

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ CARLOS ZANZARINI

**ANÁLISE DAS CAUSAS E RECUPERAÇÃO DE FISSURAS EM  
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL –  
ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

JOSÉ CARLOS ZANZARINI

**ANÁLISE DAS CAUSAS E RECUPERAÇÃO DE FISSURAS EM  
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL –  
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC 2, do curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Sergio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

### ANÁLISE DAS CAUSAS E RECUPERAÇÃO DE FISSURAS EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM ALVENARIA ESTRUTURAL – ESTUDO DE CASO

por

**José Carlos Zanzarini**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19h do dia 14 de junho de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Me. Adalberto Luiz R. de Oliveira**  
( UTFPR )

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Fabiana Goia R. de Oliveira**  
( UTFPR )

**Prof. Sérgio Roberto Oberhauser**  
**Quintanilha Braga**  
(UTFPR)  
***Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:  
**Prof. Dr. Marcelo Guelbert**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.*

Em memória de meu pai, Antonio Zanzarini e de minha mãe, Maria Czepick Zanzarini por estarem sempre presentes na forma de tudo que me ensinaram e sobretudo a Deus, pelo dom da vida e por ter preparado o cenário onde mais um capítulo de minha história pudesse ser escrito.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, pelo dom da vida, e aos meus pais Antônio Zanzarini, por ter me ensinado a viver com dignidade e responsabilidade e Maria Czepick Zanzarini, pelo amor e pelos cuidados que dispensou todos os dias em meu benefício.

À minha esposa Patrícia Silva de Campos, companheira, que por meio da sua compreensão, sempre esteve ao meu lado em todos os momentos.

Ao meu orientador Professor Sérgio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga, pelo apoio e disposição no desenvolvimento de cada etapa deste trabalho.

A todos os professores, por desempenharem com dedicação e competência a tarefa sublime de compartilhar o conhecimento, permitindo que pudéssemos desenvolver novas habilidades, necessárias para bom desempenho do trabalho profissional.

Aos meus novos amigos, colegas de curso, companheiros e cúmplices nessa jornada, por todos esses anos em que compartilhamos o mesmo caminho, as mesmas alegrias, as mesmas apreensões.

Aos amigos de sempre, que mesmo sem perceber, contribuíram nos momentos de atenção ou descontração, estando perto ou distante, permanecemos sempre juntos em nossos pensamentos.

## RESUMO

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – Estudo de caso**. 2016. 82 f. TCC (Curso de Engenharia Civil) – Departamento acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

O presente trabalho apresenta uma investigação teórica sobre a técnica construtiva em alvenaria estrutural, suas características e as formas mais frequentes de patologias que afetam esse tipo de edificação, especificamente a formação de fissuras. Tem como objetivo principal executar um estudo de caso em uma edificação residencial construída em alvenaria estrutural, localizada no município de campo mourão-Pr, com a finalidade de identificar as fissuras existentes e determinar, por meio de sua forma, espessura e atividade, os mecanismos responsáveis pela sua formação e, deste modo, propor as técnicas corretivas mais adequadas a serem executadas, com a finalidade de restabelecer a funcionalidade da edificação, assim como determinar as medidas complementares necessária para preservar a estrutura da ação dos agentes patológicos.

**Palavras-chave:** Fissuras. Alvenaria estrutural. Estudo de caso.

## ABSTRACT

ZANZARINI, José Carlos. **Analysis of causes and recovery of fissures in the residential building in structural masonry - Case Study**. 2016. 82 f. TCC (Curso de Engenharia Civil) – Departamento acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

This work presents a theoretical investigation on the constructive technique in masonry structural, its characteristics and the most frequent forms of pathology that affect this type of building, specifically the formation of fissures. It has as main objective to perform a case study in a residential edification built in masonry structural located in the city of Campo Mourão – PR with the purpose to identify the existing fissures and determine, through its shape, thickness and activity, the mechanisms responsible for its formation and thus propose the most appropriate corrective techniques to be performed with the purpose to restore the functionality of the building, as well as, determine the complementary measures necessary to preserve the structure of the pathological agents' action.

**Key-words:** Fissures. Masonry Structural. Case Study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Paredes de vedação. As vigas e pilares transferem as tensões às fundações .....	17
Figura 2 – Alvenaria autoportante x alvenaria de vedação .....	17
Figura 3 – Modelo construtivo utilizando alvenaria estrutural não armada.....	18
Figura 4 – Modelo construtivo utilizando alvenaria estrutural armada.....	19
Figura 5 – Fatores que causam recalques diferenciais em fundações.....	27
Figura 6 – Propagação de trincas causadas por recalque diferencial .....	28
Figura 7 – Fissuração causada por sobrecarga distribuída verticalmente .....	31
Figura 8 – Trincas horizontais provenientes de sobrecarga ou flexocompressão .....	32
Figura 9 – Fissuração no entorno da abertura em parede solicitada por sobrecarga vertical uniforme .....	32
Figura 10 – Ruptura localizada devida a aplicação de cargas concentradas.....	32
Figura 11 – Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido ao efeito térmico .....	34
Figura 12 – Movimentação em laje de cobertura sob ação da elevação da temperatura .....	35
Figura 13 – Trinca típica no topo da parede paralela ao comprimento da laje.....	35
Figura 14 – Fissura em paredes longas e com aberturas .....	35
Figura 15 – Fissura vertical em meio à parede .....	36
Figura 16 – Fissuras em parede externa causadas pela retração da laje de cobertura .....	37
Figura 17 – Fissuras na argamassa de revestimento.....	38
Figura 18 – Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical .....	39
Figura 19 – Trinca horizontal na base da alvenaria devido à umidade do solo.....	40
Figura 20 – Fissura vertical causada pela expansão dos blocos cerâmicos .....	40
Figura 21 – Fissura horizontal na interface peitoril/esquadria .....	41
Figura 22 – Fissuras horizontais provocadas pela expansão da argamassa de assentamento.....	42
Figura 23 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes de ataque por sulfatos.....	43
Figura 24 – Regra da mediatriz apontando para a possível causa da fissura.....	43
Figura 25 – Recuperação de fissuras por meio da abertura de sulco .....	45



Figura 26 – Reparo com uso de tela de poliéster.....	46
Figura 27 – Recuperação de fissuras com emprego de bandagem de dessolidarização .....	47
Figura 28 – Recuperação de fissura com introdução de grampos de aço .....	48
Figura 29 - Desvinculação entre a parede fissurada e o componente estrutural superior: .....	49
Figura 30 – Utilização de telas de aço para reforço da alvenaria.....	50
Figura 31 – Injeção de Graute em parede de alvenaria estrutural .....	51
Figura 32 – Reforço de alvenaria com tirante de aço.....	52
Figura 33 – Aplicação de compósitos em barras verticais .....	54
Figura 34 – Aplicação de compósitos em barras verticais .....	54
Figura 35 – Fachada da residência em análise.....	57
Figura 36 – Fissura observada no canto inferior de janelas.....	59
Figura 37 - Fissura observada no vértice superior da abertura da esquadria .....	60
Figura 38 - Fissura observada no canto superior de portas internas .....	60
Figura 39 – Fissura horizontal na base da esquadria.....	61
Figura 40 – Fissura entre a laje e a alvenaria .....	62
Figura 41 – Mediatriz aponta origem térmica da fissura, entre laje e alvenaria .....	63
Figura 42 – Fissuras mapeadas de origem térmica .....	63
Figura 43 – Fissuras mapeadas de origem térmica .....	64
Figura 44 – Fissura causada por movimentação higroscópica na base da alvenaria.....	65
Figura 45 – Mediatriz apontando mecanismo causador da fissura .....	66
Figura 46 – Fissura transversal devido a recalque diferencial.....	66
Figura 47 – Fissura transversal devido a recalque diferencial.....	67
Figura 48 – Fissura transversal devido a recalque diferencial.....	67
Figura 49 – Traçado da mediatriz.....	68
Figura 50 – Localização das imagens na edificação .....	69
Figura 51 – Verificação de atividade da fissura decorrente de recalque diferencial..	70
Figura 52 – Verificação de atividade da fissura decorrente de movimentação higroscópica .....	71
Figura 53 – Verificação de atividade da fissura decorrente de variação térmica.....	71
Figura 54 – Localização das fissuras na edificação .....	73

## LISTA DE SÍMBOLOS

<i>ABNT</i>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
$f_{ck}$	Resistência característica do concreto à compressão
<i>MPa</i>	Mega Pascal
<i>NBR</i>	Norma Brasileira

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>14</b>
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
4.1 BREVE HISTÓRICO .....	15
4.2 O ELEMENTO ALVENARIA .....	16
4.2.1 Alvenaria de Vedação.....	16
4.2.2 Alvenaria Estrutural .....	17
4.3 ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES .....	22
4.3.1 Patologias Decorrentes de Erros no Projeto.....	22
4.3.2 Patologias Decorrentes de Erros de Execução .....	22
4.3.3 Patologias Decorrentes de Erros na Fase de Utilização da Edificação .....	23
4.3.4 Sintomas.....	24
4.4 FISSURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....	24
4.4.1 Classificação Das Fissuras.....	24
4.4.2 Mecanismos de Formação de Fissuras em Paredes de Alvenaria Estrutural.....	26
4.5 REGRA DA MEDIATRIZ.....	43
4.6 RECUPERAÇÃO DE FISSURAS E REFORÇO DA ESTRUTURA .....	44
4.6.1 Restauração com Pintura Acrílica.....	45
4.6.2 Aplicação de Tela de Poliéster .....	45
4.6.3 Recuperação com Bandagem de Dessolidarização .....	46
4.6.4 Recuperação com Grampos de Fixação.....	47
4.6.5 Substituição das Juntas de Assentamento .....	48
4.6.6 Substituição do Revestimento .....	49
4.6.7 Argamassa Armada e Reboco Armado .....	49
4.6.8 Substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas .....	51
4.6.9 Injeção de graute ou resina epóxi expansiva.....	51
4.6.10 Protensão .....	52
4.6.11 Recuperação de Revestimentos Rígidos.....	52
4.6.12 Adição de vigas e colunas de aço .....	53

4.6.13 Reforço com materiais compósitos FRP.....	53
<b>5. METODOLOGIA .....</b>	<b>55</b>
5.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA.....	55
5.2 PESQUISA DESCRITIVA.....	56
5.3 ANÁLISE E RESULTADOS .....	56
<b>6. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>57</b>
6.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO IMÓVEL .....	57
6.2 VISITA AO LOCAL E COLETA DE DADOS .....	58
6.3 RELAÇÃO DAS FISSURAS OBSERVADAS .....	58
6.3.1 Fissuras nas Aberturas de Portas e Janelas .....	59
6.3.2 Fissuras Horizontais Existentes Entre Laje e Alvenaria.....	62
6.3.3 Fissuras Mapeadas .....	63
6.3.4 Fissuras Horizontais na Base da Alvenaria .....	64
6.3.5 Fissuras Horizontais à Meia Altura da Alvenaria .....	66
6.3.6 Fissuras Transversais.....	66
6.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE DAS FISSURAS.....	70
6.4.1 Resultado da Análise da Atividade das Fissuras .....	71
6.5 MAPA DE FISSURAS .....	72
6.6 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO INDICADAS PARA AS FISSURAS OBSERVADAS.....	74
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>77</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual as paredes desempenham, além da vedação, função resistente, devendo suportar e transferir as tensões provenientes de seu peso próprio e dos carregamentos da edificação às fundações.

Segundo Ramalho (2003, p. 10) é uma técnica construtiva baseada na racionalização, proporcionando algumas vantagens em relação aos sistemas convencionais, como redução significativa na utilização de revestimentos argamassados, redução nos desperdícios de materiais e mão-de-obra, redução do número de especialidades, economia de formas além de oferecer flexibilidade no ritmo de execução da obra.

Esse sistema construtivo tem experimentado um expressivo avanço no Brasil nas últimas décadas, devido especialmente à estabilização da economia e à concorrência entre as empresas, que buscam a redução dos custos e a pesquisa e utilização de novos materiais (RAMALHO, 2003, p. 6).

Porém, em decorrência de falhas construtivas, deficiência ou erros de projeto ou ainda falhas provocadas na fase pós-ocupacional pelo mau uso do imóvel, problemas patológicos poderão se originar e provocar defeitos que podem comprometer a segurança e a durabilidade da edificação na fase de ocupação. A maioria das patologias que podem afetar uma edificação nessa fase causam sintomas visíveis e pelas suas características permitem determinar o agente causador, possibilitando que medidas corretivas possam ser implementadas.

De acordo com Holanda Jr. (2008, p. 96), as fissuras são as causas mais frequentes de falha de desempenho em alvenarias, pois os materiais utilizados em sua fabricação, tais como cerâmicas e concreto, assim como a argamassa utilizada, são frágeis, apresentando baixa resistência à tração.

Dessa forma, o presente trabalho terá como finalidade a identificação das fissuras em um imóvel residencial construído em alvenaria estrutural e, por meio de suas configurações e histórico de ocorrência, diagnosticar suas origens e propor as medidas corretivas mais adequadas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os mecanismos responsáveis pela formação de fissuras em uma edificação residencial construída em alvenaria estrutural localizada na cidade de Campo Mourão-PR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar os mecanismos responsáveis pela formação de fissuras em edificações residenciais construídas em alvenaria estrutural;
- Analisar as fissuras existentes na edificação em estudo estabelecendo suas causas de acordo com suas configurações;
- Determinar as medidas corretivas mais adequadas para a recuperação da edificação.

### 3. JUSTIFICATIVA

A expansão do mercado imobiliária ocorrido nos últimos anos e a concorrência entre as empresas do setor da construção civil exigiram o aprimoramento de técnicas construtivas e o uso de materiais e mão e obra de forma racionalizada, visando produzir edificações com menor custo, em menor espaço de tempo e que proporcione maior eficiência e durabilidade.

Nesse contexto, o uso da alvenaria estrutural como sistema construtivo tem se destacado pela economia gerada devido a racionalização dos materiais utilizados e das técnicas construtivas mais eficientes, além da possibilidade de ser utilizada em larga escala em edificações e residências de baixa renda.

Contudo, por se tratar de um sistema relativamente recente em uso no Brasil, essa técnica ainda precisa ser aprimorada para evitar que falhas na fase construtiva, na fase de projeto ou na fase pós ocupacional venham produzir defeitos que comprometam a segurança e a durabilidade da edificação.

Dentre os problemas mais comuns registrados em alvenaria estrutural, as fissuras são as causas mais frequentes de falhas de desempenho na edificação, que acabam por prejudicar a estética, o conforto e a segurança do usuário.

