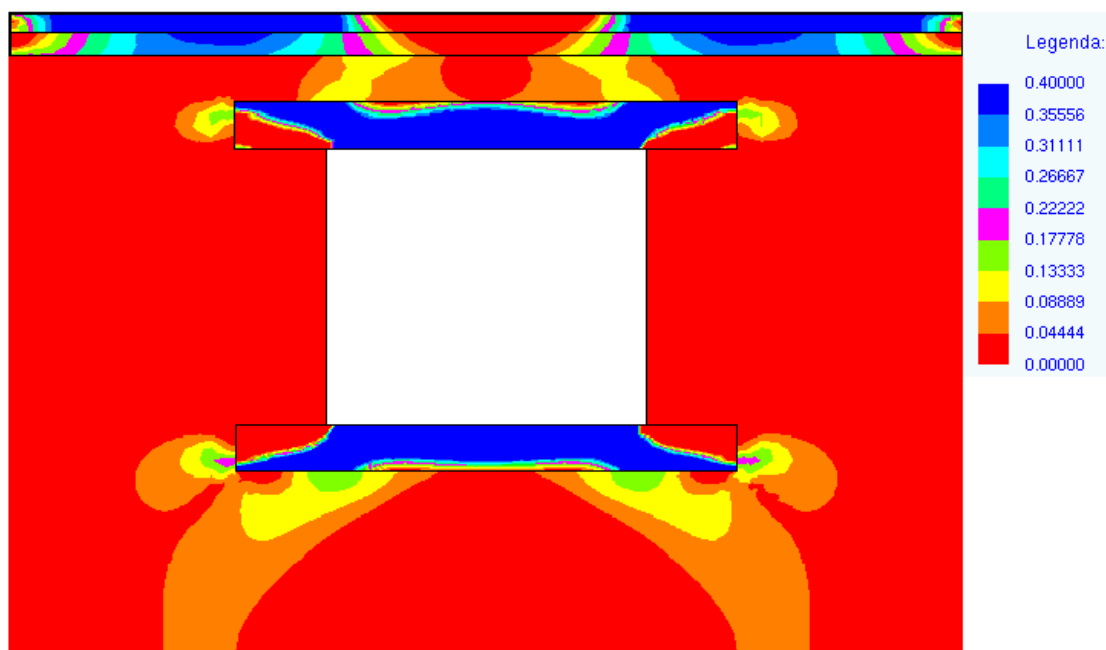
(fonte: SAMPAIO, 2010, p. 82)

Para o ensaio realizado com verga e contraverga, os resultados apontaram que ambas absorvem grande parte das tensões, assim fazendo com que a alvenaria receba menos solicitações de tração.

Entretanto, surpreendentemente, a autora frisa que os resultados mostram que essa absorção é insuficiente para os padrões definidos em norma. Sendo assim, a alvenaria tende a apresentar fissuras mesmo com a utilização desses mecanismos que dão maior rigidez para as partes solicitadas. As paredes irão sofrer esforços de até 0,19 MPa tanto nas partes inferiores da contraverga como na parte lateral da verga.

Sampaio (2010) também estudou a inclusão de reforços laterais, curtos e longos, e, diferentemente do que ocorreu para as portas, a distribuição de tensões aumentou a transmissão de tensões de tração para a alvenaria, o que contribuiria para o surgimento de patologias de fissuração. Assim, ela conclui, o ideal para janelas é a utilização somente de verga e contraverga, com 20cm de espessura, pois o aumento dessa medida causaria grandes esforços financeiros para redução pouco significativa na tensão. A figura 12 apresenta a distribuição das tensões com verga e contraverga.

Figura 12 – Tensões principais em painel de parede com abertura de janela com verga e contra-verga



(fonte: SAMPAIO, 2010, p. 87)

### 3.4 RETRAÇÃO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

Scartezini<sup>3</sup> (2002, apud RICHTER, 2007, p. 66) define retração da argamassa de assentamento como um fenômeno físico, onde os materiais de base cimentícia, inicialmente em estado plástico, apresentam redução no seu volume de acordo com as condições de umidade do sistema e da evolução da matriz do cimento. Para Parsekian et al. (2006), o efeito da retração pode se transformar em um dos principais fatores causadores de fissuras, não somente na alvenaria estrutural, como nas construções de modo geral.

De acordo com Thomaz (1989, p. 103) a fim de se obter a trabalhabilidade necessária de concretos e/ou argamassas, normalmente é adicionada água em excesso, fato que colabora para uma maior retração desses elementos à medida que a água vai evaporando. Ao se retrair, na tentativa de preencher os espaços vazios deixados pela água, a argamassa de assentamento e por efeito a de revestimento fissuram, deixando exposto o sistema construtivo ao qual pertence.

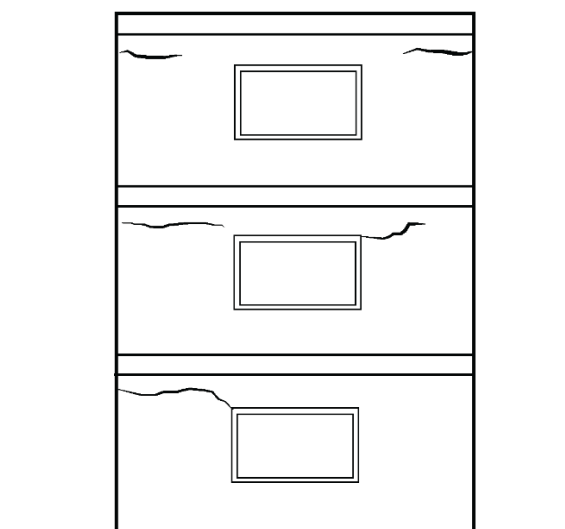
<sup>3</sup> SCARTEZINI, L. M. B. **Influência do tipo de preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa:** estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca. 2002. 262 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

O autor também afirma que é essencial identificar o tipo de retração sofrida pelos materiais cimentícios, sendo eles:

- 1 retração química: a retração química entre o cimento e a água se dá com redução de volume; devido às grandes forças interiores de coesão, a água combinada quimicamente (22 a 32%) sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;
- 2 retração por secagem: a quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente; tal evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo a redução do seu volume;
- 3 retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com o gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio; esta reação é acompanhada de uma redução de volume, gerando a chamada retração por carbonatação.

O mesmo autor ressalta que a formação de fissuras, tanto da parede como um todo, como dos componentes que a formam, seguem as mesmas características das formadas por variação de temperatura. Sahlin<sup>4</sup> (1971, apud THOMAZ, 1989, p. 109) destaca que poderão aparecer nos pavimentos intermediários da alvenaria estrutural fissuras horizontais da retração de lajes. A figura 13 retrata exatamente isto.

Figura 13 – Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 110)

<sup>4</sup> SAHLIN, S. **Structural masonry**. New Jersey: Prentice Hall, 1971.

Segundo Peña (2004), os condicionantes mais importantes para o aparecimento, ou não, de fissuras estão ligados à relação água/cimento e ao volume da pasta. Ele segue explicando que na hora da secagem da argamassa, é crucial ter especial atenção ao tempo de cura, a umidade relativa do ambiente, ao vento que incide diretamente, a relação entre a superfície e o volume (fator importante para estruturas de concreto e alvenaria de vedação, porém insignificante para a alvenaria estrutural), a temperatura e o grau de restrição aos esforços.

Thomaz (1989) ressalta que esse problema de retração da argamassa de assentamento se torna significativo na alvenaria estrutural aparente, pois ao sofrer dessa patologia as juntas tendem a fissurar e, como está exposta ao ambiente, a água tem um caminho fácil para penetrar na parede, o que pode gerar uma série de patologias. Entre as mais comuns estão manchas de umidade, bolor e lixiviação.

### 3.5 RECALQUE DIFERENCIAL DE FUNDAÇÃO

O recalque diferencial de fundação é um tipo de patologia que pode ser causado por um projeto deficiente da fundação, ou influência externa de outros agentes. Normalmente quem elabora e executa tal projeto é uma empresa especializada, através de seus engenheiros geotécnicos, assim ficando fora do controle das pessoas envolvidas na execução do restante do prédio. Porém, em algumas obras de menor magnitude, onde são utilizadas fundações rasas, os próprios projetistas do prédio podem vir a elaborar os projetos da fundação. Outro fator que causa preocupação é a dificuldade de saber quando esses recalques irão acontecer, pois geralmente ocorrem de forma rápida e só poderiam ser previstos através de instrumentação, algo extremamente raro em obras e bastante oneroso.

Segundo Holanda Júnior e Ramalho (2008), apesar de algumas vezes os danos causados pelo recalque das fundações não serem estruturais, mas sim, arquitetônicos ou funcionais (em virtude desse recalque diferencial ter sido muito pequeno), normalmente afetam a estrutura e, se não for executado um impedimento para a propagação das fissuras, a estrutura pode vir a sofrer colapso.

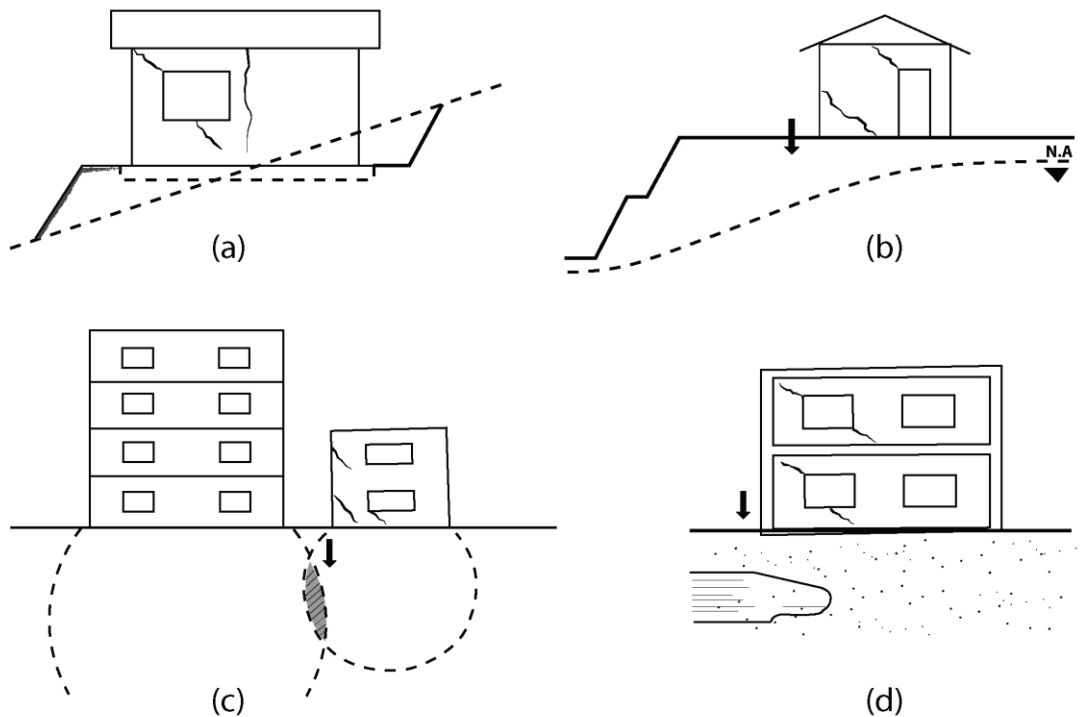
Thomaz (1989) informa que as fissuras geradas por esse tipo de patologia normalmente são inclinadas para o lado onde ocorreu o recalque, sua abertura é maior do que na maioria das patologias, apresentam esmagamentos localizados e, quando de grandes proporções, se observa uma variação na abertura das fissuras. Além disso, o autor observa, que as fissuras



desenvolvidas serão diretamente proporcionais à intensidade do recalque, porém o que influencia também é como o edifício está estruturado.

Na figura 14, podem ser visualizados casos típicos de fissuras causadas por recalque diferencial de fundação.