Por esse motivo, o presente trabalho pretende analisar as principais causas de formação de fissuras nesse tipo de edificação e propor ações corretivas que podem ser implementadas para corrigi-las, visando restabelecer as condições adequadas de uso do imóvel.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 BREVE HISTÓRICO

A alvenaria estrutural tem suas origens na Pré-História, sendo um dos mais antigos sistema construtivo adotado pelo homem. As primeiras alvenarias eram feitas em pedra ou em tijolo cerâmico seco ao sol, apresentavam grandes espessuras e eram erguidas segundo regras empíricas, baseadas nos conhecimentos adquiridos ao longo do tempo (PESTANA et al, 2014, p. 3).

Entre os séculos XIX e XX, obras de grande porte foram construídas em alvenaria estrutural com base em modelos mais racionais, como por exemplo o edifício Monadnock, construído em Chicago entre 1889 e 1891, contendo 16 pavimentos e 65 metros de altura e cujas paredes inferiores possuíam 1,80 metros de espessura (PESTANA et al, 2014, p. 4).

A partir do início do século XX, em decorrência da descoberta e aprimoramento de novos materiais de construção, a arte de construir passou por uma revolução. Os novos materiais aliado ao aprimoramento de novas técnicas construtivas permitiram a edificação de obras cada vez maiores e mais arrojadas (CAMACHO, 2006, p. 5).

De acordo com Ramalho (2003), os primeiros edifícios em alvenaria armada foram construídos no Brasil em São Paulo, por volta de 1966, tendo sido executados com blocos de concreto vazados e possuíam apenas quatro pavimentos. Em 1977 surgiram os primeiros edifícios construídos em alvenaria não-armada, com blocos sílico-calcáreos cujas paredes mediam 24cm de espessura e possuíam até nove pavimentos.

Ainda segundo Ramalho, o sistema construtivo em alvenaria estrutural acabou se firmando no Brasil como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edificações residenciais e industriais de pequeno e médio porte, sendo utilizada atualmente por diversas empresas do setor construtivo.



## 4.2 O ELEMENTO ALVENARIA

De acordo com Valle (2008, p. 2) Entende-se por alvenaria o elemento resultante da associação de blocos sólidos, justapostos, unidos por argamassa ou não, destinados a suportar essencialmente esforços de compressão.

Segundo Azeredo (1977, p. 125) as alvenarias são classificadas de acordo com a sua capacidade de suporte:

- Quando a alvenaria é dimensionada para resistir apenas ao seu peso próprio, ela é denominada alvenaria de vedação;
- Quando a alvenaria é empregada para resistir a cargas além de seu peso próprio, como o peso de lajes, telhados, pavimento superior etc, ela é denominada alvenaria estrutural.

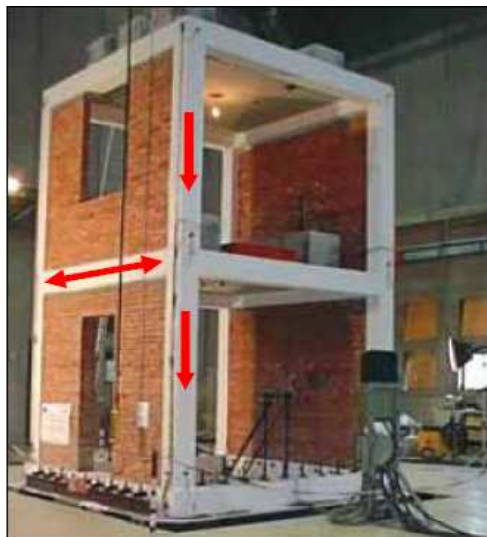
### 4.2.1 Alvenaria de Vedação

Alvenarias de vedação, de acordo com Thomaz et al (2009, p. 2) são aquelas destinadas a compartimentar espaços. Devem suportar apenas o peso próprio e cargas de utilização. Além disso, as alvenarias de vedação devem desempenhar outras funções na edificação, tais como:

- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência à infiltrações de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- Base para revestimentos etc.

Em estruturas convencionais de concreto armado ou aço, as paredes possuem apenas a função de vedação, as cargas são transferidas até as fundações por meio de elementos estruturais como pilares e vigas.

Na Figura 1 mostra-se a trajetória da transmissão dos esforços até as fundações que ocorrem em estruturas convencionais de concreto armado formado por pilares e vigas.

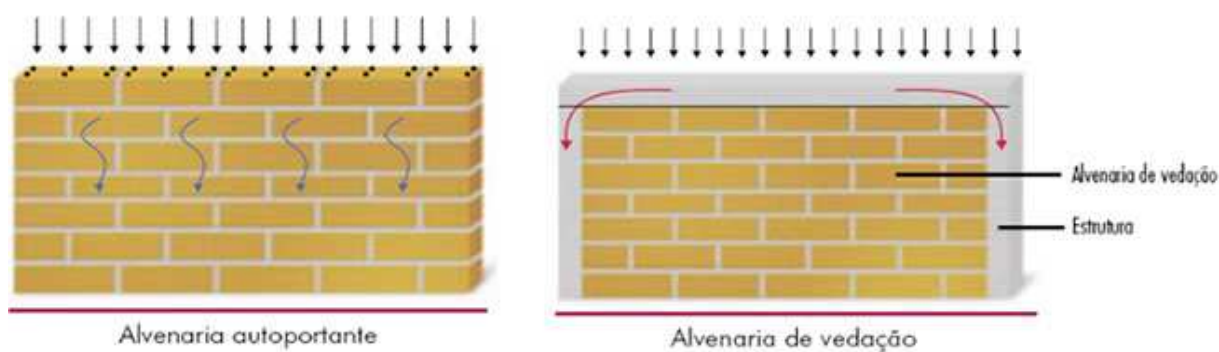


**Figura 1 – Paredes de vedação. As vigas e pilares transferem as tensões às fundações**

Fonte: Freitas Jr. (2013, p. 7)

#### 4.2.2 Alvenaria Estrutural

Neste tipo de estrutura, além da vedação, as paredes possuem função resistente, devendo suportar e transferir os carregamentos da edificação ao solo. Na alvenaria estrutural, as paredes são os elementos portantes, como mostrado na Figura 2.



**Figura 2 – Alvenaria autoportante x alvenaria de vedação**

Fonte: Retirada do site Casa e Cia

De acordo com Ramalho (2003), a alvenaria estrutural pode ser classificada com relação à presença ou não de armadura em:

- Alvenaria estrutural não armada;
- Alvenaria estrutural armada;
- Alvenaria estrutural protendida.

#### 4.2.2.1 Alvenaria estrutural não-armada

Nesse tipo de alvenaria as armaduras utilizadas não são consideradas na absorção dos esforços mas apenas para dar ductilidade à estrutura e evitar a fissuração em regiões onde há concentração de tensões. Na Figura 3 ilustra-se a constituição típica da alvenaria não-estrutural.



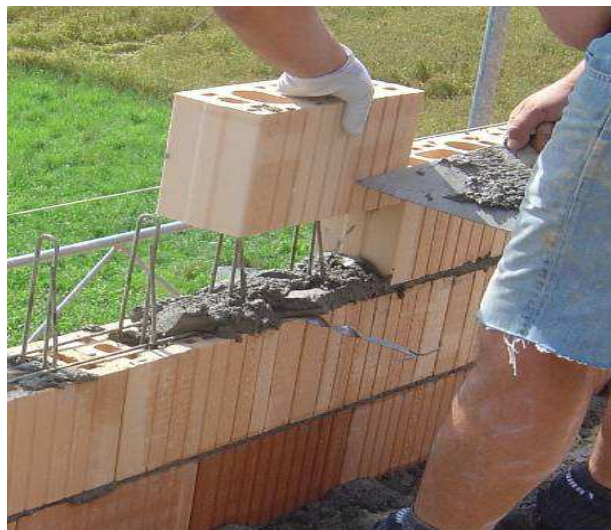
**Figura 3 – Modelo construtivo utilizando alvenaria estrutural não armada**  
Fonte: Retirada do site Casa e Sia

Este sistema construtivo pode ser utilizado em edificações de pequeno porte, como residências e prédios de até 8 pavimentos (KALIL, 2009, p. 3).

#### 4.2.2.2 Alvenaria estrutural armada

Nesse tipo de alvenaria os esforços de tração são absorvidos por armaduras colocadas em alguns vazados dos blocos, possibilitando estruturas mais

leves e esbeltas. A armadura é envolvida por graute, que possui a função de reforço estrutural e conceder aderência e proteção à armadura (KALIL, 2009, p. 3). Na Figura 4 ilustra-se a constituição típica da alvenaria estrutural armada.



**Figura 4 – Modelo construtivo utilizando alvenaria estrutural armada**  
**Fonte: Retida do site ebah, Seção Alvenarias**

Pode ser executada com blocos vazados cerâmicos ou de concreto, é possível ser adotada em edificações com mais de 20 pavimentos (KALIL, 2009, p. 3).

#### 4.2.2.3 Alvenaria estrutural protendida

A protensão na alvenaria estrutural tem como objetivo aplicar tensões de compressão no sistema antes da atuação dos carregamentos, com a finalidade de reduzir as tensões de tração que surgem quando a estrutura entrar em uso, aumentando a resistência à tração (SOUZA, 2008 apud CARDOSO, 2013 p. 25).

De acordo com Souza (2008), a alvenaria estrutural protendida é utilizada quando se tem paredes sujeitas a esforços laterais, tais como em edifícios com esforços de vento, muros de arrimo, reservatórios de água, silos, paredes sujeitas a impactos acidentais dentre outras.

#### 4.2.2.4 Componentes de alvenaria estrutural

De acordo com Ramalho (2003, p. 6) entende-se por componente da alvenaria uma entidade básica que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, argamassa, graute e armadura.

##### 4.2.2.4.1 Blocos

São os componentes básicos da alvenaria estrutural, responsáveis pela determinação das características resistentes da estrutura. No Brasil, os materiais mais utilizados em sua fabricação são: concreto, cerâmicas e materiais sílico-calcários (RAMALHO, 2003, p. 7).

Ainda segundo Ramalho, de acordo com a porcentagem de vazios, os blocos são classificadas como maciços, quando possuem até 25% de sua área total formada por vazios, ou vazados, quando essa área é maior que 25%. Os vazios desses blocos podem ser utilizados para a passagem de tubulações elétrica e hidráulica, assim como para a execução de cintas de amarração, vergas e contravergas (SAMPAIO, 2010, p. 7).

A Norma Brasileira NBR 6136:2009 estabelece para blocos vazados de concreto simples as seguintes resistências mínimas à compressão em relação à área bruta:

- $f_{ck} \geq 6MPa$  para blocos em paredes externas sem revestimento e
- $f_{ck} \geq 4,5MPa$  para blocos em paredes internas ou externas com revestimento.

Já a ABNT, NBR 15270-2:2005 estabelece que para blocos portantes cerâmicos a resistência mínima à compressão deve ser superior a 3,0 MPa, referida à área bruta.

#### 4.2.2.4.2 Argamassa

A argamassa de assentamento possui as funções de solidarizar as unidades, transferir as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e impedir a passagem de água e de gases para o interior da edificação. É composta por uma pasta aglomerante, agregados e, em alguns casos, aditivos para melhoria de algumas de suas propriedades.

De acordo com Ramalho (2003, p. 8), a resistência à compressão da argamassa não é tão significativa para a resistência das paredes. O mais importante é que ela possua plasticidade, característica que permite a distribuição mais uniforme das tensões entre uma unidade e outra.

#### 4.2.2.4.3 Graute

O graute é um concreto com elevado índice de fluidez, constituído por agregados de pequenas dimensões, aplicado eventualmente no preenchimento dos vazios dos blocos. A função do graute é proporcionar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios. Assim, segundo Ramalho (2003, p. 8), pode-se elevar a capacidade portante da alvenaria à compressão ou permitir que armaduras adicionadas combatam tensões de tração.

A ABNT, NBR 10837:1989 determina que a resistência do graute deve ser maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco utilizado.

#### 4.2.2.4.4 Armaduras

As armaduras são as mesmas utilizadas no concreto armado. Devem ser sempre envolvidas por graute para garantir o trabalho conjunto com os outros componentes da alvenaria. É utilizada sempre que se queira aumentar a resistência à tração, visto que a alvenaria por si só não possui essa característica.

### 4.3 ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES

O processo de construção de uma edificação envolve as fases de projeto, execução e edificação. A ocorrência de falhas em uma ou mais destas fases pode provocar defeitos e comprometer a segurança, a durabilidade e o desempenho futuro da edificação.

#### 4.3.1 Patologias Decorrentes de Erros no Projeto

Na construção civil, projeto é o processo pelo qual uma obra é concebida. Melhado (1994, p.1) caracteriza projeto como "Uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução". Erros cometidos nessa fase podem comprometer o desempenho futuro da edificação.

Para Olivari (2003, p. 6) os principais erros cometidos na fase de projeto, responsáveis por falhas de desempenho da edificação são:

- Falta de detalhes;
- Erros de dimensionamento;
- Não consideração do efeito térmico;
- Incompatibilidade de projetos;
- Previsão incorreta dos carregamentos;
- Especificação errônea do traço do concreto;
- Especificação inadequada da classe de agressividade ambiental.

#### 4.3.2 Patologias Decorrentes de Erros de Execução

Na fase de execução, diversos erros podem ser cometidos em decorrência, principalmente, da falta de qualificação da mão de obra ou devido às condições

inadequadas de trabalho. Se não forem percebidos e corrigidos a tempo, podem causar falhas na estrutura da edificação, comprometendo o seu desempenho futuro.

Para Olivari (2003, p. 7) os principais erros cometidos nessa fase são:

- Falta de controle tecnológico;
- Uso de concreto fora das especificações;
- Uso inadequado das formas;
- Armaduras mal posicionadas;
- Falta de espaçadores para garantir o cobrimento adequado;
- Segregação do concreto no momento do lançamento;
- Cura mal executada;
- Falta de controle na elaboração do traço do concreto;
- Falta de fiscalização;
- Dentre outras.

#### 4.3.3 Patologias Decorrentes de Erros na Fase de Utilização da Edificação

Na fase pós ocupacional, a edificação continua exposta a diversos agentes agressivos como intempéries, falhas nos sistemas hidráulico e sanitário, movimentação higroscópica decorrente de impermeabilização mal realizada ou inexistente, recalques diferenciais de solo dentre outros, que podem causar danos à sua estrutura e comprometer a sua durabilidade, segurança e desempenho. A ocorrência de falhas nessa fase da edificação, segundo Olivari (2003, p. 7) geralmente são causadas por:

- Falta de programa de manutenção adequado;
- Sobrecargas não previstas no projeto;
- Danificação de elementos estruturais;
- Carbonatação e corrosão química ou eletroquímica;
- Erosão por abrasão;
- Ataques de agentes agressivos;
- Recalques causados pela movimentação do solo.