Figura 14 – Fissuras devido à recalque diferencial de fundação



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 96–97)

### 3.6 ALTERAÇÕES QUÍMICAS

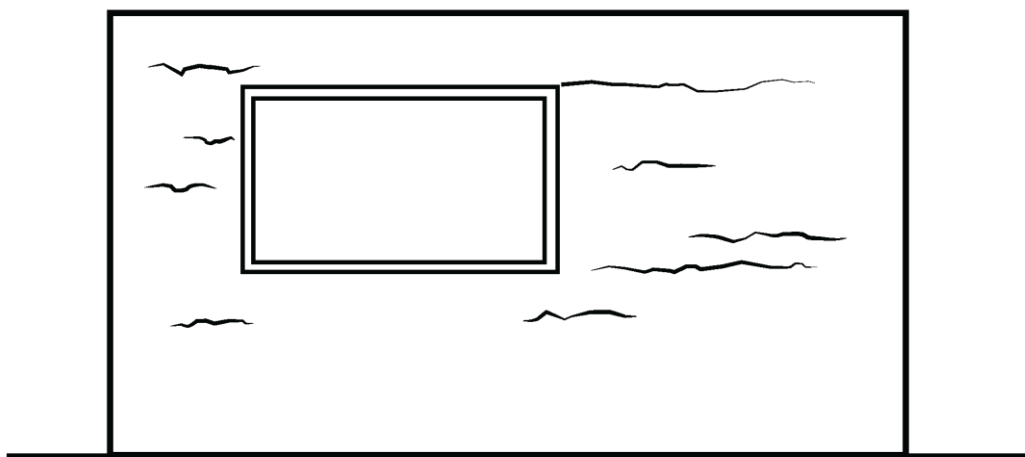
Qualquer material empregado na construção civil está sujeito a sofrer danos ao entrar em contato com substâncias reagentes, isso não é diferente para as argamassas, principalmente as que estão presentes nas alvenarias aparentes, que são as que estão mais expostas aos agentes agressivos externos. Segundo Thomaz (1989) existem três tipos de alterações químicas que aparecem com maior frequência nas construções: a hidratação retardada de cales, o ataque por sulfatos e a corrosão de armaduras.

Quanto ao processo de hidratação retardada de cales em argamassas, Sampaio (2010, p. 26) comenta:

Componentes ou elementos fabricados com cales mal hidratadas ao sofrerem umidificação ao longo de sua vida útil poderão apresentar um aumento de volume de aproximadamente 100% caso os óxidos livres hidratem. Essa expansão pode causar fissuras, descolamento, desagregações e pulverulências [...] de argamassa.

A autora completa salientando que uma maneira comum da hidratação tardia das cales se manifestar é através do surgimento de fissuras horizontais no revestimento e, que essas fissuras, são causadas pela argamassa de assentamento da alvenaria. O motivo delas serem horizontais é justamente porque a argamassa de revestimento possui a tendência de acompanhar a de assentamento e fissura. A figura 15 retrata essas fissuras horizontais.

Figura 15 – Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 120)

De acordo com Thomaz (1989), constituintes do cimento podem reagir com sulfatos formando soluções que vêm acompanhadas de grande expansão. Também é destacado pelo autor que, para haver tal reação, é necessário a presença de cimento, água e sulfatos solúveis. Uma advertência feita é quanto à utilização de cimento juntamente com gesso, pois, assim, todos os elementos para que essa expansão ocorra estariam reunidos. As fissuras normalmente são semelhantes àquelas formadas pela retração da argamassa de revestimento

Para o caso da alvenaria estrutural, a corrosão das armaduras também representa um ponto crítico, pois somente são inseridas armaduras nas partes internas dos blocos e, após, preenchidos com graute os pontos críticos da estrutura, ou seja, locais em que a utilização unicamente de blocos foi considerada insuficiente, o que geralmente ocorre quando aquela parte da parede é solicitada com esforços de tração. Felizmente, essa patologia é pouco corrente na alvenaria

estrutural, pois as armaduras estão envoltas por graute e, ainda, protegidas pelos blocos. Essa patologia somente ocorreria em caso de entrada de água nos blocos, mas, diante disso, primeiramente ocorreriam outras manifestações prejudiciais à estrutura que teriam necessidade de serem consertadas e, se necessário, seriam reforçadas essas regiões onde as armaduras estão presentes.

## 4 RECUPERAÇÃO E REFORÇO NA ALVENARIA ESTRUTURAL

É importante, após a identificação da(s) patologia(s), que seja feita uma análise minuciosa das opções para recuperação da alvenaria e, após isso, buscar qual a alternativa que melhor se enquadra em cada caso. É válido salientar que nem sempre a melhor alternativa, tecnicamente falando, será apresentada ao cliente, isso é devido ao fato de que cada solução envolve outras variantes, como por exemplo, o custo.

Para avaliar qual o método mais indicado se deve levar em consideração uma série de fatores, alguns importantes são citados abaixo.

- 1 padrão do imóvel a ser restaurado: métodos de alto custo de implementação, ou que demorem para ser executados (o que poderia causar maior gasto com mão de obra) normalmente são mais indicados para construções de padrão mais elevado;
- 2 possibilidade de alteração de *layout*: em alguns imóveis (que ainda não foram entregues ao consumidor final) é possível fazer intervenções nos ambientes. Sempre é importante observar os contratos e consultar os clientes (para evitar processos futuros). Um fator que deve ser evitado, por exemplo, é a construção de pilares ou vigas com o intuito de reforçar a estrutura. Esse mecanismo pode até funcionar, mas provavelmente modificará substancialmente o ambiente, além de não ser econômico;
- 3 análise global dos efeitos da solução proposta: não basta somente analisar se a fissura, por exemplo, foi reparada e a estrutura recuperou a capacidade estrutural a que foi concebida. É necessário observar um fator importante no momento da escolha da solução, principalmente para paredes geminadas e para lajes de unidades autônomas, que é a capacidade de desempenhos térmico e acústico adequados. Este fato é reforçado tendo em vista que a NBR 15575, a norma de desempenho das edificações, passou a vigorar no ano de 2013. Com esta nova diretriz a ser seguida, é necessário um cuidado maior com esse tipo de aspecto, pois pode gerar indenizações ao cliente;
- 4 período disponível para execução da obra: algumas vezes acontece de o prazo para entrega da construção estar próximo e, para evitar problemas, se torna necessário executar uma solução que não possui o melhor custo benefício;
- 5 condição de trabalho no local da obra: se o local em que será executado o reforço ou a recuperação já está ocupado pelo cliente, e o mesmo não puder ser desocupado por determinado período de tempo, tem-se dificuldades relativas a disponibilidade de horários, que conseqüentemente acarreta em maior tempo para uma mesma técnica ser executado, motivo que leva a se fazer uma análise de qual a melhor solução a ser empregada.

Os principais métodos de recuperação e reforço são destacados por Mohamad (2015, p. 196):

As técnicas comumente empregadas nas intervenções em elementos de alvenaria estrutural utilizam materiais convencionais como o aço e o concreto, em que novos pilares e vigas são adicionado à estrutura. Entretanto, técnicas como grauteamento, colagem de chapas metálicas, aplicação de argamassa armada ou protensão externa também podem ser aplicadas. Essas técnicas, embora sejam comumente tratadas como técnicas de reforço de estruturas, também podem ser utilizadas em intervenções que visam apenas à execução de um reparo localizado nas estruturas deterioradas, com a finalidade de restaurar sua capacidade de carga original.

É válido relembrar que a recuperação da alvenaria estrutural ocorre quando é devolvida a capacidade estrutural inicialmente projetada para a edificação, enquanto que o reforço é executado quando, por algum motivo, se necessita de um acréscimo desta capacidade, comparativamente à planejada. Esse reforço, executado na alvenaria, algumas vezes vem acompanhado da necessidade de execução de reforços nas fundações, devido ao fato de haver incremento de peso na estrutura.

Pensava-se que as técnicas de reforço e de recuperação iriam começar a entrar em desuso conforme o avanço tecnológico na construção civil; porém Cánovas<sup>5</sup> (1988 apud MOHAMAD, 2015, p. 190) frisa que os casos patológicos não acompanharam essa evolução e ainda acontecem com frequência indesejada e estão muito ligados a qualidade dos métodos construtivos. Oliveira (2001) lembra que a melhor forma de se prevenir a degradação das edificações é o dimensionamento e execução corretos, ou seja, devem ser utilizados profissionais habilitados para a alvenaria estrutural, que possam planejar uma modulação adequada dos blocos, evitando ao máximo deixar “questões em aberto” para os executores da obra decidir.

Outro problema com a recuperação é o alto custo envolvido. Segundo Machado (2002), a lei de *Sitter* nos informa que o custo para correção de anomalias, após a obra estar pronta, é 25 vezes maior do que se feitas as modificações durante a execução da obra e, 125 vezes maior do que se alterado na fase da concepção do projeto

Thomaz (1989) completa lembrando que os reforços em alvenaria estrutural são os mais frequentes no mercado, pois além do desempenho da edificação ficar prejudicado, uma fissura

---

<sup>5</sup> CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

na parede é esteticamente indesejável e, para algumas pessoas, pode causar uma sensação de insegurança permanecer em um imóvel com algumas fissuras.

A seguir, serão levantadas as técnicas mais utilizadas no mercado para o reforço dessas estruturas. Além disso, foi feita uma busca em trabalhos acadêmicos e livros mais recentes visando identificar novas técnicas que ainda não estão difusas no mercado, porém estão conseguindo resultados expressivos em testes.

#### 4.1 INJEÇÃO DE RESINAS POLIMÉRICAS EXPANSIVAS OU GRAUTE

Método de reforço que consiste em dar maior rigidez ao elemento estrutural que está sofrendo esforços de tração excessivos injetando nele um material que auxiliará na recomposição da estrutura. Esse material pode ser uma resina polimérica ou graute que atuará protegendo o sistema construtivo, eles também podem ser aplicados diretamente nas fissuras, devolvendo a rigidez e, também, permitindo certa deformabilidade. A selagem das fissuras, por meio da aplicação desse método, promove também uma barreira eficiente contra agressões externas à edificação.

As resinas poliméricas podem ser classificadas em três tipos, conforme citado por Rangel (2013, p. 61):

- 1 resinas termofixas: quando se solidificam não se refundem, necessitam de um catalisador e geralmente apresentam características superiores às das resinas termoplásticas. São exemplos: poliéster insaturada, éster-vinílica, epóxi, fenólica e poliimida;
- 2 resinas termoplásticas: podem ser reaproveitadas diversas vezes por aquecimento e resfriamento, como por exemplo: polipropileno, poliestireno, cloreto de polivinil (PVC), acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), poliamida (nylon), policarbonato, óxido de polifenileno, polisulfona, poli-éter-éter-cetona (PEEK) e sulfeto de polifenileno (PPS);
- 3 elastômeros: possuem alta elasticidade e deformação permanente baixa. São exemplos: silicone, neopreme e borracha natural.

As mais utilizadas na construção civil, segundo o autor, são as termofixas. A tabela 1 apresenta as características das principais resinas desse grupo.

Tabela 1 – Propriedades físicas à tração de algumas resinas termofixas

Matriz	Massa específica, $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidade, E (GPa)	Resistência à tração, $\sigma$ (MPa)	Deformação máxima, $\varepsilon$ (%)
Poliéster	1,2	4,0	65	2,5
Epóxi	1,2	3,0	90	8,0
Vinílica	1,12	3,5	82	6,0
Fenólica	1,24	2,5	40	1,8
Poliuretano	vários	2,9	71	5,9

(fonte: Bank<sup>6</sup>, 2006 apud RANGEL, 2013, p. 62)

A resina epóxi é largamente mais empregada do que as demais para reforçar as estruturas. Isso é fácil de entender pela tabela 1, onde é apresentado que tal material possui maior resistência e consegue atingir uma maior deformação comparativamente às outras resinas termofixas.

Segundo Mohamad (2015) a execução do método é possível através dos seguintes passos:

- 1 execução de furos em locais estratégicos convenientemente distribuídos (na região fissurada);
- 2 injeção da resina, ou graute, sob pressão, por gravidade ou por vácuo nos furos executados.

## 4.2 GRAUTEAMENTO

Mohamad (2015, p. 198) nos informa que “[...] o grauteamento é a técnica mais aplicada no reforço de estruturas de alvenaria estrutural quando se deseja incrementar a resistência à compressão, à flexão ou ao cisalhamento das paredes.”.

Em alguns casos, além do graute, também são posicionadas armaduras dentro desses blocos, principalmente quando se faz necessário uma maior segurança quanto a esforços de tração. O conjunto bloco, graute, armadura funciona como uma espécie de pilar para a alvenaria, por este motivo, deve-se fazer uma boa amarração e garantir que os blocos estejam totalmente preenchidos, ou seja, sem vazios.

<sup>6</sup> BANK, L. C. **Composites for construction: structural design with FRP materials**. John Wiley & Sons, New Jersey, 2006, 551 p.

O mesmo autor completa esclarecendo que a técnica de grauteamento no caso de reforço estrutural consiste em:

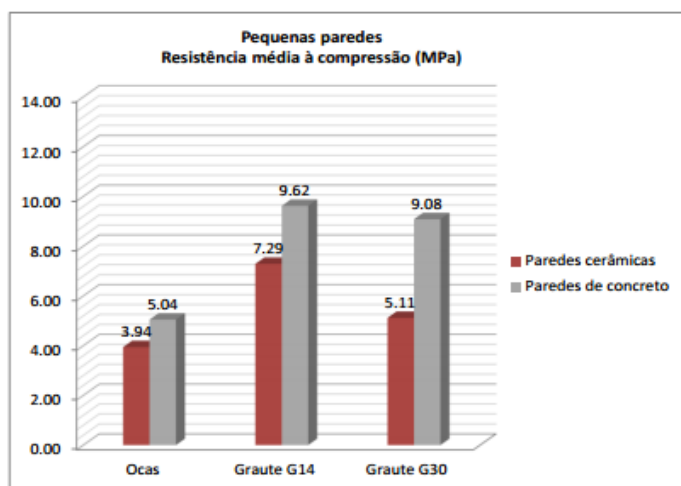
- 1 realizar um furo no bloco imediatamente acima do local a ser reforçado, pois a partir deste, o graute será distribuído por gravidade/pressão aos demais blocos;
- 2 inserir armaduras pelo furo (quando necessário);
- 3 injetar o graute por meio do furo, cuidando para que toda a área interna dos blocos seja completamente preenchida (é recomendável a realização de um furo de visita no último bloco a ser grauteado, a fim de verificar se não restaram espaços vazios).