#### 4.3.4 Sintomas

A maioria das patologias que podem afetar uma edificação na fase pós ocupacional causam sintomas visíveis e pelas suas características permitem que possa ser determinado o agente causador (OLIVARI, 2003, p. 8). Para Olivari, os principais sintomas causados por problemas patológicos são:

- Fissuras ou trincas em elementos estruturais e alvenarias;
- Esmagamento do concreto;
- Desagregação do concreto;
- Ruptura do concreto;
- Carbonatação;
- Corrosão da armadura;
- Percolação de água;
- Manchas, trincas e deslocamento de revestimento em fachadas.

#### 4.4 FISSURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Holanda Jr. (2008, p. 96), as fissuras são as causas mais frequentes de falha de desempenho em alvenarias, podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da edificação. Tanto em alvenarias quanto nas estruturas de concreto, a fissura é originada quando as tensões solicitantes são maiores do que a capacidade de resistência do material. A fissura surge como forma de aliviar essas tensões.

##### 4.4.1 Classificação Das Fissuras

Segundo Thomaz (1989) e Duarte (1998), as fissuras em paredes de alvenaria podem ser classificadas, dentre outros critérios, de acordo com sua espessura e atividade.

#### 4.4.1.1 Quanto à espessura

Fissuras, trincas e rachaduras são manifestações patológicas causadas geralmente por tensões de tração em materiais frágeis como o concreto e materiais cerâmicos. Ocorrem quando os materiais são solicitados por um esforço maior que a sua resistência característica, provocando falha e ocasionando uma abertura (OLIVEIRA, 2012, p. 9).

As aberturas são classificadas de acordo com sua espessura em fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha (OLIVEIRA, 2012, p. 9). O Quadro 1 contém a classificação das aberturas de acordo com a sua espessura.

<b>Anomalias</b>	<b>Aberturas (mm)</b>
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

**Quadro 1 – Quadro referencial da espessura da abertura e sua classificação**  
**Fonte: Oliveira (2012, p. 10).**

#### 4.4.1.2 Quanto à atividade

Segundo Duarte (1998), as fissuras também podem ser classificadas segundo a sua atividade, em ativas ou passivas.

Fissuras ativas são aquelas que mudam de espessura à medida em que as condições que as provocaram sofre alterações, comportando-se como juntas induzidas pela estrutura. Variações térmicas diárias e sazonais, provocam variação dimensional nos componentes do edifício, estes movimentos de dilatação e contração são restringidos pelos diversos vínculos que envolvem os materiais, gerando tensões que podem provocar fissuras cuja espessura varia de acordo com o gradiente de temperatura.

As fissuras ativas também podem apresentar variação linear, decorrentes de recalques de fundações, por exemplo.

Já as fissuras passivas encontram-se num estado estabilizado, não apresentam variação em sua espessura ou no seu comprimento no decorrer do tempo.

#### 4.4.2 Mecanismos de Formação de Fissuras em Paredes de Alvenaria Estrutural

Todos os elementos próximos à edificação, de forma permanente ou ocasional podem contribuir para o surgimento de patologias que afetam diversos elementos de uma construção.

Segundo Thomaz (1989) os mecanismos mais comuns de formação de fissuras em paredes de alvenaria estrutural são:

- Recalque de fundação;
- Sobrecarga de carregamento de compressão;
- Variação térmica;
- Retração;
- Movimentação higroscópica;
- Reações químicas.

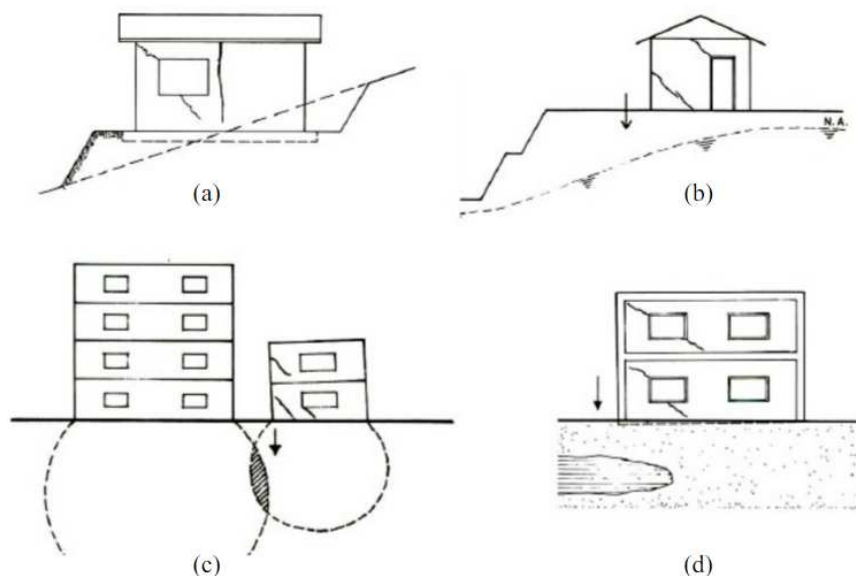
Nos próximos itens serão analisadas as configurações típicas das fissuras ocasionadas por cada um dos agentes citados.

##### 4.4.2.1 Recalque de fundação

Segundo Thomaz (1989), recalques diferenciais podem ser causados por diversos fatores, os mais comuns são:

- Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (Figura 5 – a);
- Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático em função de corte na lateral inclinada do terreno (Figura 5 – b);

- Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior (Figura 5 – c);
- Recalque diferenciado por falta de homogeneidade do solo (Figura 5 – d).

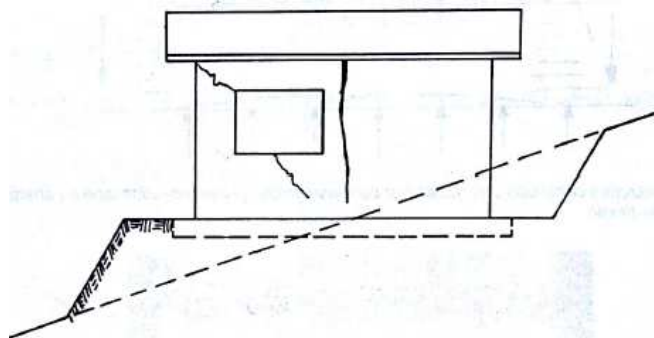


**Figura 5 – Fatores que causam recalques diferenciais em fundações**  
 Fonte: Thomaz (1989, p. 96)

As fissuras decorrentes de recalque em fundações afetam com maior frequência o pavimento térreo da edificação e quando ocorrem de forma intensa, as tensões resultantes de cisalhamento podem provocar esmagamentos localizados e em forma de escamas.

Essas fissuras, segundo Holanda Jr. (2002), desenvolvem-se preferencialmente em direção vertical ou diagonal, apresentando variação da abertura ao longo do comprimento.

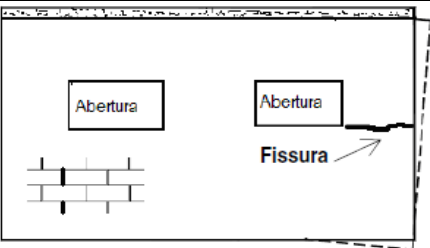
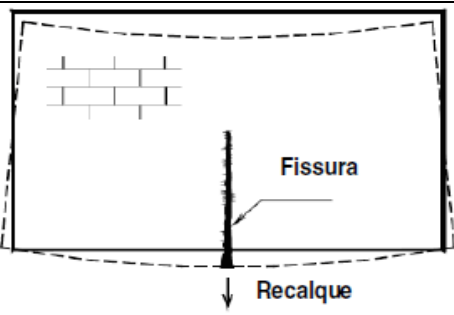
Segundo Thomaz (1989, p. 94), as fissuras provocadas por recalques diferenciais são geralmente inclinadas e se propagam “deitando” em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque, como ilustrado na Figura 6.

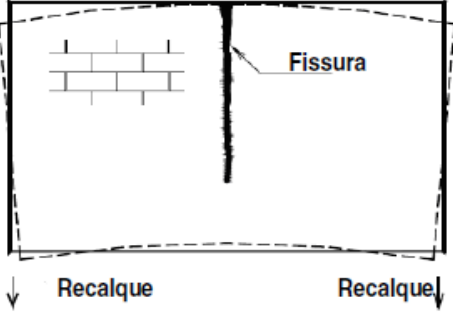
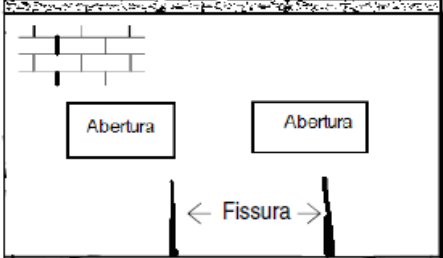
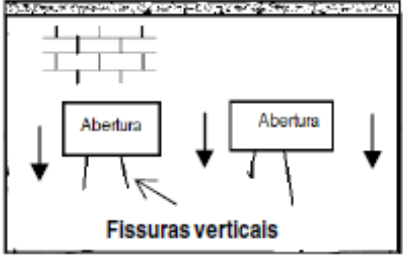
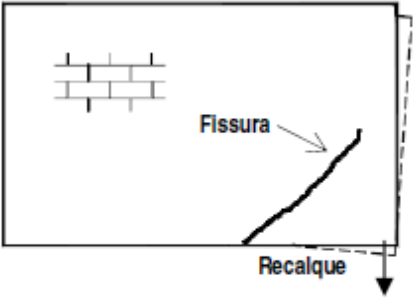


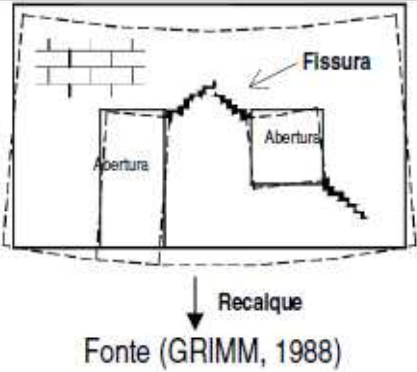
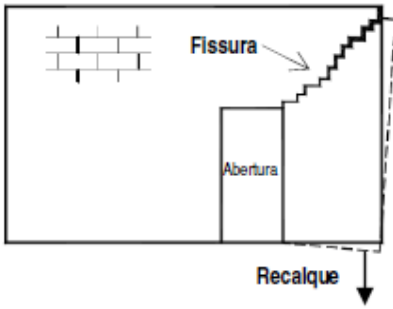
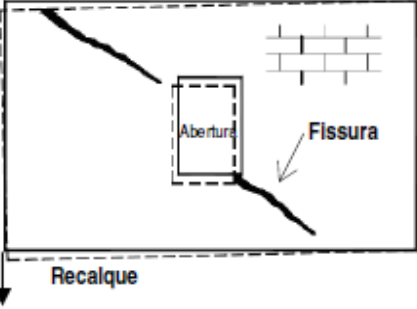
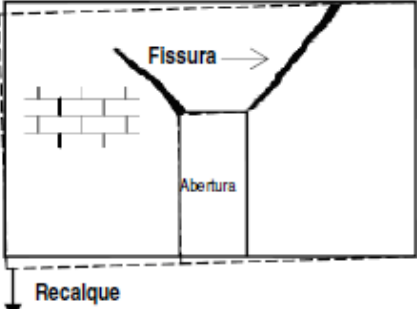
**Figura 6 – Propagação de trincas causadas por recalque diferencial**  
**Fonte: Thomaz (1989, p. 96)**

Neste caso, as aberturas das fissuras provocadas por recalques diferenciais serão diretamente proporcionais à Intensidade do recalque ocorrido, havendo ainda contribuição direta da estrutura do edifício e de todas as condições de contorno (THOMAZ, 1989, p. 100).

No Quadro 2 ilustra-se algumas configurações típicas de fissuras devidas ao recalque de fundação e suas causas prováveis:

<b><i>Recalque de Fundações</i></b>	<b><i>Configurações típicas de fissuras</i></b>	<b><i>Causa Provável</i></b>
 <p>Recalque diferencial de fundações ↓</p> <p>Fonte (DUARTE, 1998)</p>	<p>Fissuras horizontais junto ao peitoril da janela.</p>	<p>Recalque diferencial de fundação com distorção angular em caso de alguma falha na fiada horizontal próximo ao peitoril da janela (DUARTE, 1998)</p>
 <p>Recalque ↓</p> <p>Fonte (GRIMM, 1988)</p>	<p>Fissuras verticais em meio às paredes na região da base.</p>	<p>Deformação da viga de fundação (GRIMM, 1988)</p>

<b>Recalque de Fundações</b>	<b>Configurações típicas de fissuras</b>	<b>Causa Provável</b>
 <p>Fonte (GRIMM, 1988)</p>	<p>Fissuras verticais em meio às paredes na região do topo.</p>	<p>Recalque diferencial de fundação com maior amplitude nas extremidades. (GRIMM, 1988). Ou deformação de balanços.</p>
 <p>Fonte (DUARTE, 1998)</p>	<p>Fissuras verticais nas paredes junto ao solo.</p>	<p>Segundo Duarte (1998), a causa pode ser ruptura das fundações superficiais provocadas por recalque de fundação com distorção angular.</p>
 <p>Fonte (DUARTE, 1998)</p>	<p>Fissuras verticais sob os vãos de abertura.</p>	<p>Movimento diferencial das fundações ou por fundação contínua solicitada por carregamento desbalanceado provocando flexão negativa dois peitoris (SAHLIN, 1974; THOMAZ, 1989; DUARTE, 1998)</p>
 <p>Fonte (DUARTE, 1998)</p>	<p>Fissuras inclinadas a partir dos cantos das paredes.</p>	<p>Recalque diferencial de fundações por falha na homogeneidade do solo (THOMAZ, 1989; DUARTE, 1998).</p>

<b>Recalque de Fundações</b>	<b>Configurações típicas de fissuras</b>	<b>Causa Provável</b>
	<p>Fissuras inclinadas a partir das aberturas nas alvenarias.</p>	<p>Recalque de fundações de maior amplitude no centro. (GRIMM, 1998).</p>
	<p>Fissuras inclinadas a partir das aberturas nas alvenarias.</p>	<p>Recalque diferencial de fundações por falta de homogeneidade do solo (GRIMM, 1988).</p>
	<p>Fissuras inclinadas a partir das aberturas nas alvenarias</p>	<p>Recalque diferencial de fundações por falta de homogeneidade do solo (GRIMM, 1988).</p>
	<p>Fissuras inclinadas a partir das aberturas nas alvenarias</p>	<p>Recalque diferencial de fundações (GRIMM, 1988).</p>

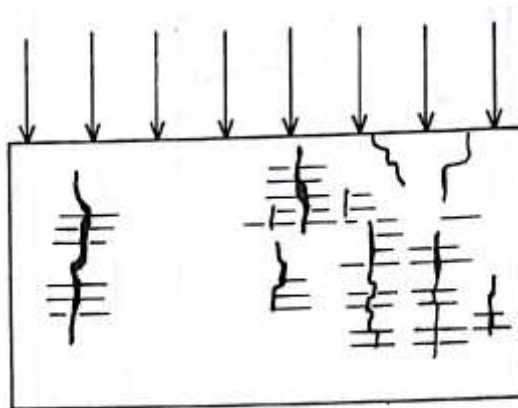
**Quadro 2– Resumo das configurações típicas de fissuras devido a recalque diferencial de fundação**

Fonte: Alexandre (2008)

#### 4.4.2.2 Sobrecarga de carregamento de compressão

A atuação de sobrecargas não previstas em projeto pode produzir a fissuração de componentes estruturais em uma edificação. De acordo com Thomaz (1989, p. 63), em trechos contínuos de alvenarias solicitadas por sobrecargas uniformemente distribuídas, dois tipos característicos de trincas podem surgir:

- a) Trincas verticais, provenientes da deformação transversal da argamassa sob ação das tensões de compressão uniformemente distribuídas, ou da flexão local dos componentes de alvenaria, como mostrado na Figura 7.