Izquierdo (2015, p. 174) realizou ensaios quanto à resistência à compressão, de paredes ocas e paredes com dois tipos distintos de graute, tanto para blocos cerâmicos quanto para os de concreto, e afirma:

Os resultados demonstraram que o graute teve influência na resistência à compressão da alvenaria, ou seja, os elementos grauteados aumentaram significativamente sua capacidade resistente se comparado aos não grauteados. Isso mostra que o grauteamento é uma alternativa viável para ganho de resistências das estruturas, tanto de blocos de concreto, como cerâmicos.

A autora também frisou que, em todos os casos, os blocos de concreto apresentam maior resistência à compressão do que os cerâmicos e que o graute com menor percentual de cimento apresentou, surpreendentemente, melhores resultados do que o com maior percentual. Segue a figura 16 com o resultado dos ensaios com paredes para as três situações.

Figura 16 – Resistência média à compressão de pequenas paredes cerâmicas e de concreto



(fonte: IZQUIERDO, 2015, p. 174)



### 4.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM AÇO

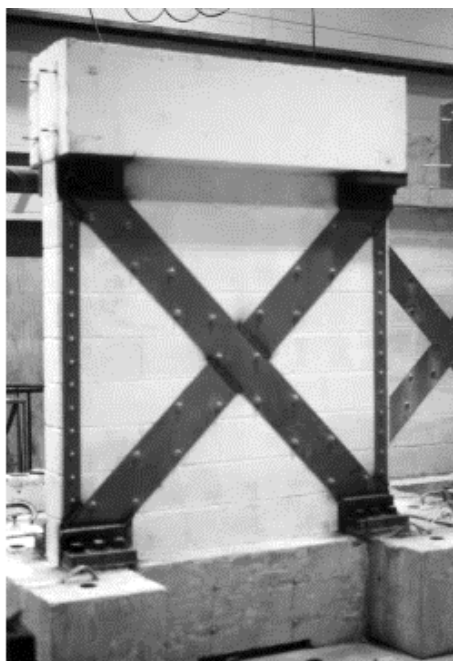
Segundo Mohamad (2015) é possível reforçar a alvenaria com a adição de elementos em aço, tanto verticais, horizontais quanto diagonais, que têm como função principal aumentar a rigidez da estrutura. O autor completa falando que essas estruturas podem ser adicionadas para reforçar as paredes ou trabalharem como elementos totalmente independentes, ou seja, em caso de ruptura da alvenaria, o aço passaria a sustentar o resto da edificação. Para este segundo caso normalmente são utilizadas cantoneiras intertravadas com parafusos, que por apresentarem boa ductilidade fazem com que suportem cargas muito superiores às que essas construções habitualmente estão sujeitas.

Para a realização desta modalidade de reforço, podem ser utilizados os seguintes passos:

- a) identificar a área a ser reforçada;
- b) avaliar qual o sentido de fixação do reforço metálico (vertical, horizontal ou diagonal), dimensionando-o conforme a área identificada.
- c) Fixar com parafusos as tiras metálicas na área apropriada (na própria parede ou em outro elemento construtivo de modo que, dessa forma, resista de modo independente).

A figura 17 traz um exemplo do emprego dessa técnica:

Figura 17 – Parede reforçada usando tiras de aço



(fonte: TAGHDI et al., 2000, p. 1021)

#### 4.4 TIRANTE DE AÇO

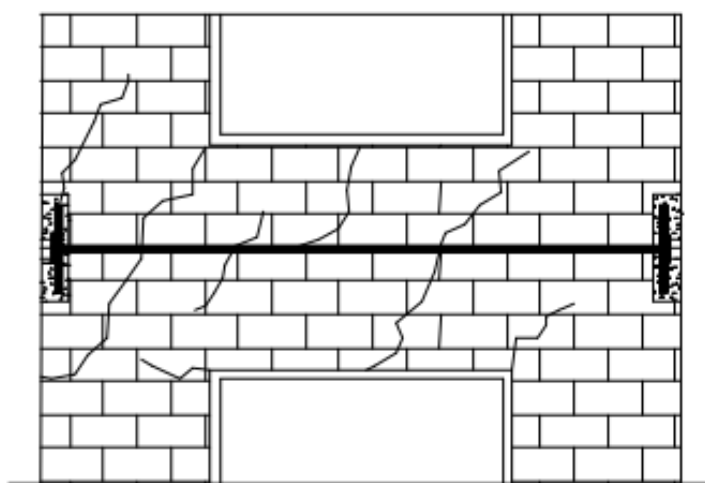
Um método possível para o reforço de paredes fissuradas é a introdução de armaduras — mais tradicionalmente tirantes de aço — nas paredes, com o intuito de elevar a rigidez do conjunto. Os esforços, neste caso, devem ser transmitidos para a alvenaria por placas de aço fixadas em superfícies regulares, para uma maior distribuição das tensões.

Para a realização desta modalidade de reforço, podem ser utilizados os seguintes passos:

- 1 remover o revestimento argamassado existente na região fissurada;
- 2 fixar tirante de aço perpendicularmente ao sentido da fissura;
- 3 chumbar o tirante com argamassa rica em cimento;
- 4 reconstituir o revestimento final.

A figura 18 apresenta o emprego de um tirante de aço em uma parede fissurada:

Figura 18 – Reforço de alvenaria portante com tirante de aço



( fonte: adaptado de THOMAZ, 1989, p.170)

#### 4.5 ARGAMASSA ARMADA

Na década de 70 era comum o emprego de uma técnica denominada argamassa armada. Essa técnica, não deve ser confundida com a citada neste tópico, pois a primeira envolve o aumento de rigidez da parede, enquanto que a técnica de argamassa armada descrita aqui diz respeito a recuperação de regiões fissuradas.

Mohamad (2015, p. 199) cita sobre a técnica:

A técnica de adição de argamassa armada em parede de alvenaria pode ser utilizada tanto para execução de pequenos reparos, visando amenizar problemas relacionados ao aparecimento de fissuras devidas a diferenças no comportamento térmico dos materiais (alvenaria de vedação), quanto para a execução de reforços estruturais (alvenaria estrutural).

O autor esclarece que a execução do método consiste em utilizar uma tela metálica galvanizada na superfície da parede e, após, cobrir com argamassa. Ele recomenda a utilização dessa tela por toda a região afetada da parede, pois com isso aumenta a resistência quanto aos esforços de cisalhamento e de flexo-compressão causados por cargas aplicadas fora do centro de gravidade.

Thomaz (1989) informa que se utilizada a tela somente na fissura, deve-se traspasar pelo menos 15 cm em cada um dos lados da fissura e, que o elemento metálico não deve estar frouxo, nem excessivamente esticado, a fim de que possa trabalhar com a variação de temperatura e não influenciar negativamente na parede.

Oliveira (2001) ressalta que a principal crítica à utilização dessa técnica é que a tela pode corroer e, assim, o trabalho de executar o reforço não surtirá efeito. Esse problema, porém, é minimizado se forem seguidas as espessuras mínimas de cobertura de armaduras fixadas pela NBR 6118, a norma de projeto e execução de obras de concreto.

Em contrapartida, a autora afirma que em algumas situações não é possível atingir esse cobertura mínimo pois inviabilizaria alguns processos construtivos que só são possíveis, técnica e comercialmente, utilizando-se cobrimentos de baixa espessura.

Outro fator relevante, apontado por Hanai<sup>7</sup> (1992 apud OLIVEIRA, 2001, p. 22), versa sobre as características desejáveis para a argamassa no emprego dessa técnica:

Para a argamassa armada, a qualidade da argamassa é essencial na proteção das armaduras contra corrosão, dependendo enfaticamente da relação água/cimento. Sendo assim, as argamassas empregadas em argamassa armada devem ter fator água/cimento baixos (< 0,45), com adensamento eficiente e ser objeto de cura especialmente cuidadosa.

Para a realização desta modalidade de reforço, podem ser utilizados os seguintes passos:

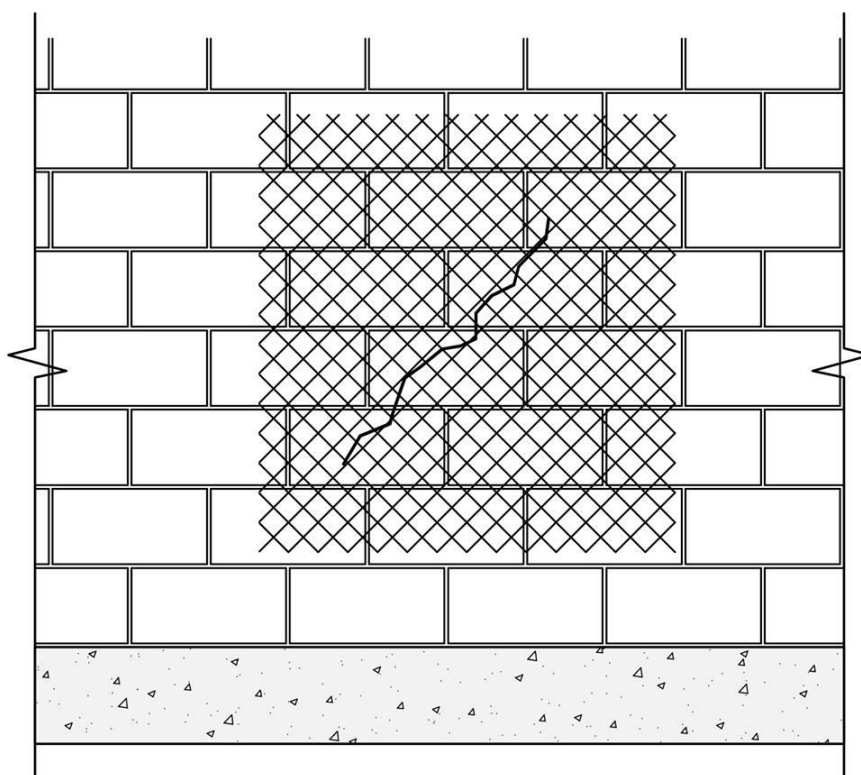
---

<sup>7</sup> HANAI, J. B. **Construções de argamassa armada**: fundamentos tecnológicos para projeto e execução. São Paulo: Pini, 2002.

- a) remover o revestimento argamassado existente na região fissurada;
- b) aplicar uma tela sobre a fissura garantindo que cubra toda a fissura e parte do entorno;
- c) realizar chapisco sobre a tela;
- d) refazer o revestimento argamassado.

A figura 19 apresenta a preparação de uma parede, com os detalhes da tela, para receber a argamassa.

Figura 19 – Tela metálica aplicada sobre fissura



(fonte: adaptado de THOMAZ, 1989, p. 162)

## 4.6 CONCRETO PROJETADO

Mohamad (2015, p. 200) afirma que “[...] essa técnica é comumente utilizada no reforço de parede de alvenaria visando suprir esforços aplicados tanto no próprio plano como fora do plano da parede.”.

A técnica consiste na aplicação de uma camada, previamente planejada, de concreto com a utilização de equipamentos, que deixarão esse concreto bem compacto, ou seja, com poucos vazios, o que acarretará em um aumento considerável da resistência da parede.

Cánovas<sup>8</sup> (1988 apud MOHAMAD, 2015, p. 200) salienta que “[...] a utilização de concreto no reforço de elementos estruturais possui uma grande vantagem econômica em relação a outras técnicas, além de apresentar outras vantagens, como a rapidez na execução e o comportamento adequado quanto à corrosão e ao fogo.”.

Mohamad (2015), conclui salientando que a maior desvantagem desta técnica é o tempo de cura necessário para poder ser aplicada carga na parede submetida ao reforço e, que para algumas edificações o aumento da espessura causado pelo concreto pode ser um contra indicativo.

Para a realização desta modalidade de reforço, podem ser utilizados os seguintes passos:

- a) remover o revestimento argamassado da parede a ser reforçada;
- b) utilizando equipamentos especiais, projetar o concreto na parede (podem ser inseridas barras de aço para aumentar a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede);
- c) refazer o revestimento.

A figura 20 apresenta a projeção de concreto em uma parede de alvenaria.

Figura 20 – Projeção de concreto



(fonte: Eigawady<sup>9</sup>, 2004 apud ARAÚJO, 2010, p. 30)

---

<sup>8</sup>CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Pini, 1988.

<sup>9</sup>EIGAWADY, M. **Seismic in-plane behaviour of URM walls upgrade with composites**, IS-IMAC, EPFL (Thesis Dissertation), Switzerland, 2004.

## 4.7 PROTENSÃO

A protensão é uma técnica que começou a se propagar na metade do século 20 na construção civil e, ao mesmo tempo que permite uma eficácia construtiva maior, ela exige um cuidado especial, pois ocorrendo acidentes com esses cabos, frequentemente os estragos são maiores do que com outras técnicas.

Cardoso (2013, p. 16) explica a principal vantagem da protensão na alvenaria estrutural:

A utilização de protensão tem a vantagem de permitir a adequação do sistema à fase construtiva no qual se encontra ajustado o nível de tensão admissível. De uma maneira geral, o uso da protensão permite aplicar uma tensão de compressão inicial (pré-compressão) no sistema, para diminuir ou zerar as tensões de tração que aparecerão quando a alvenaria estará em uso. Assim a protensão possibilita que as estruturas suportem esforços laterais elevados, mesmo quando apresentem maior esbeltez.

Mohamad (2015) explica que esse tipo de reforço é inserido, nos furos verticais dos blocos e ancorado nas extremidades, para incrementar força resistiva às tensões internas de tração da alvenaria e, também, para aumentar a capacidade resistente à flexão.

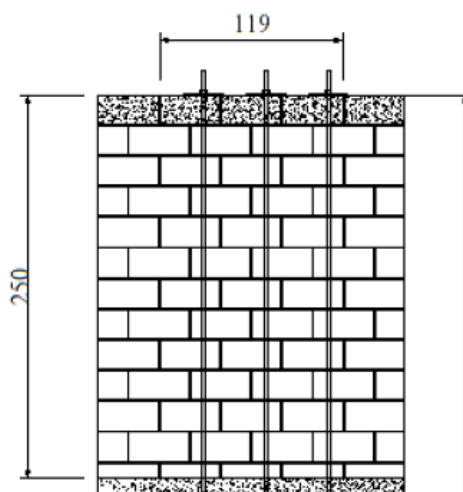
Um cuidado especial, segundo Cardoso (2013), é no sentido de proteção quanto à corrosão, já que as estruturas são reforçadas por um número pequeno de cabos, por isso é recomendado a aplicação de proteção dupla: pintura dos cabos com betume e envolvimento dos mesmos com uma fita impermeável.

Para a realização desta modalidade de reforço, podem ser utilizados os seguintes passos:

- a) inserir barras de aço rosqueadas em toda a sua extensão ou cordoalhas nos furos verticais da alvenaria;
- b) ancorar as barras nas duas extremidades;
- c) grautear a área em que estão posicionadas as ancoragens;
- d) protender as barras com a utilização de um torquímetro (para barras de aço rosqueadas) ou de um macaco hidráulico (para cordoalhas).

A figura 21 mostra a configuração de uma parede com cabos que serão protendidos.

Figura 21 – Protensão em parede



(fonte: CARDOSO, 2013, p. 66)

#### 4.8 BANDAGEM DE DESSOLIDARIZAÇÃO

Thomaz (1989) enaltece que diversos autores recomendam no caso de fissuras provocadas por movimentação higroscópica da parede, a utilização de bandagens de dessolidarização, que consiste na criação de uma espécie de junta de dilatação nos locais das fissuras, a qual é coberta por essa bandagem.

Os passos recomendados para executar esse tipo de recuperação, segundo o autor, são descritos abaixo:

- 1 remoção do revestimento da parede, numa faixa com largura de aproximadamente 10 a 15 cm;
- 2 aplicação da bandagem com distribuição regular para ambos os lados da fissura; as opiniões divergem quanto a largura da faixa, ficando compreendidas entre 2 a 10 cm;
- 3 aplicação de chapisco externamente à bandagem e recomposição do revestimento com argamassa de baixo módulo de deformação (traço 1:2:9 em volume).

Os principais materiais constituintes dessas bandagens são o saco de estopa, o esparadrapo, a fita crepe, o plástico e, atualmente é possível encontrar no mercado uma tela autoadesiva, denominada “tela-fix”, as quais são fabricadas com larguras tradicionais de 20 mm e 50 mm.

Sobre o funcionamento do sistema de bandagens, Thomaz (1989, p. 167) conclui:

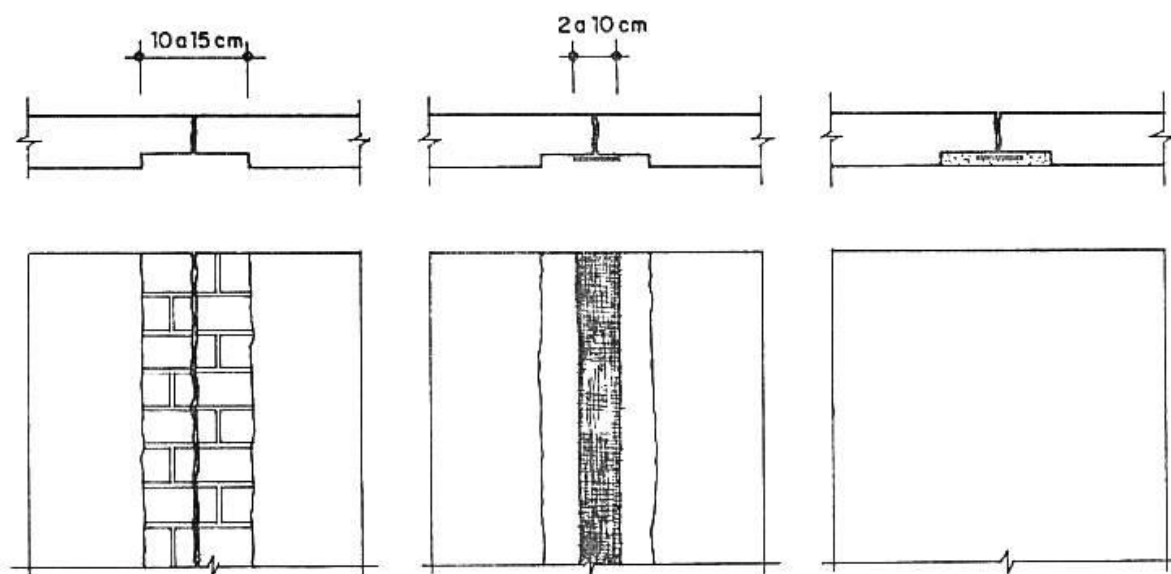
[...] o princípio de funcionamento da recuperação com bandagem é a absorção da movimentação da fissura por uma faixa de revestimento relativamente larga, não

aderente à base; desta forma, quanto melhor a dessolidarização promovida pela bandagem e quanto maior for a sua largura, menores serão as tensões introduzidas no revestimento pela variação na abertura da fissura e, portanto, menor a probabilidade da fissura voltar a pronunciar-se no revestimento.

Vale ressaltar que para movimentação higroscópica de parede, além das bandagens, outro método que pode ser utilizado com satisfação é o emprego da argamassa reforçada com tela metálica, já visto anteriormente no item 4.5. O emprego de cada uma vai depender de uma análise das condições da obra e disponibilidade de materiais, já que a execução não apresenta complicações, o que significa que não será necessária a utilização de mão de obra especializada, bastam orientações e acompanhamento por parte do engenheiro responsável.

A figura 22 apresenta a sequência de passos para a aplicação de uma bandagem de dessolidarização.

Figura 22 – Aplicação de bandagem de dessolidarização



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 166)

#### 4.9 FIBRAS POLIMÉRICAS (PRF)

Essencialmente as fibras poliméricas são um material compósito que, segundo Askeland e Phulé<sup>10</sup> (2006 apud MOHAMAD, 2015, p. 201) “[...] é produzido quando dois ou mais

<sup>10</sup> ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. **The Science and engineering of materials**. Ontario: Thomson, 2006.



materiais são combinados com o intuito de obter-se um novo material, com propriedades superiores as dos materiais constituintes e que continuam sendo identificáveis visualmente.“.

Araújo (2010) comenta que o grande atrativo desse tipo de reforço é aliar elevado resistência e baixa densidade, dando ao material muita eficiência. O autor completa informando que tanto para solicitações no plano da alvenaria, quanto para fora dele, os estudos experimentais estão sendo muito animadores.

Mohamad (2015) informa que a principal desvantagem em utilizar tal sistema advém do seu custo, que ainda é muito alto, assim, no momento o PRF é recomendado somente em situações onde suas propriedades tragam benefícios que não se possa obter por métodos tradicionais. Outro ponto ressaltado pelo autor é a durabilidade das estruturas reforçadas por esses polímeros, que pode aumentar muito, o que apesar do alto investimento pode o tornar viável.

Meier<sup>11</sup> (1995 apud MOHAMAD, 2015, p. 201) completa afirmando que se feita uma ponderação, levando em conta que aproximadamente 20% do custo de uma obra de reforço diz respeito aos materiais, sendo o restante atribuído à mão de obra e custos indiretos, o PRF deve ser uma alternativa a ser considerada.

Segundo o mesmo autor, o PRF é constituído basicamente de fibras de alto desempenho e de matriz polimérica. Sobre as fibras de alto desempenho, destaca:

As fibras de alto desempenho mais utilizadas para reforçar polímeros destinados ao reforço estrutural são as de carbono, aramida e vidro, embora fibras de boro, polietileno, poliéster, poliamida e basálticas possam, também, ser empregadas. Dependendo do tipo de fibra empregado na formação do compósito, a nomenclatura internacionalmente pode variar: compósitos com fibra aramida – PRFA; compósitos com fibra de carbono – PRFC; compósitos com fibra de vidro – PRFV.

Já sobre a matriz polimérica, é formada por uma resina, geralmente termofixa de base epóxi e, sua função principal é proteger as fibras. O autor ressalta que é extremamente importante que a matriz e as fibras sejam quimicamente compatíveis.

Mohamad (2015, p. 207) analisa os três tipos de fibras mais comuns no mercado:

A comparação qualitativa entre as fibras de carbono, vidro e aramida sugere que as três possuem características adequadas para aplicações estruturais. Na escolha da fibra deve-se levar em consideração o ambiente ao qual o reforço estará exposto e o

---

<sup>11</sup> MEIER, U. **Strengthening of structures using carbon fibre/epoxy composities**. Construction and Building Materials 1995. Edinburgh, p. 341–351, 1995.

incremento de carga demandado pela estrutura. Além disso, os custos diretos e indiretos de cada sistema devem ser avaliados, resultando em uma escolha que compatibiliza custos e necessidades estruturais. A maioria dos PRF utilizados como reforços de estruturas na construção civil, atualmente, usa fibras de carbono embebidas em uma matriz de base epóxi. Em algumas aplicações de menor visibilidade, compósitos de fibra de aramida e vidro também têm sido empregados com sucesso.

Quanto à utilização, existem dois métodos tradicionais de aplicação dessas fibras, os quais serão descritos abaixo.

#### **4.9.1 Método de aplicação do PRF colado**

As etapas para aplicação deste método, segundo Mohamad (2015, p. 210) são as seguintes:

- 1 limpeza, preparação e recuperação do substrato para que o sistema possa ser aderido com segurança;
- 2 imprimação da superfície sobre a qual será aplicado o reforço, com uma formulação de viscosidade mais baixa, quimicamente compatível, denominada *primer*, para consolidar o substrato e estabelecer uma ponte de aderência com a formulação adesiva que formará a matriz do compósito;
- 3 regularização e correção das imperfeições do substrato, com uma camada de resina tixotrópica, denominadas de *putty*, de modo a estabelecer um plano adequadamente nivelado para a aplicação do reforço;
- 4 colagem do reforço.

O autor destaca, ainda, que existem dois sistemas desse compósito colado, o pré-fabricado, em que a resina somente tem a função de ligar o compósito e o substrato, e o *in situ*, onde a resina tem função de matriz e adesivo.