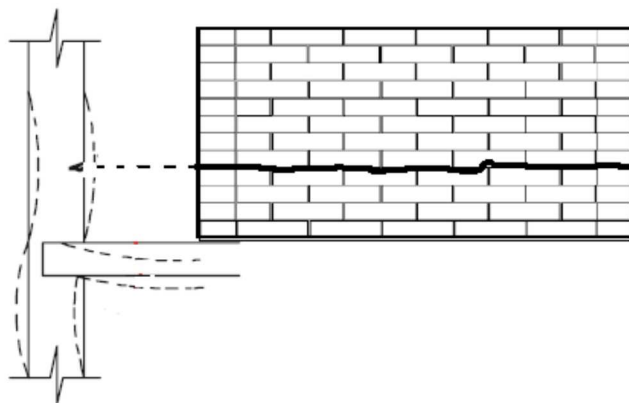


**Figura 7 – Fissuração causada por sobrecarga distribuída verticalmente**  
Fonte: Thomaz (1989, p. 64)

De acordo com Duarte (1998 apud ALEXANDRE, 2002, p. 68), essas trincas são decorrentes de esforços transversais de tração induzidos nos blocos pelo atrito da junta de argamassa com a face maior dos tijolos, ou da flexão local dos componentes de alvenaria.

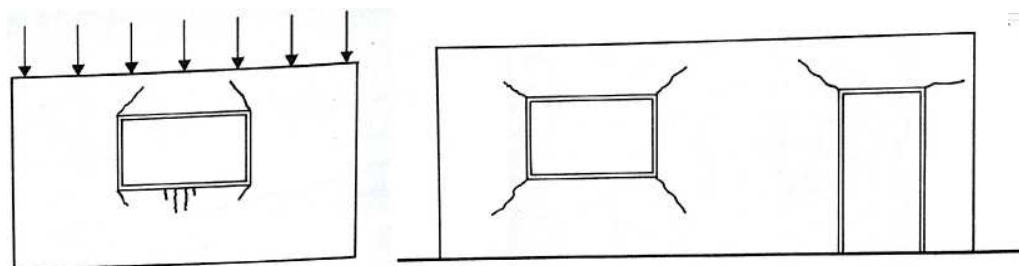
- b) Trincas horizontais, provenientes da ruptura por compressão dos componentes de alvenaria ou da própria argamassa de assentamento, ou ainda da solicitação de flexocompressão da parede, como mostrado na Figura 8.





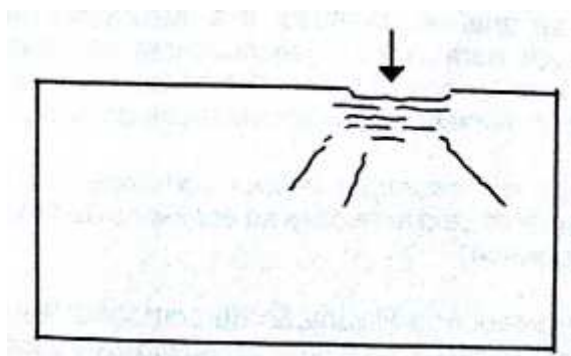
**Figura 8 – Trincas horizontais provenientes de sobrecarga ou flexocompressão**  
**Fonte: Alexandre (2008, p. 68)**

Em paredes de alvenaria onde existem aberturas as trincas formam-se a partir dos vértices dessas aberturas. Podendo aparecer sob diversas configurações, como mostrado na Figura 9.



**Figura 9 – Fissuração no entorno da abertura em parede solicitada por sobrecarga vertical uniforme**  
**Fonte: Thomaz (1989, p. 66)**

No caso de atuação de sobrecargas concentradas, poderão surgir fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação ou a ruptura dos elementos da alvenaria na região de aplicação da carga ou ambos os fenômenos. A ocorrência de uma ou outra situação é determinada pela resistência dos blocos que constituem a alvenaria. Na Figura 10 ilustra-se essa situação.



**Figura 10 – Ruptura localizada devida a aplicação de cargas concentradas**  
**Fonte: Thomaz (1989, p. 65)**

#### 4.4.2.3 Variação térmica

Diversos elementos de uma edificação são expostos constantemente às intempéries, fazendo com que fiquem sujeitos a variações diárias de temperatura.

Paredes externas e lajes de cobertura aquecem-se durante o dia e se resfriam durante a noite, provocando movimentos de dilatação e contração de forma periódica. A amplitude dessa movimentação é função das propriedades físicas dos materiais e da variação de temperatura.

De acordo com Thomaz (1989, p. 19), as trincas de origem térmica surgem devido a movimentação diferenciada entre os componentes de um elemento, entre elementos de um mesmo sistema e entre regiões distintas de um mesmo material. Essas movimentações diferenciadas geralmente ocorrem em função dos seguintes fatores contribuintes:

- Junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica sujeitos às mesmas variações de temperatura;
- Exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas;
- Gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente;
- Capacidade de absorção de calor do material.

Os ciclos contínuos de variação de temperatura também pode fazer com que alguns materiais sofram fadiga devido a alternância entre tração e compressão.

Basso (1997 apud ALEXANDRE, 2008, p. 69) comenta que o surgimento de fissuras decorrentes da variação de temperatura está relacionado com a deficiência de resistência ao cisalhamento que pode ocorrer nas alvenarias posicionadas logo abaixo dos pavimentos de cobertura. Isso devido às paredes abaixo da cobertura estarem sujeitas a menor solicitação de compressão decorrente apenas da cobertura e devido à laje de cobertura estar sujeita à maior amplitude térmica.

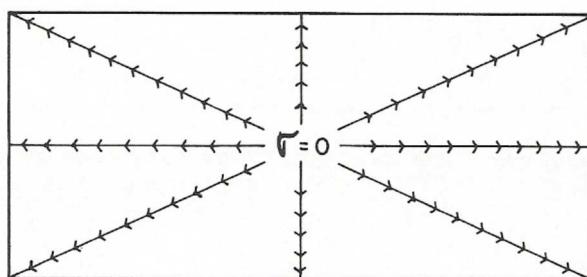
##### 4.4.2.3.1 Lajes sobre paredes autoportantes

Elementos planos dispostos horizontalmente como as lajes de cobertura recebem maior incidência de radiação solar em relação aos elementos verticais como

as paredes, ocasionando a movimentação diferenciada entre esses elementos. Além disso, segundo Chard (1979 apud THOMAZ, 1989, p. 23), o coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias utilizadas com maior frequência. Essa propriedade amplifica ainda mais a movimentação diferenciada entre esses elementos.

Mesmo em lajes não expostas à incidência direta da radiação solar, como em lajes cobertas, ocorre os efeitos desses fenômenos pois parte da energia calorífica absorvida pelas telhas é irradiada para a laje, além do surgimento do efeito estufa ocasionado pela retenção de calor nesse ambiente (THOMAZ, 1989, p. 23).

Como normalmente as lajes de cobertura estão vinculadas às paredes de sustentação, surgem tensões tanto nas lajes quanto no corpo das paredes. Essas tensões são nulas nos pontos centrais das lajes e aumentam gradativamente em direção às bordas, onde atingem intensidade máxima, como mostrado na Figura 11.



**Figura 11 – Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devido ao efeito térmico**  
Fonte: Thomaz (1989, p. 23)

O gradiente de temperatura ao longo da altura da laje provoca o efeito de abaulamento, isso somado à dilatação plana introduz tensões de tração e de cisalhamento nas paredes das edificações. De acordo com Thomaz (1989, p. 23) diversos autores concordam, por constatação prática, que as trincas se desenvolvem quase que exclusivamente nas paredes, apresentando as configurações indicadas nas Figura 12 e 13.

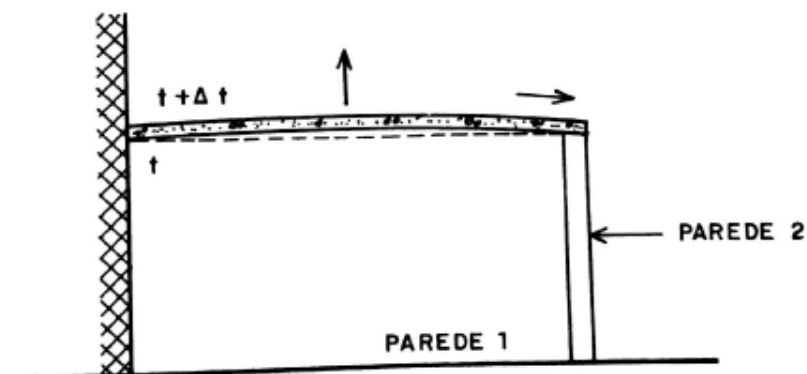


Figura 12 – Movimentação em laje de cobertura sob ação da elevação da temperatura

Fonte: Thomaz (1989, p. 23)

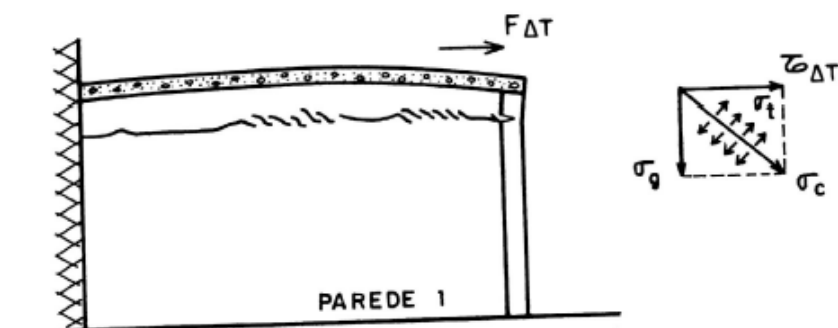


Figura 13 – Trinca típica no topo da parede paralela ao comprimento da laje

Fonte: Thomaz (1989, p. 23)

Paredes longas ou com aberturas produzem regiões de menor resistência, fazendo com que as fissuras surjam preferencialmente nessas regiões. Nesse caso, como mostrado na Figura 14, as fissuras iniciam-se em escamas horizontais e terminam inclinadas nas paredes transversais em direção à laje do teto (BASSO et al, 1997 apud ALEXANDRE, 2008, p. 72).

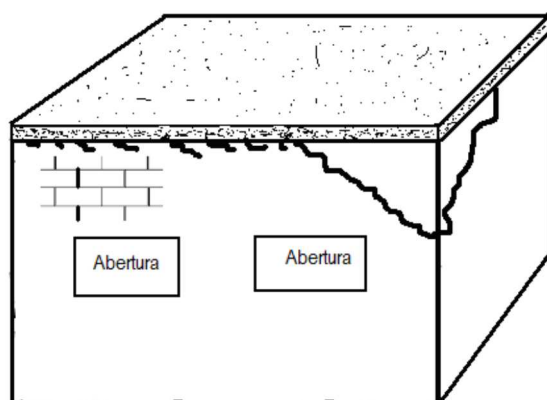
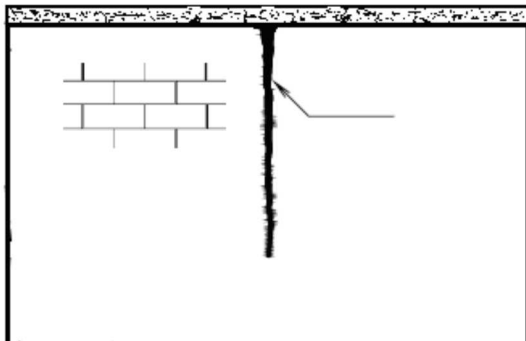


Figura 14 – Fissura em paredes longas e com aberturas

Fonte: Alexandre (2008, p. 71)

Em algumas situações, as fissuras podem se manifestar na vertical, na região central da parede, com maior abertura no topo da alvenaria (DUARTE, 1998 apud ALEXANDRE, 2008, p. 71). Na Figura 15 ilustra-se essa situação.



**Figura 15 – Fissura vertical em meio à parede**  
Fonte: Duarte, 1998 (apud ALEXANDRE, 2008, p. 71)

#### 4.4.2.4 Retração

Segundo Romano (2002, p. 63) retração é o fenômeno segundo o qual, após a pega, o concreto em contato com o meio ambiente sofre redução de suas dimensões sem a aplicação de cargas externas, produzidas pelas forças capilares. A contração da massa do concreto introduzirá tensões de tração à peça e conseqüentemente a fissuração).