#### **4.9.2 Método de aplicação de faixas laminadas ou barras de PRF inseridas em entalhes executados na alvenaria**

As etapas para aplicação deste método, segundo Mohamad (2015, p. 215) são as seguintes:

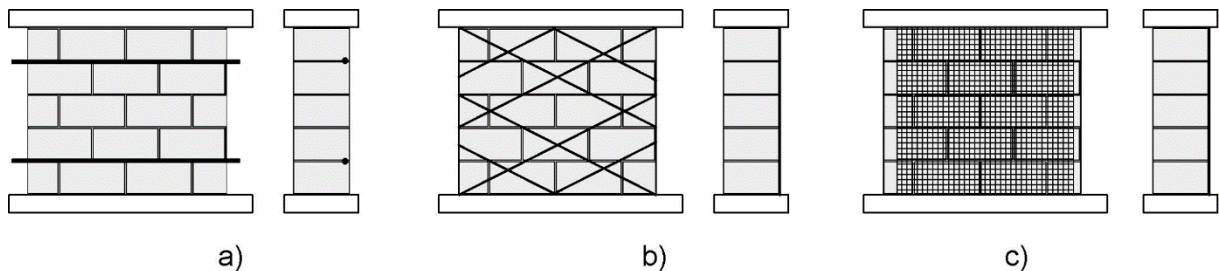
- 1 execução dos entalhes, com máquina de corte via seca;
- 2 limpeza dos entalhes com aplicação de jato de ar, visando deixar a superfície isenta de pó;
- 3 limpeza das barras ou laminados de CFRP com acetona ou produto indicado pelo fabricante, de forma que fiquem isentos de gordura e pó;

- 4 mistura dos componentes da resina;
- 5 aplicação da resina ao longo dos entalhes. No caso de utilização de laminados, a resina deve ser aplicada, também, em ambas as faces dos laminados, em camada uniforme de espessura de aproximadamente 1mm;
- 6 posicionamento do PRF no entalhe, atentando para a eventual formação de vazios e retirando possíveis excessos de resina.

O autor completa, frisando que no momento da aplicação se deve ter alguns cuidados, como a temperatura ambiente que não pode ser baixa, o recomendado é aproximadamente 20 °C, as superfícies também não podem estar molhadas, assim, deve-se atentar para umidades altas nos dias das aplicações.

A figura 23 apresenta três possíveis maneiras de aplicar o reforço com fibras poliméricas na alvenaria.

Figura 23 – Alternativas para aplicação de reforço PRF em parede de alvenaria: (a) barras inseridas próximas à superfície; (b) laminados dispostos em treliça; e (c) tecido de PRF colado.



(fonte: adaptado de Stratford et al.<sup>12</sup>, 2004 apud MOHAMAD, 2015, p. 208)

<sup>12</sup> STRATFORD, T.; PASCALE, G.; MANFRONI, O.; BONFIGLIOLI, B. Shear strengthening of masonry panels with shear glass-fiber reinforced polymer. **Journal of Composites for Construction**, p. 434-443, 2004.

## 5 ESTUDO DE CASO

Os conceitos apresentados nos itens anteriores, através da pesquisa bibliográfica, serão aplicados na análise de um edifício que vem apresentando patologias estruturais.

### 5.1 O EDIFÍCIO

O estudo de caso será realizado em um prédio que está localizado na zona sul de Porto Alegre e foi construído em alvenaria estrutural na década de 70. A edificação é de uso residencial, mede 40 metros de comprimento por 8 de largura, possui três pavimentos e faz parte de um conjunto de edifícios com características similares construídos no mesmo período. As fachadas norte (de maior dimensão) e oeste (de menor dimensão) do edifício podem ser visualizadas na figura 24. O telhado, importante no estudo de caso, é composto por duas águas encobertas pela platibanda.

Figura 24 – Fachadas do edifício do estudo de caso



(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.2 ANÁLISE DO EDIFÍCIO

Inicialmente foi feita uma análise do edifício em outubro de 2015, mês no qual as fissuras encontravam-se expostas, ou seja, ainda sem nenhuma espécie de reparo. A análise – feita in loco – foi acompanhada por uma moradora local que conduziu a visita por todo o perímetro externo da edificação e, posteriormente, possibilitou o acesso ao apartamento cujas manifestações patológicas eram mais evidentes.

No decorrer da visita, alguns dos moradores descreveram uma série de relatos referentes à origem das fissuras e suas complicações no interior do edifício. Em sua grande maioria, eles afirmaram que apesar da pré-existência das fissuras, elas se agravaram entre os anos de 2010 e 2012, período no qual Porto Alegre registrou recordes de temperaturas positivas no verão.

A moradora do apartamento mais atingido pelas patologias, situado no terceiro pavimento, comentou que por diversas vezes seu apartamento sofreu infiltração de água advinda das fissuras localizadas na parede e na laje superior, bem como, na interface delas.

Em agosto de 2016, foi realizada uma segunda visita ao local com o objetivo de constatar se teria ocorrido um agravamento das fissuras. Contudo, uma empresa já havia efetuado reparos internos e externos nas principais fissuras do edifício, o que impossibilitou verificar se estas haviam se estabilizado ou se continuavam a evoluir.

Desse modo, as visitas efetuadas e o trabalho de campo tiveram por finalidade:

- 1 identificação e registro fotográfico das manifestações patológicas nas áreas comuns, internas e externas, do prédio;
- 2 identificação e registro fotográfico das fissuras do apartamento localizado no último pavimento, o qual apresenta as patologias mais graves da edificação;
- 3 registro dos relatos de alguns moradores para tentar descobrir sobre o processo de formação das fissuras (quando surgiram, se já foram tratadas em algum momento, etc.);
- 4 obtenção de informações relativas à solução adotada na recuperação da parede com a fissura atualmente “fechada”, ou seja, recuperada.

### 5.3 APRESENTAÇÃO DAS FISSURAS

Após a análise das patologias existentes na edificação, foram selecionadas algumas das fissuras de maior relevância para o estudo, que serão abordadas na sequência.

#### 5.3.1 Parede externa e platibanda

No lado externo da edificação, mais precisamente nas proximidades da platibanda, encontram-se algumas das fissuras em estudo. A primeira, existente na interface da laje com a platibanda, se alonga por cerca de um quarto da dimensão longitudinal da edificação até a sua extremidade. A fissura é predominantemente horizontal e possui uma curvatura descendente próxima ao canto da edificação.

Enquanto que a segunda, parece ser uma continuação da fissura em curvatura apresentada na platibanda, porém, agora, essa patologia se estende verticalmente até a altura correspondente ao final da esquadria. A figura 25 apresenta tais patologias.

Figura 25 – Parede externa e platibanda fissuradas



(fonte: elaborado pelo autor)



### 5.3.2 Parede interna

No apartamento em estudo foram encontradas duas tipologias diferentes de fissura. A primeira encontra-se na interface da laje superior com a parede interna, se alongando horizontalmente por cerca de um metro a partir do vértice superior. Já a segunda, aparenta dar continuidade à primeira desde o vértice e encontra-se na face oposta à patologia presente na figura 25. A sua configuração é inicialmente diagonal, mas à medida em que vai descendo torna-se predominantemente vertical. Ambas as fissuras podem ser visualizadas na figura 26.

Figura 26 – Parede interna fissurada



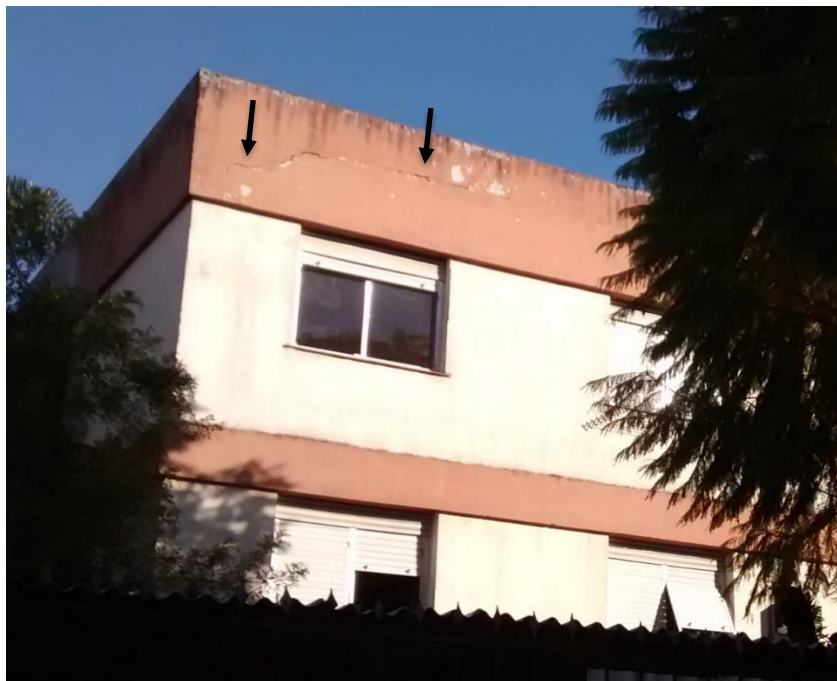
(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.3.3 Edifícios vizinhos

Somente a título de curiosidade, os edifícios vizinhos, que foram construídos na mesma época e local, estão apresentando patologias semelhantes. Isso é possível de perceber na figura 27,

onde a platibanda exibe fissuras com características muito similares (começam horizontais e se curvam conforme chegam nas extremidades do edifício) ao prédio do estudo de caso.

Figura 27 – Edifício vizinho fissurado



(fonte: elaborado pelo autor)

## 5.4 DIAGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Com o intuito de fazer uma análise mais completa dos fatores que podem ter causado as patologias anteriormente citadas, as fissuras serão isoladas e analisadas separadamente nos subitens a seguir.

### 5.4.1 Platibanda

As características apresentadas pela fissura na interface platibanda/laje, quando comparadas às observadas durante a pesquisa bibliográfica, levantam duas possibilidades como prováveis hipóteses para o surgimento das patologias. Essas duas possíveis causas serão exploradas na sequência.

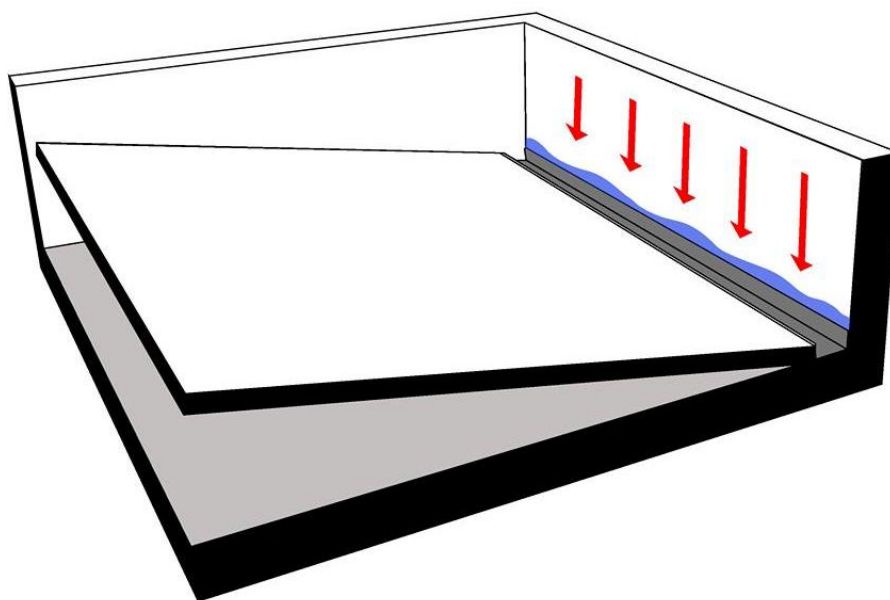


#### 5.4.1.1 Atividade Higroscópica

A atividade higroscópica é caracterizada pela absorção de água pela estrutura, normalmente por infiltração, capilaridade ou condensação, o que faz com que o elemento absorvente, após certo período de tempo, sofra expansões que geram na alvenaria fissuras horizontais principalmente em cantos desabrigados, bases de paredes e em platibandas.

Um dos fatores que fazem com que as platibandas sejam sujeitas a esse tipo de patologia é sua exposição a intempéries. Dependendo da direção e intensidade das chuvas, simultaneamente à ausência de uma vedação adequada entre a calha e a alvenaria, a água pode percolar e se infiltrar na base da platibanda. Essa infiltração é facilitada pela ausência de insolação no local que está protegido pela calha. Desse modo, as mudanças higroscópicas provocam variações dimensionais em materiais porosos como a argamassa que, com o aumento da umidade, se expande e gera fissuras entre elementos estruturais que tendem a restringir essa movimentação. A figura 28 apresenta uma ilustração onde é possível observar a forma com que a água percola na face interna da platibanda e se aloja na argamassa entre a laje e a alvenaria.