Segundo Thomaz (1989, p. 103), inúmeros fatores podem intervir na retração de produtos que possuem cimento em sua composição:

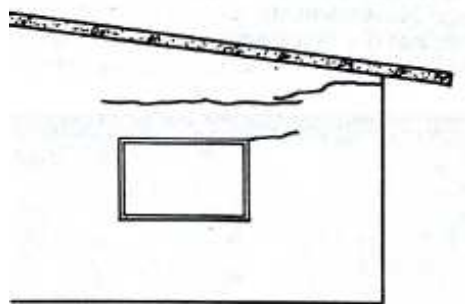
- a. Composição química e finura do cimento: a retração tende a aumentar à medida que a finura do cimento aumenta, assim como a concentração de compostos como cloretos ( $CaCl_2$ ) e álcalis ( $NaOH$  e  $KOH$ );
- b. Proporção de cimento adicionada à mistura: quanto maior a adição de cimento, maior será a retração;
- c. Natureza dos agregados: quanto menor o módulo de deformabilidade do agregado, maior sua suscetibilidade à compressão isotrópica e conseqüente maior retração;

- d. Granulometria dos agregados: quanto maior a finura dos agregados, maior será a quantidade de pasta de cimento necessária para preencher os vazios e, portanto, maior será a retração;
- e. Quantidade de água na mistura: quanto maior a relação água/cimento, maior a retração no processo de cura;
- f. Condições de cura: falta de hidratação do concreto no processo de cura acentuará a retração.

A deformação causada pela retração é mais acentuada em concreto novo. À medida que o concreto envelhece e sua resistência aumenta e a retração tende a diminuir.

#### 4.4.2.4.1 Retração em lajes

A retração em lajes pode provocar fissuração das paredes a ela solidárias. Nesse caso, como mostrado na Figura 16, as fissuras surgirão próximo à interface da laje com a parede de alvenaria (EICHLER, 1973 apud THOMAZ, 1989, p. 109).



**Figura 16 – Fissuras em parede externa causadas pela retração da laje de cobertura**

**Fonte: Thomaz (1989, p. 109)**

#### 4.4.2.4.2 Retração em blocos de concreto

A retração em blocos de concreto ou nas juntas de argamassa podem causar fissuras nas paredes de alvenaria. A pequena retração que pode ocorrer na argamassa de assentamento é restringida pelo cisalhamento com os blocos,

causando fissura na própria argamassa, prejudicando a aderência entre os componentes da alvenaria (DUARTE, 1998 apud ALEXANDRE, 2008, p. 73).

#### 4.4.2.4.3 Retração no revestimento em argamassa

É o fenômeno segundo o qual, após a pega, o concreto em contato com o meio ambiente sofre redução de suas dimensões sem a aplicação de cargas externas, produzidas pelas forças capilares. A contração da massa do concreto introduzirá tensões de tração à peça e conseqüentemente a fissuração.

Segundo Thomaz (1989 apud ALEXANDRE, 2008, p. 23) diversos fatores estão relacionados a esse tipo de fissura, dentre eles os principais são:

- Dosagem incorreta de aglomerantes como cimento e cal;
- Porcentagem de finos existentes na mistura;
- Teor de água de amassamento;
- Má aderência entre a argamassa e a base (ausência de chapisco);
- Espessura inadequada do revestimento de argamassa;
- Rápida perda de água para o ambiente durante o processo de endurecimento devido ao vento e insolação.

Na Figura 17 mostra-se a configuração típica desse tipo de fissura.

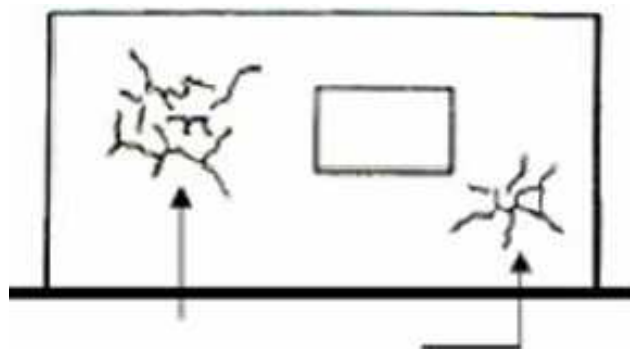


Figura 17 – Fissuras na argamassa de revestimento  
Fonte: Alexandre (2008, p. 23)

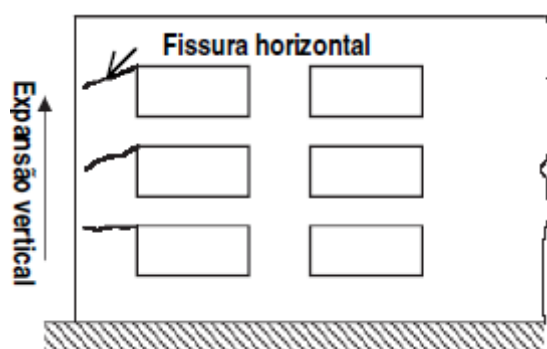
#### 4.4.2.5 Movimentação higroscópica

Alterações de umidade provocam variações dimensionais nos materiais porosos que integram os elementos de uma edificação. O aumento no teor de umidade produz uma expansão dos materiais enquanto que a redução desse teor provoca uma contração (THOMAZ, 1989, p. 33).

Thomaz afirma ainda que a umidade tem acesso aos materiais de construção pelos seus poros, devido ao fenômeno da capilaridade, provenientes de fontes diversas como: umidade de execução da obra, umidade do ar ou proveniente de fenômenos meteorológicos, umidade do solo ou umidade decorrente da utilização do edifício.

As trincas provocadas pela variação no teor de umidade dos materiais são semelhantes às provocadas pelas variações de temperatura. As aberturas das trincas podem variar em função das propriedades higrométricas dos materiais e da variação da temperatura ou da umidade (THOMAZ, 1989, p. 37).

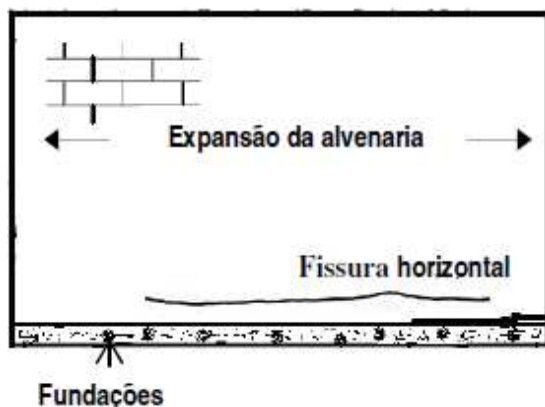
De acordo com Hendry (2001 apud ALEXANDRE, 2008, p. 76) a expansão da alvenaria na direção vertical pode levar ao aparecimento de fissuras horizontais próximo às aberturas das janelas, como pode ser observado pela Figura 18.



**Figura 18 – Fissuras horizontais provocadas por expansão vertical**  
Fonte: Alexandre (2008, p. 76)

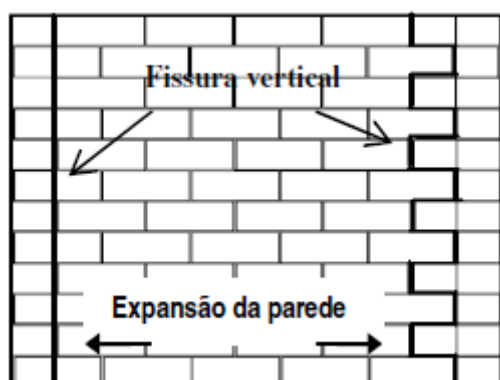
Também podem ocorrer, como se pode observar na Figura 19, trincas horizontais na base das paredes em regiões onde o processo de impermeabilização inexistente ou foi mal executado. Neste caso, os componentes de alvenaria em contato direto com o solo absorvem sua umidade, apresentando movimentações diferenciais em relação às fiadas superiores sujeitas à insolação direta (THOMAZ, 1989, p. 42).





**Figura 19 – Trinca horizontal na base da alvenaria devido à umidade do solo**  
**Fonte: Adaptado de Alexandre (2008, p. 76)**

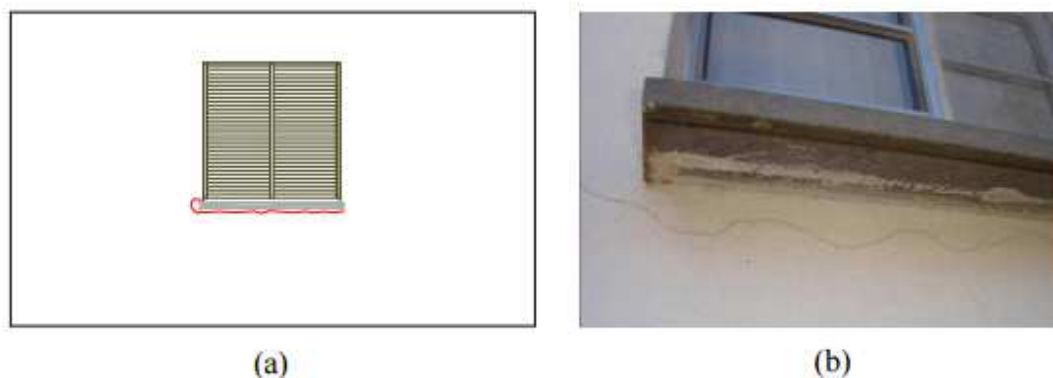
As fissuras verticais podem ocorrer nos cantos das edificações ou em encontros de paredes com deficiência na amarração ou devido à expansão nas paredes de alvenaria constituídas de blocos cerâmicos (THOMAZ, 1989, p. 40). Como se pode observar na Figura 20.



**Figura 20 – Fissura vertical causada pela expansão dos blocos cerâmicos**  
**Fonte: Alexandre (2008, p. 77)**

Segundo Thomaz (1989, p. 40) paredes monolíticas constituídas de solo-cimento ou solo-cal são altamente suscetíveis à formação de fissuras, tanto pela retração inicial quanto pelas movimentações higroscópicas reversíveis do material.

É comum também o surgimento de fissuras horizontais acima ou abaixo da interface esquadria/alvenaria. Thomaz (1989) comenta que nesses locais, devida a ocorrência de infiltrações, a absorção diferencial de umidade entre os elementos adjacentes que compõe a alvenaria pode provocar o surgimento de fissuras, como ilustrado na Figura 21 (a,b).



**Figura 21 – Fissura horizontal na interface peitoril/esquadria**  
**Fonte: Moch (2009, p. 96)**

O mesmo autor ainda comenta que esse tipo de fissura pode ser provocado por outros mecanismos, como ações térmicas, retração ou ainda relacionadas a sobrecarga de estruturas.

#### 4.4.2.6 Reações químicas

Os materiais de construção são suscetíveis de sofrer deterioração pela ação de substâncias químicas, principalmente soluções ácidas e alguns tipos de álcool (THOMAZ, 1989, p.120). As condições ambientais e o meio onde a alvenaria está exposta podem oferecer condições propícias ao surgimento desse tipo de anomalia. Apesar de sua diversidade, nesse item serão abordados apenas os casos de ataque químico que ocorrem com maior frequência em edificações residenciais, foco do estudo.

Segundo Thomaz (1989), as alterações químicas que se manifestam com maior frequência nesse tipo de edificação são: hidratação retardada de cales e ataque de sulfatos.

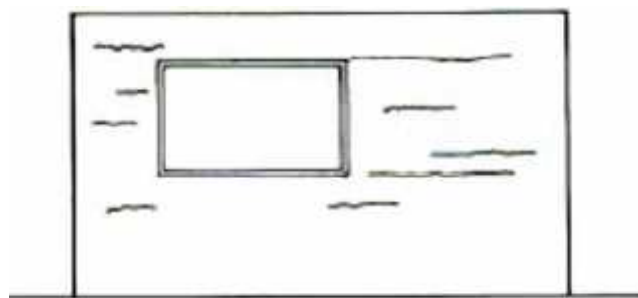
##### 4.4.2.6.1 Hidratação retardada de cales

Cales mal hidratadas podem apresentar teores elevados de óxidos livres de cal e magnésio. Ao longo da vida útil do elemento esses óxidos, em presença de

umidade, podem vir a hidratar-se, apresentando em consequência, um aumento em seu volume de aproximadamente 100%. Em função da intensidade dessa expansão poderão ocorrer fissuras e outras manifestações patológicas cujos sintomas se assemelham aos casos das ocorridas devido a dilatações térmicas (THOMAZ, 1989, p.120).

Ainda, de acordo com Thomaz, os efeitos mais nocivos da hidratação retardada de cales manifestam-se nos revestimentos em argamassa, podendo produzir danos generalizados nos revestimentos como fissuras, deslocamento, desagregações e pulverulência.

Na Figura 22 ilustra-se a configuração típica de fissuras ocasionadas pela expansão de argamassas de assentamento, acompanhando as juntas de assentamento da alvenaria.



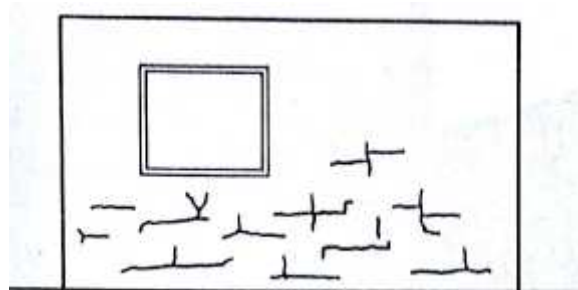
**Figura 22 – Fissuras horizontais provocadas pela expansão da argamassa de assentamento.**

**Fonte: Thomaz (1989, p. 120).**

#### *4.4.2.6.2 Ataque por sulfatos*

O aluminato tricálcico, um dos constituintes do cimento, pode reagir com sulfatos provenientes do solo ou de águas contaminadas formando o sulfoaluminato tricálcico. Essa reação provoca grande expansão e quando ataca a argamassa de assentamento pode provocar inicialmente uma expansão geral da alvenaria e em casos mais extremos pode ocasionar uma desintegração progressiva das juntas de argamassa (THOMAZ, 1989).

Nesse caso, as trincas na alvenaria revestida terão configurações semelhantes àquelas que ocorrem devida a retração da argamassa de revestimento, desenvolvendo-se conforme representado na Figura 23.



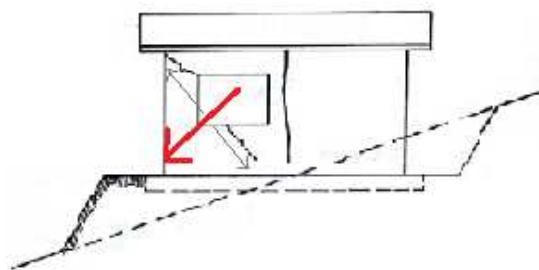
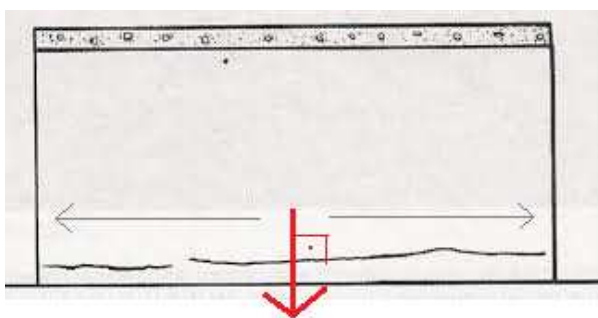
**Figura 23 – Fissuras na argamassa de revestimento provenientes de ataque por sultatos**  
 Fonte: Thomaz (1989, p. 121).