Figura 28 – Percolação de água na platibanda



(fonte: elaborado pelo autor)

#### 5.4.1.2 Movimentação diferenciada da laje de cobertura

As movimentações térmicas estão relacionadas tanto às propriedades físicas dos materiais quanto à intensidade da incidência solar nos mesmos. Logo, elementos estruturais com

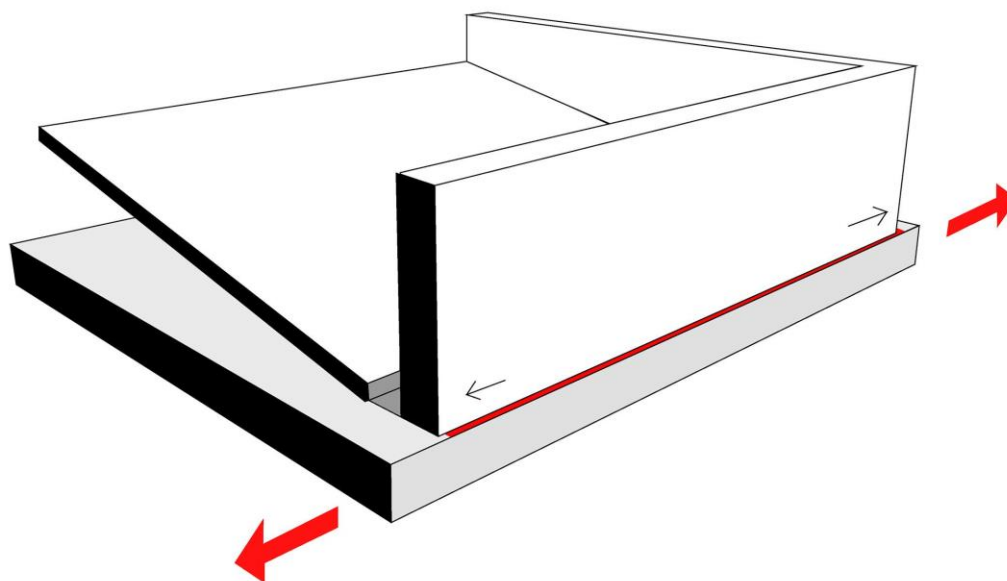
materiais diferentes a exemplo de uma laje e uma platibanda (de concreto e alvenaria) possuindo coeficientes de dilatações térmicas distintos, quando expostos a altas temperaturas, demonstrarão dilatações de intensidades desiguais. Isso é mais comum em lajes de cobertura, tendo em vistas que nesse local há maior exposição à luz solar atingindo níveis de temperaturas mais elevados, ainda que sombreadas por telhados.

A movimentação diferenciada da laje em relação aos demais componentes construtivos ocasiona uma das manifestações patológicas mais comuns em edifícios de alvenaria estrutural: fissuras horizontais próximas às interfaces laje/alvenaria. Essas junções, quando rígidas, tendem a restringir a movimentação térmica dos elementos estruturais, promovendo o surgimento de tensões. E dependendo do grau de restrição imposto pelos vínculos, bem como da intensidade da movimentação e das propriedades dos materiais, poderão gerar fissuras em decorrência da tentativa de aliviar as tensões atuantes.

As fissuras podem ser desenvolvidas tanto próximas à laje (acima ou abaixo) quanto na interface com outro elemento construtivo, causando a desvinculação entre ambos. O aparecimento dessas patologias é comum em paredes relativamente alongadas e com a presença de esquadrias, que tendem a enfraquecer o sistema estrutural.

Na figura 29 é possível notar, em vermelho, o destacamento dos elementos estruturais em função das movimentações térmicas de diferentes intensidades.

Figura 29 – Dilatação diferencial dos elementos da cobertura



(fonte: elaborado pelo autor)

É possível constatar a semelhança das fissuras apresentadas no estudo de caso com as da figura 30: predominantemente horizontais acompanhando a interface laje/platibanda com curvatura para baixo ao se aproximar da extremidade. O que sugere que uma possível causa para sua origem seja a movimentação da laje em virtude da variação térmica.

Figura 30 – Fissuras inclinadas no topo da parede (em ambas as extremidades) e destacamento da platibanda causados por movimentações térmicas



(fonte: THOMAZ, 1989, p. 28)

#### 5.4.2 Parede interna

Duarte (1998) ressalta que as fissuras verticais por movimentação térmica da laje ocorrem em paredes paralelas ao sentido predominante de dilatação e contração térmicas da laje de cobertura. Neste caso, a dilatação da laje gera tensões horizontais de tração, provocando a fissura vertical na parede de alvenaria.

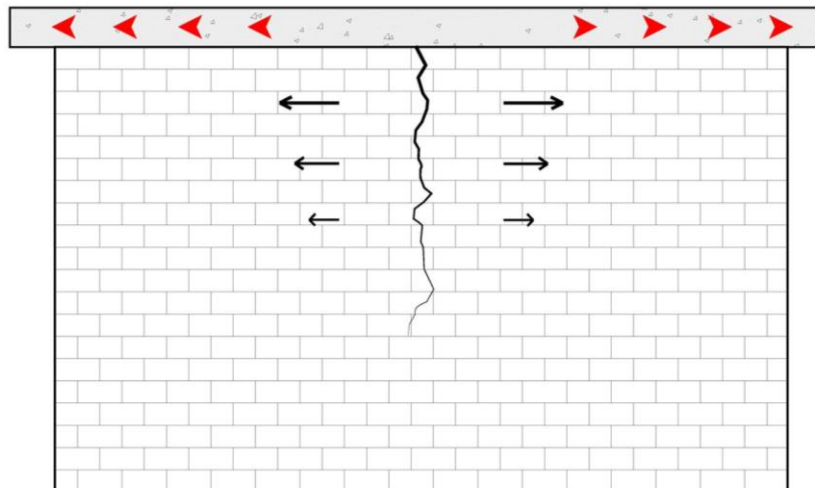
A fissura tem seu crescimento a partir da laje, região na qual possui maior abertura, e se estende verticalmente até aproximadamente a metade da parede, onde as tensões horizontais provenientes da laje são praticamente nulas e com isso, o tamanho de suas aberturas é reduzido. Essas fissuras também ocorrem nas proximidades dos cantos das edificações, em função da atuação da parede transversal que pode gerar um efeito de torção na parede adjacente.

Na figura 26 é possível notar que a fissura vertical, ao chegar na laje, se estende horizontalmente ao longo da parede transversal junto à interface laje/parede. Uma causa provável para essa situação está relacionada, também, à variação térmica dos componentes estruturais. Já que a

parede transversal tenta restringir as movimentações da laje e com isso acaba fissurando no ponto de encontro entre elas afim de aliviar as tensões cisalhantes.

A figura 31 representa as forças atuantes na alvenaria em função da movimentação térmica que motivam a formação de fissuras verticais.

Figura 31 – Fissura vertical causada por movimentação térmica



(fonte: adaptado de DUARTE, 1998, p. 16)

## 5.5 SOLUÇÕES

A seguir serão abordadas as soluções referentes às patologias apresentadas pelo edifício. Primeiramente serão tratadas medidas já adotadas pelo prédio, em seguida, serão descritas algumas soluções que podem ser utilizadas para solucionar as manifestações identificadas.

### 5.5.1 Soluções adotadas pelo condomínio

Alguns meses após os primeiros registros fotográficos, o condomínio contratou uma empresa para efetuar reparos nas fissuras. Tal ação foi adotada pois, além dos danos estéticos, a água infiltrava por meio das fissuras para dentro dos apartamentos. O que gerava reclamações constantes por parte dos moradores.

A solução adotada pela empresa, segundo os moradores, foi a de preenchimento das fissuras existentes com graute. Essa medida buscou simplesmente vedar a parede, para acabar com a infiltração de água para o interior do edifício, sem necessariamente resolver o problema do fato

gerador. A figura 32 e 33 mostram como ficaram as paredes interna e externa depois de realizados os reparos pela empresa contratada.

Figura 32 – Fissura interna com reparo efetuado



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 33 – Fissura externa com reparo efetuado



(fonte: elaborado pelo autor)

E conforme relataram os moradores do prédio, logo após essa intervenção, os problemas que eram correntes antes da reparação (como a percolação de água em dias de chuva) tornaram a aparecer com o tempo. Isso evidencia que a medida tomada não foi eficiente para solucionar o problema a longo prazo, somente a curto (uma vez que a solução adotada foi de caráter superficial e não estrutural, visando apenas atenuar o problema existente e não buscar uma solução efetiva).

### **5.5.2 Soluções possíveis**

A seguir serão expostas as soluções possíveis para as patologias identificadas, que serão separadas em dois tópicos: o fechamento das fissuras e a extinção do fato gerador das mesmas. O primeiro é de fácil resolução, possuindo várias técnicas usualmente adotadas na construção civil. Enquanto que o segundo demanda a realização de um procedimento de maior complexidade, sendo recomendado a contratação de profissionais capacitados para executar o reparo adequado.

#### **5.5.2.1 Quanto ao fato gerador**

Na fase do diagnóstico das patologias foram identificadas duas possíveis causas para o aparecimento das fissuras. A saber, atividade higroscópica e dilatação diferencial da laje. Ambas produzem patologias com características semelhantes às observadas no edifício, dessa forma, acredita-se que elas estejam atuando simultaneamente nas regiões afetadas. As soluções propostas para o caso de dilatação térmica são: desvinculação da laje e proteção térmica da cobertura. Enquanto que para solucionar o problema de atividade higroscópica propõe-se a impermeabilização do sistema que compõe a cobertura (calha e platibanda).

##### **5.5.2.1.1 Desvinculação da laje**

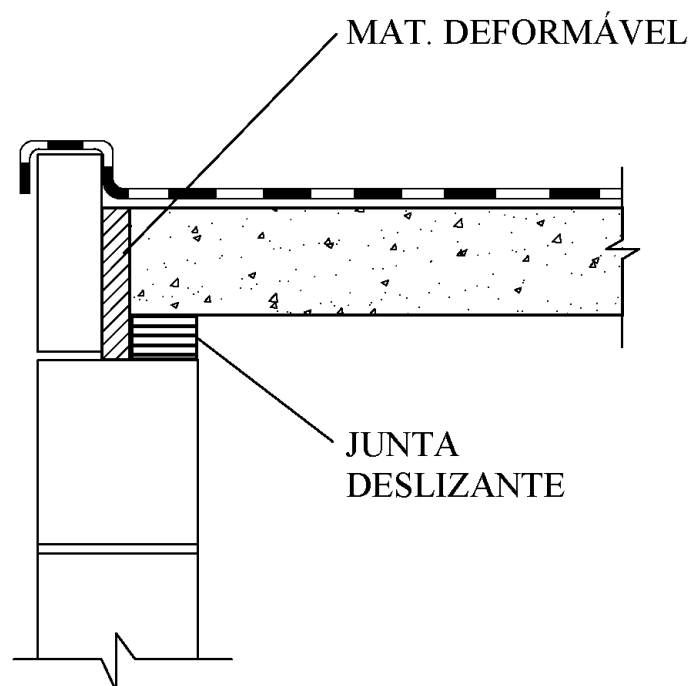
O método de desvinculação da laje propõe a separação física entre a laje e os elementos portantes a ela vinculados. Com isso, os componentes estruturais podem “trabalhar” de forma independente quando sujeitos a movimentações térmicas.

A desvinculação da laje é um procedimento que, por certo, deveria ser pensado na fase de projeto; uma vez que concluída a execução da estrutura, torna-se muito difícil efetuar modificações relevantes na mesma. Dessa forma, essa solução somente deve ser adotada a posteriori no caso de nenhuma outra técnica – de execução mais simples – ter alcançado a

eficácia desejada. Ademais, ao empregar essa técnica em uma obra já edificada, os custos tornam-se demasiadamente onerosos, além de demandar mão de obra especializada em razão dos perigos envolvidos ao se lidar com a separação de elementos estruturais. Todavia, apesar de sua complexidade, é relevante destacar a sua existência como possível medida, pois representa (tecnicamente falando) uma das soluções mais eficazes no combate a fissuras originárias da dilatação térmica.

O procedimento realizado para desvinculação da laje consiste na retirada da camada de argamassa que interliga a laje aos elementos portantes e, posterior preenchimento com uma junta deslizante (deformável). Tal sistema pode ser visualizado na figura 34.

Figura 34 – Junta deslizante entre laje de cobertura e alvenaria estrutural

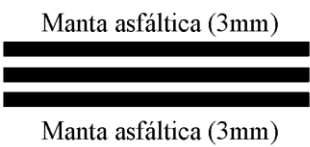
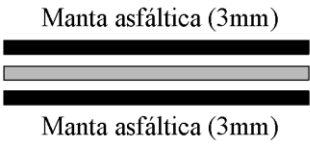
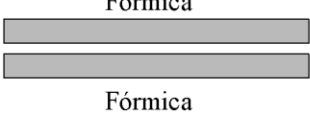

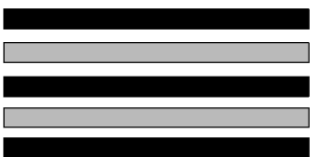


(fonte: adaptado de THOMAZ, 1989, p. 144))

Parsekian (2012) salienta que ao se executar as juntas, não é recomendado que existam tubulações elétricas atravessando esse sistema de juntas. Essa precaução se deve ao fato de que em muitos casos a movimentação acaba rompendo os eletrodutos.

Por fim, alguns autores recomendam um tipo de junta específica como sendo a ideal para esses casos, enquanto que Parsekian (2012) prefere apresentar 5 opções eficientes, bem como o modo correto de executá-las. Essas opções estão descritas na figura 35.

Figura 35 – Opções para junta deslizante sob laje de cobertura

Opção	Tipo de junta deslizante	Detalhe	Observação
1	Manta + manta + manta	 <p>Manta asfáltica (3mm)</p> <p>Manta asfáltica (3mm)</p> <p>Manta asfáltica (3mm)</p>	Manter o filme plástico da manta. Pode haver problema de durabilidade da manta.
2	Manta + PVC + manta	 <p>Manta asfáltica (3mm)</p> <p>PVC</p> <p>Manta asfáltica (3mm)</p>	Manter o filme plástico da manta na face do PVC. Pode haver problema de durabilidade da manta.
3	Fórmica + fórmica	 <p>Fórmica</p> <p>Fórmica</p>	Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica).
4	Perfil de borracha		Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil. Exemplo de fabricante: Borindus®.
5	Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta		

(fonte: adaptado de PARSEKIAN, 2012, p. 53)

#### 5.5.2.1.2 Proteção térmica na laje

O método da proteção térmica consiste em criar um sistema que proteja ao máximo a laje de cobertura da forte incidência solar. O sistema visa garantir que a laje não sofra grandes dilatações quando comparada ao restante da estrutura.

Parsekian (2012) afirma que esta solução, isoladamente, somente deve ser utilizada em casos onde não é possível a utilização das juntas horizontas (vistas no item anterior). Essa metodologia, segundo o autor, costumeiramente é aplicada sobre a laje com o emprego de



algum material isolante. Normalmente é utilizada uma camada de argila expandida com no mínimo 5 cm de espessura, ou blocos de concreto celular com no mínimo 15 cm de espessura. A figura 36 apresenta o uso de argila expandida.

Figura 36 – Argila expandida aplicada em laje



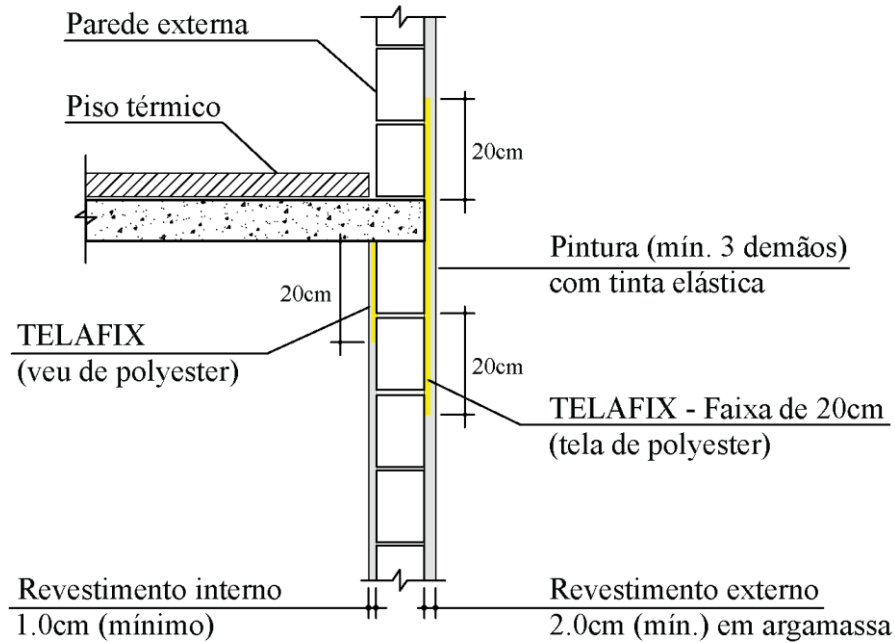
(fonte: OLIVEIRA, 2015)

Além da utilização de um dos materiais citados para a proteção térmica, o autor conclui alertando que essa técnica requer alguns cuidados, a saber:

- a) recomendável que seja feita em até três dias após a concretagem da laje (em caso de recuperação ou reforço esse intervalo de tempo obviamente não poderá ser cumprido);
- b) o revestimento interno deverá ser de argamassa ou de algum produto similar (nunca de gesso);
- c) é necessário prever reforços para o revestimento nas regiões próximas da laje de cobertura;
- d) é recomendável deixar a laje submersa, com uma lâmina de água de 3cm, por um período de aproximadamente 5 dias, após a execução do revestimento.

A figura 37 apresenta uma laje com proteção térmica e os devidos reforços necessários para o revestimento da cobertura.

Figura 37 – Execução de proteção térmica sobre laje de cobertura



(fonte: adaptado de Escritório Pedreira de Freitas)

#### 5.5.2.1.3 Proteção térmica no telhado

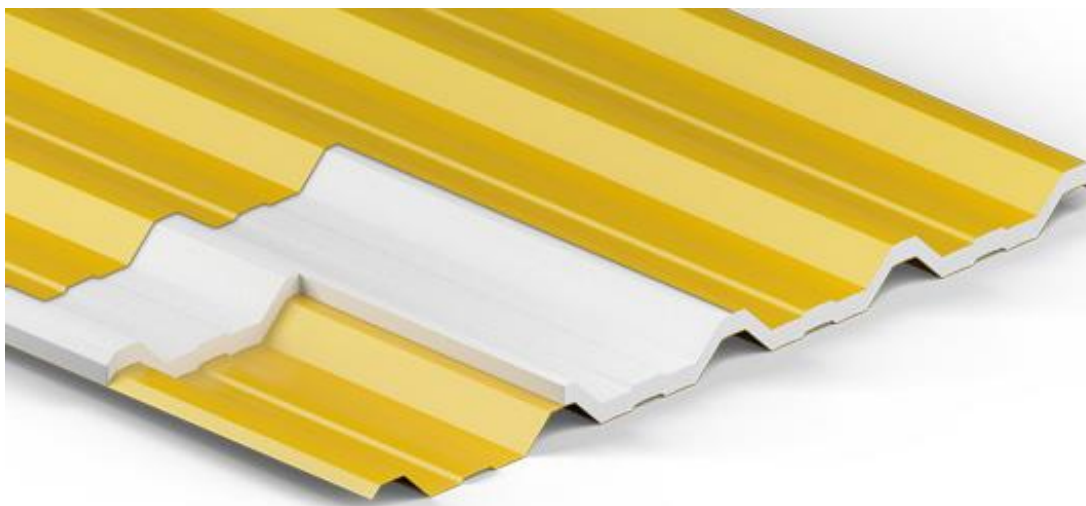
O método de proteção térmica do telhado, diferentemente do anterior, consiste em utilizar mecanismos para absorver o calor desde o telhado, não deixando com que chegue próximo à laje de cobertura. Um material muito empregado no mercado para realizar esse isolamento térmico são as telhas termoacústicas, também chamadas de telha sanduíche.

As telhas termoacústicas são compostas por três camadas: uma telha comum, seguida por um material com boas propriedades para o isolamento térmico e acústico (geralmente EPS, poliuretano ou lã de rocha) e, por último, uma outra camada de telha comum ou um forro.

Para fins de comparação, uma telha com cimento amianto possui um coeficiente de condutividade térmica de 0,65 kcal/h.m.C, enquanto que o poliuretano, utilizado como isolante nas telhas termoacústicas, possui apenas 0,017 kcal/h.m.C. Isso representa uma diferença de quase 39 vezes, o que comprova a eficiência das telhas tipo sanduíche quando empregadas na isolamento térmica de telhados..

Na figura 38 é possível visualizar uma telha termoacústica.

Figura 38 – Telha termoacústica



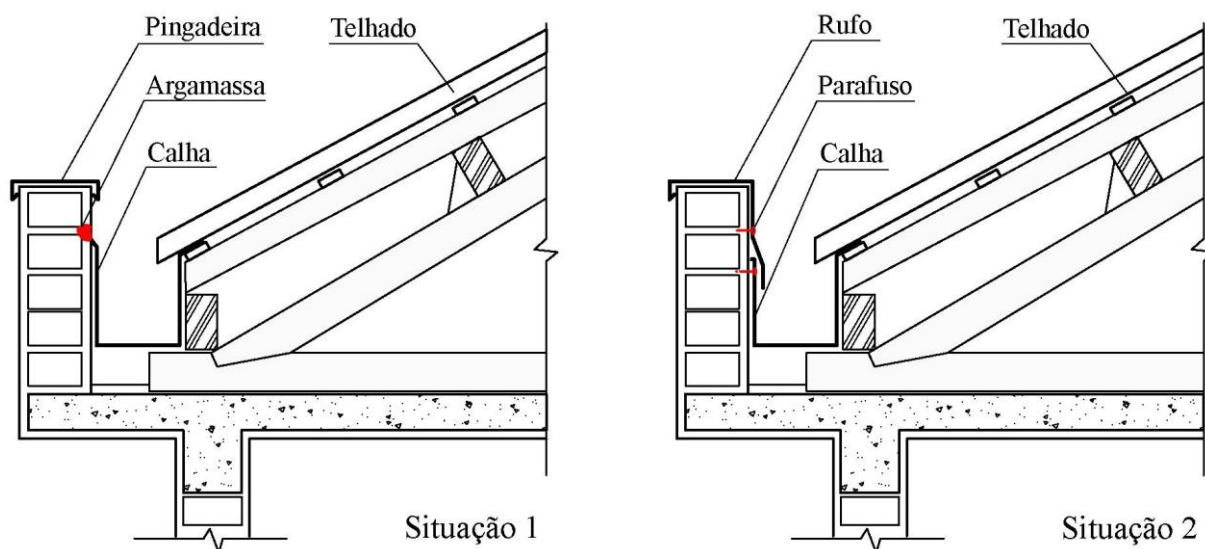
(fonte: CECCHINI, 2011)

#### 5.5.2.1.4 Impermeabilização do sistema calha-platibanda

O método da impermeabilização do sistema calha-platibanda consiste em evitar que a água percole entre a junção da calha com a platibanda. Quando a água vence essa barreira e se infiltra na base da platibanda, ela enfraquece a ligação da laje com a alvenaria podendo ocasionar fissuras nessa região. Dessa forma, a melhor maneira de evitar a ocorrência da atividade higroscópica no local é criando uma barreira física para que a água não consiga penetrar nessa área, ou seja, instalando corretamente a calha a fim de que ela atue como uma barreira de vedação da laje.

A calha pode ser executada de duas maneiras, conforme pode ser visualizado na figura 39. Na primeira situação, a parte superior da calha é fixada na própria alvenaria, ou seja, ela é chumbada com argamassa na platibanda. Já na segunda situação, a calha é parafusada (sendo o parafuso vedado com selante) na platibanda e, para uma segurança adicional, deve-se instalar um rufo que se alonga sobre a calha conferindo maior vedação ao sistema.

Figura 39 – Tipos de fixação de calhas



(fonte: elaborado pelo autor)

### 5.5.2.2 Quanto ao reparo das fissuras

Solucionado o problema quanto ao fato gerador e tendo em vistas a necessidade de correção estética da edificação, serão propostas soluções de reparo das fissuras existentes na alvenaria. É importante ressaltar que as medidas adotadas para a recuperação estrutural visam atenuar os antigos problemas geradores de fissuras, evitando assim o reaparecimento dessas patologias. Entretanto, as fissuras pré-existentes necessitam de um cuidado especial quanto à sua estabilidade, uma vez que elas podem eventualmente se agravar em decorrência de outros fatores não diagnosticados. Assim, as medidas corretivas devem não somente fechar as fissuras, mas também assegurar que as mesmas não voltem a surgir.

Algumas das possíveis técnicas a serem empregadas no reparo e estabilização das regiões fissuradas são: a inserção de tirantes metálicos perpendicularmente às fissuras, a utilização de argamassa armada sobre a parte fissurada ou a utilização de fibras poliméricas (PRF) coladas ou inseridas em entalhes na alvenaria.