#### 4.5 REGRA DA MEDIATRIZ

A mediatriz é o Lugar Geométrico dos pontos do plano que equidistam de dois pontos dados.

A regra da mediatriz consiste em um método desenvolvido pelo prof. Dickran Berberian útil para determinar o mecanismo causador de alguns tipos de fissuras. De acordo com esse método, ao traçarmos a mediatriz por uma fissura, essa apontará para o seu possível mecanismo causador.

Na Figura 24 ilustra-se a utilização da regra da mediatriz para a determinação da causa de uma fissura.



**Figura 24 – Regra da mediatriz apontando para a possível causa da fissura**  
 Fonte: Adaptado de Thomaz (1989, p.96)

Essa regra será utilizada como método auxiliar no processo de determinação dos mecanismos responsáveis pela formação das fissuras observadas.

#### 4.6 RECUPERAÇÃO DE FISSURAS E REFORÇO DA ESTRUTURA

A execução da restauração das fissuras em alvenaria estrutural só deve ser executada após as devidas verificações e redução ou eliminação dos agentes causadores da patologia. Em fissuras causadas por recalques de fundação, por exemplo, segundo Thomaz (1989), sempre há a possibilidade de evolução do movimento e nesse caso nenhum método de reparo do componente será eficiente, além de colocar em risco a estrutura da edificação.

Dessa forma, os reparos definitivos deverão ser projetados depois que todas as medidas preventivas necessárias para estabilização do mecanismo que provocou a fissura foi eliminá-las ou minimizado.

No caso de recalques de fundação, a recuperação do componente fissurado deverá ser executada somente depois de o movimento ter se estabilizado. Caso isso não ocorra naturalmente, será necessário aplicar técnicas de consolidação do terreno ou de reforço da fundação. Além disso, segundo Casotti (2007), algumas medidas complementares devem ser tomadas, como a impermeabilização superficial do terreno ao redor da obra, drenagem superficial de águas que possam se acumular nas proximidades da fundação e corte de árvores que absorvam muita água do solo.

Após as devidas verificações e redução ou eliminação dos agentes causadores da patologia, o processo de recuperação da alvenaria pode ser executado. Dentre as formas de reabilitação e reforço em paredes de alvenaria estrutural, as utilizadas com maior frequência, segundo Thomaz (1989) são:

- Restauração com Pintura Acrílica;
- Aplicação de Tela de Poliéster;
- Recuperação com Bandagem de Dessolidarização;
- Recuperação com Grampos de Fixação;
- Substituição das Juntas de Assentamento;
- Substituição do Revestimento;
- Argamassa armada e reboco armado;
- Substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas;
- Injeção de graute ou resina epóxi expansiva;
- Protensão;

- Recuperação de Revestimentos Rígidos
- Adição de vigas e colunas de aço;
- Reforço com materiais compósitos FRP;

#### 4.6.1 Restauração com Pintura Acrílica

Segundo Thomaz (1989), caso a fissura não apresente movimentação considerável, sua recuperação pode ser feita usando o próprio sistema de pintura da parede.

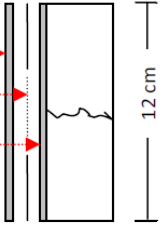
Ainda de acordo com esse mesmo autor, pode-se recuperar esse tipo de fissura aplicando um selante flexível, como poliuretano, silicone, etc. em um sulco aberto na região da trinca, em forma de V, com aproximadamente 10 mm de largura e 10 mm de profundidade, de acordo com os procedimentos descritos na Figura 25.

SRF	Materiais Empregados	Representação Esquemática
B	④ Tinta 100% Acrílica (5 a 6 demãos) ③ Selante Acrílico (2 demãos) ② Fundo Preparador de Paredes ① Abertura em "V" (1x1 cm)	

**Figura 25 – Recuperação de fissuras por meio da abertura de sulco**  
**Fonte: Machado (2013, p. 7)**

#### 4.6.2 Aplicação de Tela de Poliéster

No caso de fissuras de retração da argamassa de revestimento, segundo Casotti (2007), a restauração pode ser feita por meio de pintura elástica em três ou quatro demãos de tinta à base de resina acrílica. Em locais mais danificados, deve ser feito um reforço com tela de poliéster ou polipropileno, com aproximadamente 12 cm de largura, aplicando-se de seis a oito demãos de tinta elástica, à base de resina acrílica, como ilustrado na Figura 26.

SRF	Materiais Empregados	Representação Esquemática
C	③ Massa acrílica ② Tela de Poliéster com bandagem central ① Massa Acrílica	

**Figura 26 – Reparo com uso de tela de poliéster**  
**Fonte: Machado (2013, p. 7)**

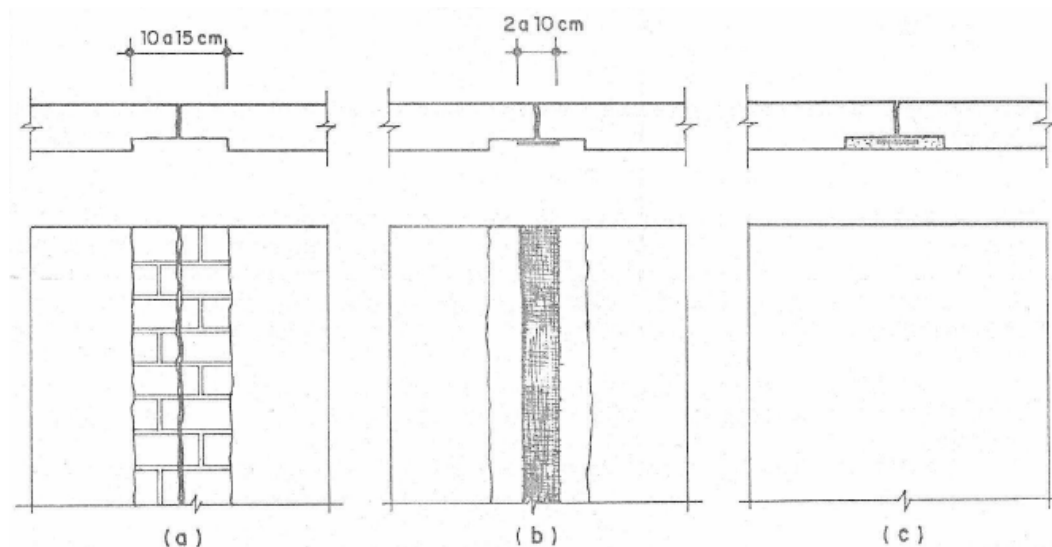
Nas paredes internas, uma opção econômica e que evita maiores transtornos, segundo Casotti (2003), é a aplicação de papel de parede sobre o revestimento.

Nos casos de grande incidência de fissuras de retração, descolamento, pulverulências, etc, Casotti (2007), recomenda a substituição do reboco ou emboço. Devendo ser eliminados os agentes causadores das fissuras como a infiltração de umidade na parede.

#### 4.6.3 Recuperação com Bandagem de Dessolidarização

Fissuras ativas provocadas por variação térmica ou movimentação higroscópica que apresentem elevada movimentação podem ser reparadas, segundo Thomaz (1989) fazendo-se uso de interseção de uma bandagem que propicie a dessolidarização entre o revestimento e a parede na região da fissura.

As etapas para a recuperação de fissuras com bandagem de dessolidarização podem ser visualizadas na Figura 27:



**Figura 27 – Recuperação de fissuras com emprego de bandagem de dessolidarização**

Fonte: Thomaz (1989, p. 166)

- Remoção do revestimento da parede, numa faixa com largura de aproximadamente 10 a 15 cm;
- Aplicação da bandagem com distribuição regular para ambos os lados da fissura;
- Aplicação de chapisco externamente à bandagem e recomposição do revestimento com argamassa com baixo módulo de revestimento (traço 1:2:9 em volume);

A recuperação de fissuras com bandagem de dessolidarização permite a absorção da movimentação da fissura pela faixa de revestimento não aderente à base. Assim, quanto maior a dessolidarização entre a bandagem e a base, menores serão as tensões introduzidas no revestimento pela variação na abertura da fissura e melhor será o desempenho do reparo, reduzindo a possibilidade do reaparecimento da fissura no revestimento.

#### 4.6.4 Recuperação com Grampos de Fixação

Em fissuras decorrentes de recalques diferenciais nas quais o mecanismo foi estabilizado por meio de reforço estrutural, mas que podem apresentar alguma movimentação ou deslizamento, a recuperação das paredes trincadas e o reforço



poderão ser executados, segundo Thomaz (1989, p. 170), com a introdução de armaduras nas paredes, perpendicularmente à direção das fissuras e chumbadas com argamassa rica em cimento (traço 1:0,25:3,5), como pode ser observado na Figura 28.

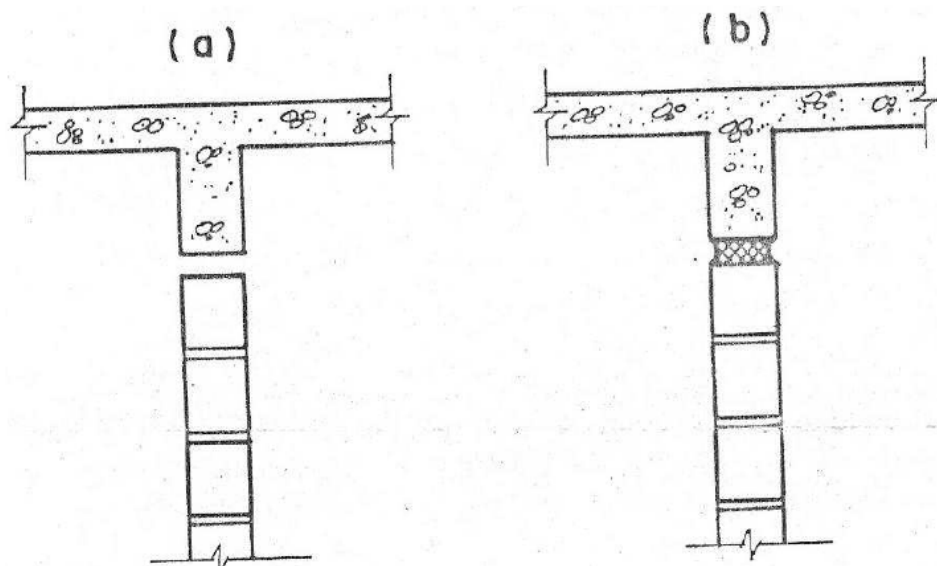


**Figura 28 – Recuperação de fissura com introdução de grampos de aço**  
Fonte: Cedido por Bruno Zulin (2016)

#### 4.6.5 Substituição das Juntas de Assentamento

Nas lajes de cobertura apoiadas em alvenaria portante, cuja fissuração apresente atividade considerável, pode-se, segundo Thomaz (1989, p. 169), efetuar o escoramento da laje, a remoção da última junta de assentamento e a introdução de material flexível.

Quando o escoramento da laje não for possível, pode ser feita a raspagem da junta até a profundidade de aproximadamente 10 mm e preenche-la com selante flexível. Na Figura 29 (a e b) ilustra-se esse procedimento.



**Figura 29 - Desvinculação entre a parede fissurada e o componente estrutural superior:**

**Fonte: Thomaz (1989, p. 169)**

#### 4.6.6 Substituição do Revestimento

No caso de fissuras provocadas por expansão retardada de óxidos presentes na argamassa de assentamento de alvenarias, Thomaz (1989) recomenda que se espere até completar a reação, o que pode levar cerca de três anos, para só então providenciar a substituição do revestimento.

No caso de fissuras provocadas por ataques de sulfatos, o mesmo autor recomenda a remoção do revestimento, eliminação do acesso da umidade da parede e após a secagem da superfície, aplicar novo revestimento constituído por cimento resistente a sulfatos.

#### 4.6.7 Argamassa Armada e Reboco Armado

Processo utilizado para conter as trincas e fissuras decorrentes de problemas estruturais. De acordo com Thomaz (1989), consiste na aplicação de argamassa forte sobre uma tela de aço em toda a superfície da alvenaria. Essa técnica ocasiona elevação da resistência à compressão e às cargas transversais, além de melhorar a rigidez e a ductilidade da alvenaria.

O processo de recuperação deve ser realizado nas seguintes etapas:

- Preenchimento das fissuras com pasta de cimento (opcional);
- Posicionamento da tela de aço nas duas faces da parede;
- Aplicação do cobrimento com aproximadamente 3cm para prevenir a corrosão da armadura;

Na Figura 30 mostra-se a colocação de telas em parede de alvenaria estrutural para testes.



**Figura 30 – Utilização de telas de aço para reforço da alvenaria**  
**Fonte: Refati (2013, p. 71)**

Caso a parede encontre-se muito degradada, pode ser utilizado o reboco armado, que consiste na utilização de uma armadura de reforço fixada à parede com a argamassa de revestimento.

#### 4.6.8 Substituição dos elementos degradados e fechamento das juntas

Consiste no desmonte e reconstrução dos elementos de alvenaria, assim como na substituição da argamassa danificada das juntas por outra com melhores propriedades mecânicas.

Essa técnica é indicada quando o elemento está suscetível a elevadas tensões de compressão, carregamentos diferenciais ou ações térmicas, com a finalidade de controlar o fendilhamento (SAMPAIO, 2010, p.32).

#### 4.6.9 Injeção de graute ou resina epóxi expansiva

O graute pode ser utilizado no preenchimento de trincas e rachaduras assim como no preenchimento dos furos dos blocos.

No primeiro caso, o graute é utilizado geralmente em fissuras com abertura maior que 2mm, enquanto a resina epóxi é empregada no preenchimento de aberturas menores de 2mm (SAMPAIO, 2010, p. 51).