### 5.5.3 Solução escolhida

A solução que será proposta, deve-se salientar, é apenas uma opção dentre várias alternativas que podem vir a solucionar os problemas das patologias analisadas. Dentre as opções estudadas, a solução adotada foi escolhida em razão de combater os dois prováveis agentes causadores das patologias, além de apresentarem um custo-benefício compatível com o padrão econômico da

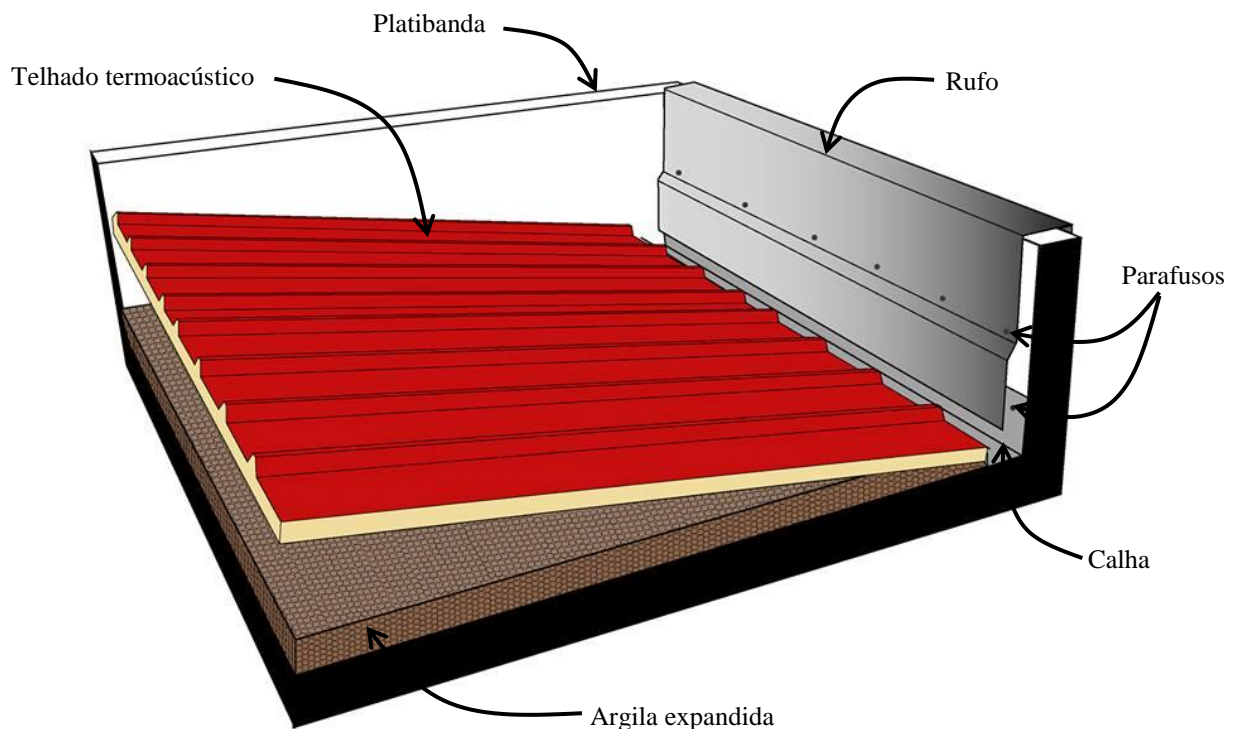
edificação. Assim como nas propostas apresentadas anteriormente, a solução a ser apresentada será dividida em duas partes. A primeira abordará a minimização do fator que está ocasionando as patologias, enquanto que a segunda, a solução para os estragos gerados na alvenaria.

#### 5.5.3.1 Proposta quanto ao fato gerador

Conforme as soluções apresentadas anteriormente, a desvinculação da laje e a proteção térmica se enquadram nas opções mais utilizadas em situações que envolvem movimentações térmicas. Desse modo a solução para o estudo de caso envolve unicamente a utilização da proteção térmica e a impermeabilização do sistema calha-platibanda. A seguir, serão abordadas as soluções escolhidas em subtópicos.

A figura 40 apresenta a solução proposta:

Figura 40 – Telhado termoacústico com argila expandida e calha com rufo



(fonte: elaborado pelo autor)

#### *5.5.3.1.1 Proposta para a proteção térmica*

Normalmente quando empregada apenas a solução da proteção térmica (sem a desvinculação da laje) é recomendável que a sua execução seja feita com argila expandida ou com blocos de concreto celular. Em vista da facilidade de espalhar a argila, que se molda rapidamente em qualquer superfície, a mesma será escolhida para servir de proteção térmica à laje de cobertura. E além de ser um sistema mais leve (se comparado aos blocos de concreto celular), a argila expandida também contribui para a melhoria do conforto térmico e acústico da edificação. Para a sua execução, devido à baixa inclinação do telhado existente, seria necessário remover parte do telhado para realizar a distribuição da argila na laje. Com isso, é proposto que se remova o telhado por inteiro (aproveitando o fato de que o mesmo encontra-se em mau estado de conservação) e o substitua por um telhado termoacústico.

Para a utilização deste método é importante destacar alguns pontos relevantes:

- 1 o fornecimento pode ser a granel ou em sacos de 50 litros. A vantagem do primeiro é que pode ser adquirido por um preço menor, enquanto que o segundo apresenta maior facilidade de transporte até a cobertura;
- 2 existem dois tipos de granulometria recomendadas nessas situações, a escolhida foi a equivalente a brita 1, pois é possível atingir uma espessura inferior a 10 cm, ao contrário da equivalente a brita 2 que exige um enchimento superior a 10 cm;
- 3 deve-se ter cuidado com o armazenamento das telhas, uma vez que o material termoisolante de seu interior não pode entrar em contato com a água;
- 4 o assentamento das telhas deve ser iniciado no sentido oposto aos ventos predominantes na região, sempre da beira para a cumeeira;
- 5 a fixação das telhas deve ser feita na onda alta da telha, pois nesse ponto não há acúmulos de águas pluviais.

#### *5.5.3.1.2 Proposta para a impermeabilização do sistema calha-platibanda*

Para a solução do problema relacionado à atividade higroscópica é proposto um sistema de proteção à cobertura: uma calha e um rufo interno com pingadeira. Enquanto as calhas atuam na coleta das águas pluviais, os rufos servem para proteger as paredes expostas e evitar infiltrações nas juntas entre telhado e parede. Já a pingadeira, auxilia na proteção da parede externa, desviando a água da chuva e impedindo que a mesma escorra pela parede ou se infiltre no topo da platibanda.

Com calhas e rufos bem dimensionados evitam-se diversos danos causados pela percolação de água, como por exemplo, rachaduras, corrosões, umidade excessiva nas paredes, desgaste da alvenaria e pintura. A umidade que é gerada na parede (no caso, a platibanda), é uma das possíveis causas detectadas como responsáveis pelo surgimento de fissuras junto à cobertura. Desta maneira, o sistema proposto visa garantir a estanqueidade da ligação laje-platibanda e pode ser executado da seguinte maneira:

- 1 Dimensionar as calhas considerando através da NBR 10844, que descreve os procedimentos para as instalações prediais de água pluviais;
- 2 Definir o material em que será fabricada a calha (normalmente PVC ou aço galvanizado);
- 3 Fixar a calha no telhado e na platibanda com o uso de parafusos vedados com selante (silicone ou semelhante);
- 4 Instalar suportes na calha a cada no máximo 90cm para auxiliar na sustentação da mesma nos casos em que estiver cheia;
- 5 Fixar o rufo interno com a pingadeira por meio de parafusos vedados com selante localizados no topo da platibanda e em seu lado interno.

#### 5.5.3.2 Proposta quanto ao reparo das fissuras

Referente ao reparo das fissuras apresentadas pelo edifício, o método selecionado foi o da utilização de argamassa armada. A eficácia e facilidade de aplicação foram fatores preponderantes na escolha da técnica a ser empregada.

As etapas recomendadas para o reparo das fissuras com a utilização de argamassa armada serão listadas nas alíneas abaixo:

- 1 remover toda a camada de revestimento por uma largura de aproximadamente 25 cm em ambos os lados da fissura;
- 2 garantir que toda a poeira e materiais soltos sejam eliminados com a limpeza do local. Essa limpeza pode ser feita com o auxílio de uma trincha;
- 3 colocar a tela sobre a fissura transpassando aproximadamente 20 cm em cada lado. Para a sua fixação pode ser utilizado pequenos pregos ou cravos metálicos;
- 4 aplicar sobre toda a área sem revestimento uma camada de chapisco;
- 5 refazer o revestimento argamassado;
- 6 pintar o local reparo com a denominada tinta emborrachada, que é uma tinta acrílica com característica elástica, que possui um filme flexível com a capacidade mecânica de acompanhar a dilatação e a retração de paredes de alvenaria e concreto, causadas pelas variações de temperatura. Além disso,



possui boa capacidade para combater as infiltrações proveniente da chuva e da umidade, assim evitando a degradação pela atividade higroscópica;

- 7 repetir o passo a passo nas demais fissuras.

Dessa forma, as fissuras existentes na edificação permanecerão fechadas sem comprometer a estrutura ou a estética do edifício.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo a realização de uma pesquisa sobre as principais patologias e métodos de recuperação/reforço da alvenaria estrutural ao qual as edificações são comumente submetidas.

Com o intuito de pôr o conhecimento em prática, foi realizado um estudo de caso em um edifício residencial localizado na cidade de Porto Alegre. O edifício, objeto do estudo, apresentava patologias estruturais e de revestimento que, em função do negligenciamento, continuavam a se agravar. Para tanto, foram realizadas duas visitas ao local, acompanhadas de registros fotográficos e entrevistas, com a finalidade de analisar os danos causados interna e externamente no edifício pelas patologias.

Na busca por soluções para o problema de fissuras, tornou-se oportuno separar os problemas em duas situações: quanto ao fato gerador e quanto ao reparo e fechamento das fissuras. O primeiro, e mais grave, representa a união de fatores que ocasionaram o surgimento das fissuras. Já o segundo, de solução mais simples, aborda o reparo da fissura em si, que nada mais é do que uma consequência do problema anterior.

Elaboradas as soluções possíveis, foi feita uma análise de qual seria a mais indicada para o caso em questão. Para a escolha, foram levados em conta requisitos como a eficácia em relação a extinção dos problemas, e também, a possibilidade de implementação da solução in loco, considerando a disponibilidade dos insumos necessários, mão de obra e custo total da reforma.

Por fim, a solução eleita – com base nas recomendações de autores presentes na pesquisa bibliográfica - abrange uma descrição em forma de roteiro dos métodos de reparo das fissuras, bem como, da eliminação do fato gerador. Contemplando dessa forma, uma proposta que visa interromper o desenvolvimento das fissuras e, ainda, reestabelecer a integridade estética da edificação.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.837**: cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10.844**. instalações prediais de águas pluviais - procedimento. Rio de Janeiro, 1989.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.961-1**. alvenaria estrutural – blocos de concreto. Parte 1: projeto. Rio de Janeiro, 2011.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15.575**. edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6.118**. projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ARAÚJO, A. S. **Estudo do Reforço de edifícios em alvenaria resistente por perfis metálicos**. 2010. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.
- BAUER, R. J. F. Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto. **Revista Prisma**: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural, São Paulo, v. 5, p. 33–38. Disponível em: <[http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5\\_Prisma\\_20.pdf](http://www.revistaprisma.com.br/caderno/CT5_Prisma_20.pdf)> Acesso em: 3 nov. 2015.
- CARDOSO, R. **Alvenaria estrutural protendida**: princípios e aplicação. 2013. 77 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.
- CECCHINI, M. Telhas para controle térmico e acústico. **Dicas da arquiteta**. 2011. Disponível em: <<http://dicasdaarquiteta.ig.com.br/index.php/2011/05/26/telhas-para-controle-termico-e-acustico/>> Acesso em: 20 nov. 2016.
- DUARTE, R. B. **Fissuras em alvenarias**: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998, (Boletim técnico, 25).
- FREITAS, A. A. de. **Análise numérica e experimental de comportamento de prismas e miniparedes submetidos à compressão**. 2008. 289 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- FREITAS, A. G. P. de. **Caderno de recomendações**: alvenaria estrutural. São Paulo: Escritório Pedreira de Freitas, 2010. Caderno técnico, revisão 2.
- HOLANDA JÚNIOR, O. G. de. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- HOLANDA JÚNIOR, O. G. de.; RAMALHO, M. A. Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, v. 10, n. 44, p. 95–128, 2008.

IZQUIERDO, O. S. **Estudo da interface bloco/graute em elementos de alvenaria estrutural**. 2015. 322 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

LOTURCO, B. Fissuras no último pavimento, **Téchne**, São Paulo, Pini, n. 99, jun. 2005. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/99/artigo285353-1.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

MACHADO, A. P. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. 1 ed. São Paulo: Pini, 2002.

MOHAMAD, G. (coord.) **Construções em alvenaria estrutural: materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

OLIVEIRA, F. L. de. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada**. 2001. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

OLIVEIRA, R. Medidas sustentáveis para residências. **Falando em arquitetura**, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://rodrigooliveiraarquitectura.wordpress.com/tag/sustentabilidade/>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

PARSEKIAN, G. A.; DEANA, D. F.; BARBOSA, K. C.; INFORSATO, T. B. Retração em alvenaria de blocos de concreto. **Revista Prisma: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural**, São Paulo, v. 4. p. 31–38, mar. 2006.

PARSEKIAN, G.A. (org.) **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto**. 1 ed. São Carlos: EduFSCar, 2012.

PEÑA, M. R. G. **Estudo da fissuração associado à retração em argamassas para reparo em estruturas de concreto**. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

RANGEL, G. W. A. **Avaliação do desempenho estrutural de painéis de alvenaria de blocos de concreto reforçados com PRFC**. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. 2007. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SAMPAIO, M. B. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.

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

TAGHDI, M.; BRUNEAU, M.; SAATCIOGLU, M. Seismic retrofitting of low-rise masonry and concrete walls using steel strips. **Journal of Structural Engineering** **2000**. p. 1017-1025, 2000.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1989.

VERÇOSA, E. J. **Patologia das edificações**. 1 ed. Porto Alegre: Sagra, 1991.