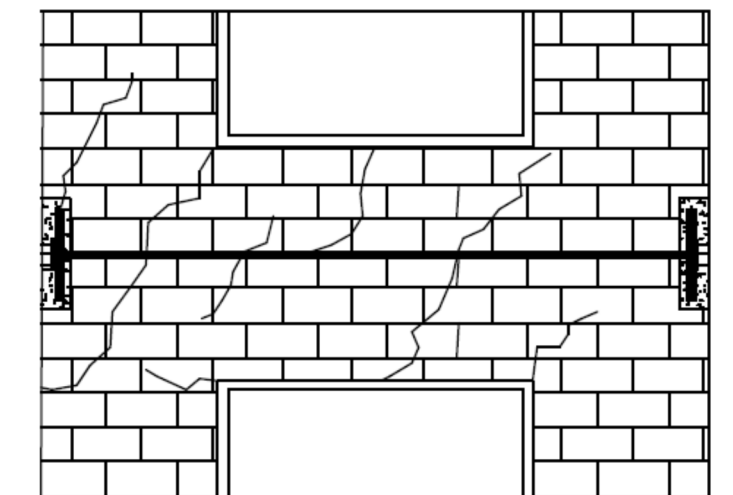
No segundo caso, de acordo com o mesmo autor, o graute pode ser utilizado em alvenarias com blocos maciços ou estruturais com alinhamento vertical, injetado ao longo de toda a altura da parede por meio de furos, como mostrado na Figura 31. Pode ser utilizado juntamente com armadura de aço, possibilitando assim aumentar a resistência à compressão, flexão e cisalhamento.



**Figura 31 – Injeção de Graute em parede de alvenaria estrutural**  
Fonte: Tomazevic, 1993 (apud Refati 2013, p. 73)

#### 4.6.10 Protensão

Em casos mais graves de problemas estruturais, como em recalques diferenciais intensos, onde há o surgimento de fissuras generalizadas, pode-se recorrer à utilização de tirantes de aço, com a finalidade de transmitir os esforços através de placas chumbadas na superfície da argamassa, posicionadas perpendicularmente à direção das fissuras, como ilustrado na Figura 32 (OLIVEIRA, 2001).



**Figura 32 – Reforço de alvenaria com tirante de aço**  
Fonte: Thomaz (1989, p. 170)

Segundo Thomaz (1989), esse tipo de reforço será mais eficiente se na operação de aperto das porcas o tirante estiver aquecido, pois produzirá compressão na alvenaria com o resfriamento da cordoalha.

#### 4.6.11 Recuperação de Revestimentos Rígidos

Segundo Thomaz (1989, p. 170) pouco há por fazer na recuperação de revestimentos de paredes ou pisos revestidos por placas cerâmicas senão a substituição das peças danificadas. Outra dificuldade é encontrar no mercado peças semelhantes às existentes na edificação, a não ser que tenha sido prevista a sobra quando da execução da obra.

#### 4.6.12 Adição de vigas e colunas de aço

Consiste na adição de elementos estruturais como pilares e vigas, visando aumentar a resistência e a rigidez das paredes. Em casos onde não seja possível a reabilitação ou reforço, ou quando a reabilitação se torne muito onerosa, é possível utilizar vigas e pilares de aço dispostos de forma a trabalhar como uma estrutura independente, substituindo a estrutura existente;

#### 4.6.13 Reforço com materiais compósitos FRP

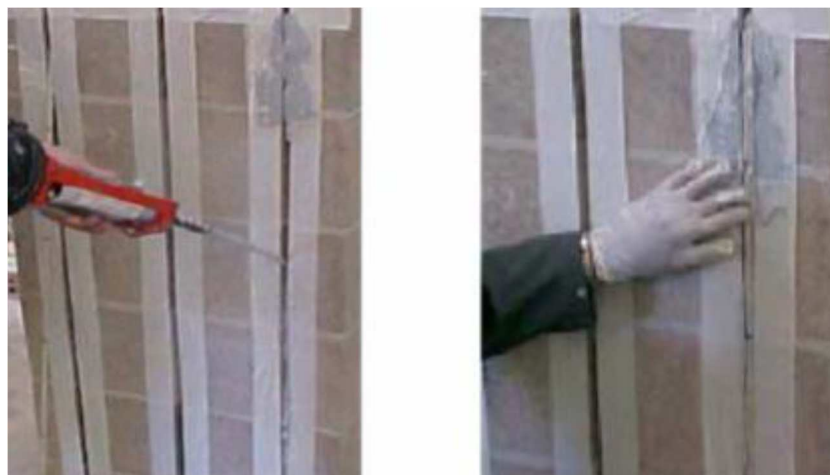
Do inglês – Fiber Reinforced Polymer (Fibra Reforçada com Polímero), é um material composto por dois ou mais materiais (matriz + fibra) que tem por finalidade melhorar determinadas propriedades específicas. A matriz geralmente é uma resina que tem por função envolver as fibras, tornando uma estrutura consolidada, conferindo resistência e rigidez à estrutura. Os materiais utilizados são, na maioria das vezes, fibra de vidro, fibra de carbono ou aramida, e as resinas são poliéster, epóxi e resinas fenólicas (CHAGAS, 2005).

De acordo com esse mesmo autor, a utilização de FRPs tem como vantagens o aumento da vida útil da estrutura, redução de problemas causados por agentes corrosivos, baixo tempo de instalação e baixo peso específico. Sua utilização é indicada quando se tem a necessidade de melhorar a resistência à tração, em edificações sujeitas a abalos sísmicos, em edifícios com muitos pavimentos ou em situações em que se deva considerar a ação do vento.

As técnicas de reforço podem ser executadas por meio de laminados ou de barras de FRP.

Na utilização de barras de FRP é feito um rasgo na superfície a ser reparada onde será inserida a barra previamente preparada. A barra deve ser envolvida totalmente por uma resina epóxi ou cimentícia, para garantir que ocorra a transmissão dos esforços entre a barra e a estrutura danificada.

A aplicação das barras no sentido vertical proporciona um aumento da resistência a flexão, como mostrado na Figura 33.



**Figura 33 – Aplicação de compósitos em barras verticais**  
Fonte: Tumaialan, 2002 (apud Refati, 2013, p. 77)

Já a aplicação das barras no sentido horizontal permite um aumento na capacidade de resistência a esforços de cisalhamento, como ilustrado na Figura 34.



**Figura 34 – Aplicação de compósitos em barras verticais**  
Fonte: Tumaialan, 2002 (apud Refati, 2013, p. 78)

## 5. METODOLOGIA

A análise das causas da formação de fissuras em uma edificação residencial construída em alvenaria estrutural nesse estudo de caso, será realizada de acordo com as seguintes etapas:

- Pesquisa exploratória;
- Pesquisa descritiva;
- Análise e resultados.

### 5.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA

Na primeira etapa da pesquisa foi realizado o levantamento bibliográfico em livros e trabalhos acadêmicos semelhantes, com o objetivo de orientar o estudo, fornecendo informações sobre:

- Sistema construtivo em alvenaria estrutural, suas vantagens e desvantagens;
- As principais patologias que acometem esse tipo de construção e as falhas no processo construtivo como fatores contribuintes;
- Os mecanismos de formação de fissuras em alvenaria estrutural e suas configurações típicas;
- Metodologia para diagnosticar as causas das fissurações, a fim de propor as medidas corretivas mais adequadas.

Portanto, esta etapa foi dedicada à compreensão do tema e para entender como os erros nas várias etapas do processo construtivo e pós ocupacional podem contribuir para o surgimento de falhas em alvenaria estrutural, especificamente a formação de fissuras e as possíveis formas e configurações que essas se manifestam.



## 5.2 PESQUISA DESCRITIVA

Na pesquisa descritiva foi realizada uma visita à edificação para obtenção do registro fotográfico e mapeamento das fissuras existentes e as suas configurações.

O registro foi realizado por meio de:

- Imagens das fissuras, registradas por câmera fotográfica com boa resolução;
- Anotação da espessura das fissuras com o auxílio de um fissurômetro;
- Anotação de informações complementares sobre as fissuras, como: tamanho, formato e direção de propagação;
- Fixação de tiras de vidro com a finalidade de verificar a atividade das fissuras;
- Entrevista com o proprietário com o objetivo de coletar informações complementares sobre as fissuras.

## 5.3 ANÁLISE E RESULTADOS

Nesta etapa da pesquisa, as fissuras observadas nas etapas anteriores foram comparadas com as informações obtidas na pesquisa teórica com a finalidade de detectar seus mecanismos causadores.

Identificados esses mecanismos, foram propostos os procedimentos necessários para sua eliminação ou estabilização, e as técnicas corretivas adequadas para a recuperação das fissuras na alvenaria de forma a reestabelecer seu desempenho funcional.

## 6. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado por meio de coleta de dados sobre manifestações patológicas relacionadas a fissuras observadas em um edifício residencial construído em alvenaria estrutural, tendo como objetivo registrar, por meio de fotos, as fissuras existentes e obter informações sobre seu histórico, configuração, espessura e atividade.

### 6.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO IMÓVEL

- Descrição: Edificação residencial unifamiliar em alvenaria estrutural;
- Localização: Município de Campo Mourão-PR;
- Área construída: 281,00m<sup>2</sup>;
- Número de pavimentos: 1;
- Elemento de alvenaria: Bloco cerâmico maciço de 5x10x20cm de 2 vezes;
- Idade da edificação: 47 anos.



**Figura 35 – Fachada da residência em análise**  
**Fonte: O autor (2016)**

## 6.2 VISITA AO LOCAL E COLETA DE DADOS

A visita à edificação foi realizada em 2 etapas, em cada etapa, foram executadas as seguintes tarefas:

- 1ª Etapa

Realizada no dia 10 de Março de 2016, com a finalidade de identificar as fissuras e realizar seu registro fotográfico, assim como aferir sua espessura com o auxílio do fissurômetro e fixar as tiras de vidro com a finalidade de identificar a sua atividade.

- 2ª Etapa

Realizada no dia 20 de março de 2016, com a finalidade de verificar a ruptura das tiras de vidro fixadas na etapa anterior.

Em entrevista realizada com o proprietário da edificação foi possível constatar que diversas fissuras observadas tiveram sua origem após a ocorrência de eventos na vizinhança, ocorridas posteriormente à construção da residência, como obras de pavimentação das ruas adjacentes ao imóvel, escavações no terreno de divisa e as vibrações causadas pela intensificação do trânsito nas proximidades do imóvel.

## 6.3 RELAÇÃO DAS FISSURAS OBSERVADAS

Para a realização do estudo, as fissuras foram classificadas quanto à forma como se manifestaram na alvenaria e agrupadas como segue:

- Fissuras nas aberturas de portas e janelas;
- Fissuras horizontais existentes entre lajes e alvenaria;
- Fissuras mapeadas;

- Fissuras horizontais na base da alvenaria;
- Fissuras horizontais à meia altura da alvenaria;
- Fissuras transversais

Algumas fissuras foram realçadas com auxílio de programa editor de imagens para melhor visualização. Nessa situação, a imagem original será colocada lado-a-lado com a figura realçada para que se possa fazer as devidas comparações.

### 6.3.1 Fissuras nas Aberturas de Portas e Janelas

Foram observadas diversas fissuras com origens nos vértices das aberturas de portas e janelas, propagando-se seguindo uma trajetória horizontal ou inclinada. Na Figura 36 é possível observar uma dessas fissuras, com abertura de 1,5mm e, de acordo com o quadro 1, pode ser classificada como trinca ou rachadura



**Figura 36 – Fissura observada no canto inferior de janelas**  
**Fonte: O autor (2016)**

Por apresentar abertura considerável, a fissura provocou a ruptura do elemento de alvenaria, ou ruptura entre o elemento e a argamassa de assentamento, separando-os em duas partes de forma visível, sendo portanto mais profunda e acentuada, comprometendo a função de vedação da alvenaria.

Na Figura 37 é mostrada uma fissura no vértice superior da abertura da esquadria. Encontra-se em local abrigado da chuva e da insolação e possui abertura de 0,8mm, sendo classificada como trinca.



**Figura 37 - Fissura observada no vértice superior da abertura da esquadria**  
**Fonte: O autor (2016)**

Já a fissura observada na Figura 38 encontra-se no vértice superior da abertura de uma porta interna, com acesso ao banheiro da residência. Possui abertura de 4,0mm e foi classificada como rachadura.



**Figura 38 - Fissura observada no canto superior de portas internas**  
**Fonte: O autor (2016)**

Sua trajetória escalonada acompanha o contorno da placa cerâmica. O traçado real da fissura pode ser diferente do observado, devido ao fato de a placa poder ter se desprendimento da alvenaria. Nenhuma placa foi removida para verificação do real traçado e espessura da fissura por não interferir em seu estudo.

Segundo Thomaz (1989, p. 64) esses tipos de fissura são decorrentes de uma enorme gama de fatores, tais como: dimensões do painel de alvenaria,

dimensões da abertura, posição que a abertura ocupa no painel, anisotropia dos materiais que constituem a alvenaria, dimensões e rigidez de vergas e contravergas ou sua ausência.

Para evitar que a concentração de tensões nos vértices das aberturas de portas e janelas venham causar danos à alvenaria, é imprescindível a utilização elementos de reforço como vergas e contravergas, que devem ser corretamente dimensionados para suportar as tensões concentradas geradas pelas aberturas.

Seu dimensionamento não é especificado claramente pelas normas de alvenaria estrutural. Tanto a ABNT, NBR 10837:2000 quanto a NBR 15812-1:2010 fazem menção somente à forma de determinação do carregamento. Já a ABNT, NBR 15812-2:2010, define que vergas sobre os vãos de portas e janelas e de vergas em vãos de janelas podem ser executadas com canaletas preenchidas com graute e armadura, peças moldadas no local ou pré-fabricadas, de acordo com as especificações do projeto.

Segundo Sabbatini (2003, p. 21), as contravergas devem ultrapassar a lateral do vão em pelo menos “ $d/5$ ” ou  $30\text{cm}$  (o maior valor), sendo “ $d$ ” o comprimento do vão.

Também foram registradas fissuras horizontais na base das aberturas das esquadrias, como mostrado na Figura 39, com abertura de  $0,4\text{mm}$ , classificada como fissura.



**Figura 39 – Fissura horizontal na base da esquadria**  
**Fonte: O autor (2016)**

Segundo Thomaz (1989), esse tipo de fissura pode surgir nesses locais decorrentes de ações térmicas, retração ou ainda relacionadas a sobrecarga de estruturas. Porém, a causa mais comum responsável pela formação desse tipo de fissura está relacionada à ocorrência de infiltrações na interface entre a alvenaria e a esquadria, devida a absorção diferencial de umidade entre as fiadas de blocos que compõe a alvenaria.

Como a esquadria em questão localiza-se em uma parede exposta à insolação e ao contato direto com as águas das chuvas, a causa mais provável responsável pelo surgimento de tal fissura deve-se à movimentação higroscópica diferenciada, causada pela infiltração de águas pluviais, intensificada pela variação térmica diária.

### 6.3.2 Fissuras Horizontais Existentes Entre Laje e Alvenaria

Foi identificada uma fissura entre laje e alvenaria, em uma parede de fachada sujeita à insolação direta em determinados períodos do dia. Apresentou abertura de 0,7mm, sendo classificada como fissura, como mostrado na Figura 40.



**Figura 40 – Fissura entre a laje e a alvenaria**  
**Fonte: O autor (2016)**

Esse tipo de fissura tem como mecanismo causador a variação térmica diária e ocorre nas áreas que recebem insolação constante, como as coberturas e as



paredes externas, pois são nessas regiões que ocorrem maior variação de temperatura.

Fazendo uso do método do traçado da mediatriz, foi possível confirmar a origem térmica da fissura, como mostrado na Figura 41.



**Figura 41 – Mediatriz aponta origem térmica da fissura, entre laje e alvenaria**  
Fonte: O autor (2016)

### 6.3.3 Fissuras Mapeadas

Nas figuras 42 e 43 mostram-se fissuras mapeadas, identificadas em algumas paredes externas, expostas à insolação constante e à umidade proveniente das águas pluviais. Apresentou espessura média de 0,15mm, sendo classificadas como fissuras.



**Figura 42 – Fissuras mapeadas de origem térmica**  
Fonte: O autor (2016)





**Figura 43 – Fissuras mapeadas de origem térmica**  
**Fonte: O autor (2016)**

Esse tipo de fissura também pode ser causado pela variação da temperatura na argamassa de revestimento já no estado endurecido, e ocorre com maior frequência em argamassas que não foram dosadas adequadamente, com excesso de cimento ou deficiência de cal.

#### 6.3.4 Fissuras Horizontais na Base da Alvenaria

Foi possível identificar fissuras com essa configuração na edificação analisada, na parede de fachada, localizada em uma região abrigada da insolação e da chuva, como mostrado na Figura 44, com espessura de 1,20mm e classificação como trinca.



**Figura 44 – Fissura causada por movimentação higroscópica na base da alvenaria**  
**Fonte: O autor (2016)**

Fissuras horizontais na base da alvenaria podem ser causadas por movimentação higroscópica. Ao absorver a umidade, os blocos e as argamassas podem sofrer expansão e induzir movimentações diferenciais entre as fiadas dos elementos e as juntas de argamassa. Esse tipo de patologia ocorre onde o processo de impermeabilização foi mal executado ou é inexistente.

Também pode ter como causa a flexão do elemento estrutural sobre o qual a parede está assentada, tendo nesse caso traçado horizontal ou inclinado ou uma combinação de ambos.

O método do traçado da mediatriz foi utilizado como ferramenta auxiliar para confirmar o mecanismo causador da fissura. Por meio desse método e pela forma e posição da fissura na alvenaria, foi possível determinar a movimentação higroscópica por absorção de umidade como fator responsável pela abertura da fissura, como mostrado na Figura 45.



**Figura 45 – Mediatriz apontando mecanismo causador da fissura**  
**Fonte: O autor (2016)**

### 6.3.5 Fissuras Horizontais à Meia Altura da Alvenaria

Não foram observadas fissuras com essa configuração na residência analisada.

### 6.3.6 Fissuras Transversais

Foram observadas diversas fissuras transversais na edificação analisada, representadas nas Figura 46, 47 e 48. Essas fissuras inclinam-se para o canto da parede e possuem, respectivamente, espessuras de 1,5mm, 1,3mm e 0,6mm. Sendo classificadas como trinca.



**Figura 46 – Fissura transversal devido a recalque diferencial**  
**Fonte: O autor (2016)**



**Figura 47 – Fissura transversal devido a recalque diferencial**  
Fonte: O autor (2016)



**Figura 48 – Fissura transversal devido a recalque diferencial**  
Fonte: O autor (2016)

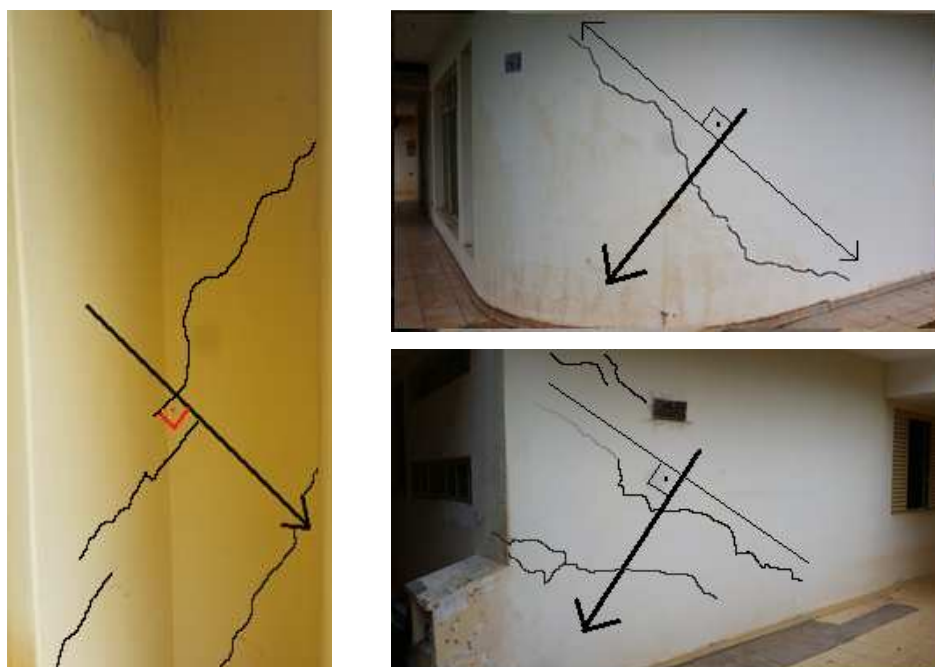
Embora diversos mecanismos possam levar à formação de fissuras transversais, como por exemplo as que surgem nos vértices dos vãos de portas e janelas, por flexão de elementos estruturais, por retração ou decorrentes de variação térmica em lajes, como exposto no item 4.3.6.3.1 deste trabalho, o mecanismo que mais contribui para a abertura desse tipo de fissura, segundo Thomaz (1989) está relacionado a recalques diferenciais.

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, água, ar e material orgânico. Ao ser exposto a uma sobrecarga, todos os solos se deformam, em

maior ou menor proporção. Se essas deformações forem diferenciadas ao longo do plano das fundações, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura, podendo gerar o aparecimento de trincas.

Segundo Duarte (1998) edificações em alvenaria estrutural são construções rígidas e de difícil acomodação das deformações. Segundo esse mesmo autor, a grande rigidez auxilia na distribuição mais homogênea das pressões no solo, mas, por outro lado, como a resistência à flexão e ao cisalhamento da alvenaria é baixa, as paredes são susceptíveis de fissuras diante de pequenas deformações.

Utilizando o método do traçado da mediatriz, foi possível confirmar o mecanismo causador da fissura como recalque diferencial, como podemos observar na Figura 49.



**Figura 49 – Traçado da mediatriz**  
**Fonte: O autor (2016)**

Uma composição de fatores pode ter influenciado no desenvolvimento do recalque diferencial no terreno onde a edificação foi construída. Por se tratar de uma construção com idade avançada (47 anos), podemos considerar a consolidação do solo por percolação de água, que por se tratar de um solo argiloso, é relativamente lenta, sendo necessários vários anos até se estabilizar. Outros fatores contribuintes foram as alterações ocorridas na vizinhança, como escavações nos terrenos de divisa, que pode ter provocado a redução da resistência do solo e permitido a infiltração de

umidade, devido ao acúmulo de águas pluviais, assim como as vibrações causadas pela pavimentação das ruas adjacentes e o trânsito constante de veículos.

Na Figura 50 mostra-se a planta baixa da edificação, que contém a localização aonde as imagens citadas anteriormente foram fotografadas. Vale lembrar que tais imagens não representam a totalidade das fissuras identificadas, mas um grupo com características comuns, selecionadas como representativas para o estudo em questão.

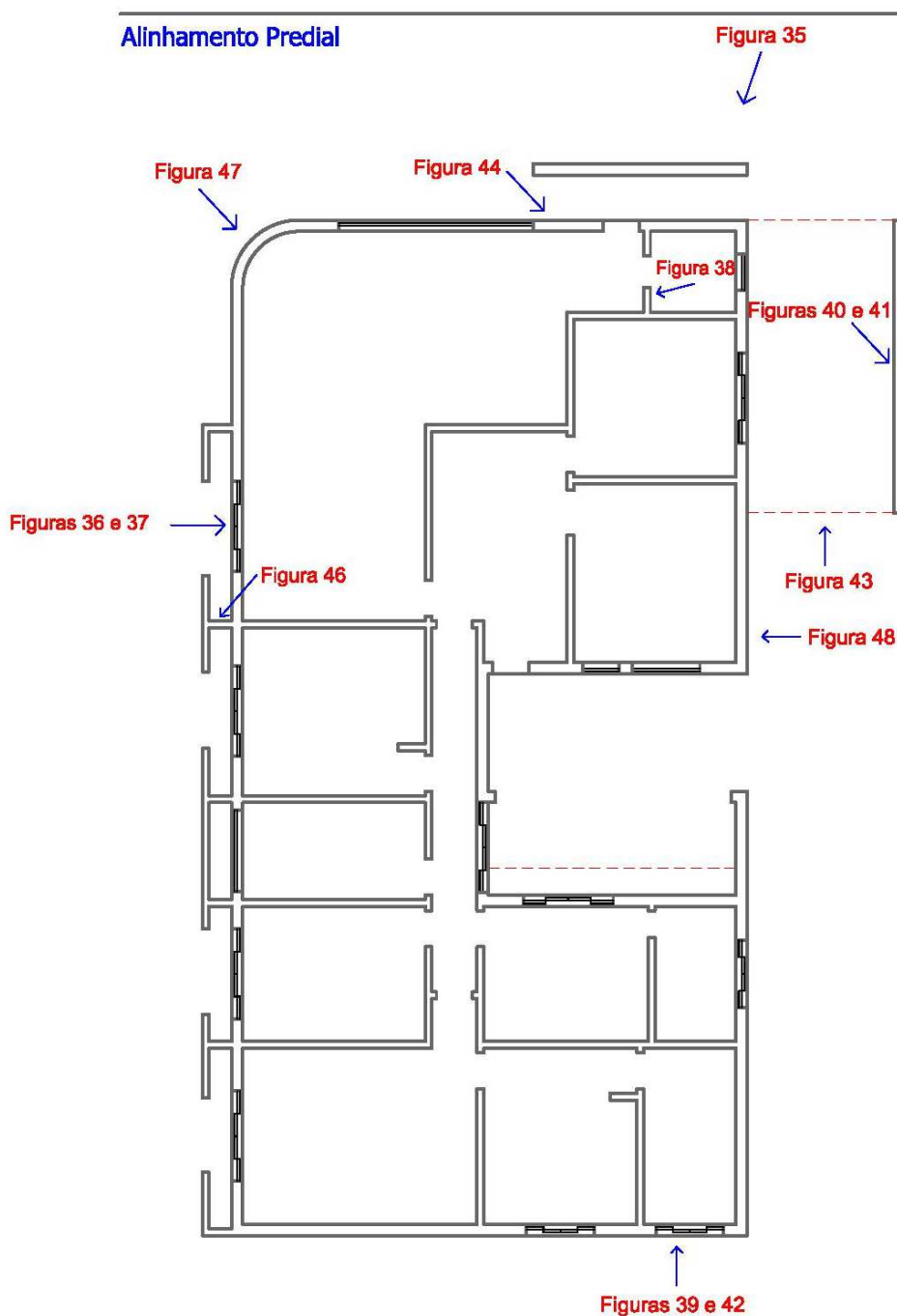


Figura 50 – Localização das imagens na edificação  
Fonte: O autor (2016)



## 6.4 ANÁLISE DA ATIVIDADE DAS FISSURAS

Para a escolha das técnicas mais apropriadas de recuperação da edificação, é imprescindível a obtenção de informações sobre os mecanismos responsáveis pela origem das fissuras e sobre o seu comportamento diante das alterações impostas pelo meio como variações térmicas, mudanças de umidade relativa, recalques diferenciais em andamento etc. Essas mudanças podem provocar variações dimensionais na abertura ou na extensão da fissura, exigindo que técnicas adequadas devam ser aplicadas no processo de recuperação da alvenaria.

A verificação do estado de movimentação das fissuras detectadas na edificação em estudo foi realizada por meio de tiras de vidro, fixadas transversalmente à fissura, com o objetivo de identificar eventuais acréscimos da abertura ou deslizamentos.

Nas Figura 51, 52 e 53 são mostradas as tiras que foram fixadas em algumas fissuras com o objetivo de verificar a sua atividade.

Na Figura 51 mostra-se as tiras fixadas com o objetivo de verificar a atividade das fissuras decorrentes de recalque diferencial de fundação.



**Figura 51 – Verificação de atividade da fissura decorrente de recalque diferencial**  
Fonte: O autor (2016)

Podemos observar na Figura 52 a tira fixada com o objetivo de verificar a atividade de uma fissura decorrente de movimentação higroscópica, na base da alvenaria.



**Figura 52 – Verificação de atividade da fissura decorrente de movimentação higroscópica**  
**Fonte: O autor (2016)**

Na Figura 53 observa-se a tira fixada com o objetivo de verificar a atividade de uma fissura decorrente de variação térmica.



**Figura 53 – Verificação de atividade da fissura decorrente de variação térmica**  
**Fonte: O autor (2016)**

#### 6.4.1 Resultado da Análise da Atividade das Fissuras

Em todos os casos mostrados no item anterior, as tiras de vidro não se romperam em um período de 10 dias, indicando que as fissuras de origem estrutural, como recalque de solo, estão estabilizados.

Porém, nas fissuras de origem térmica, mesmo que as tiras de vidro não tenham se rompido no período de observação, serão consideradas como ativas para efeito de escolha de produtos e técnicas para a sua recuperação, considerando que a



amplitude térmica não tenha sido suficiente para introduzir a tensão necessária para sua ruptura.

## 6.5 MAPA DE FISSURAS

No item anterior foram apresentadas as diversas técnicas que podem ser executadas no processo de recuperação de fissuras em alvenaria estrutural, assim como o reforço estrutural necessário.

O presente item deste capítulo será destinado a determinar as técnicas mais adequadas a serem utilizadas para a recuperação de cada fissura identificada na edificação, assim como as medidas corretivas e de reforço de estrutura.

Na Figura 54 mostra-se a planta baixa da edificação analisada, com a localização de todas as fissuras observadas.

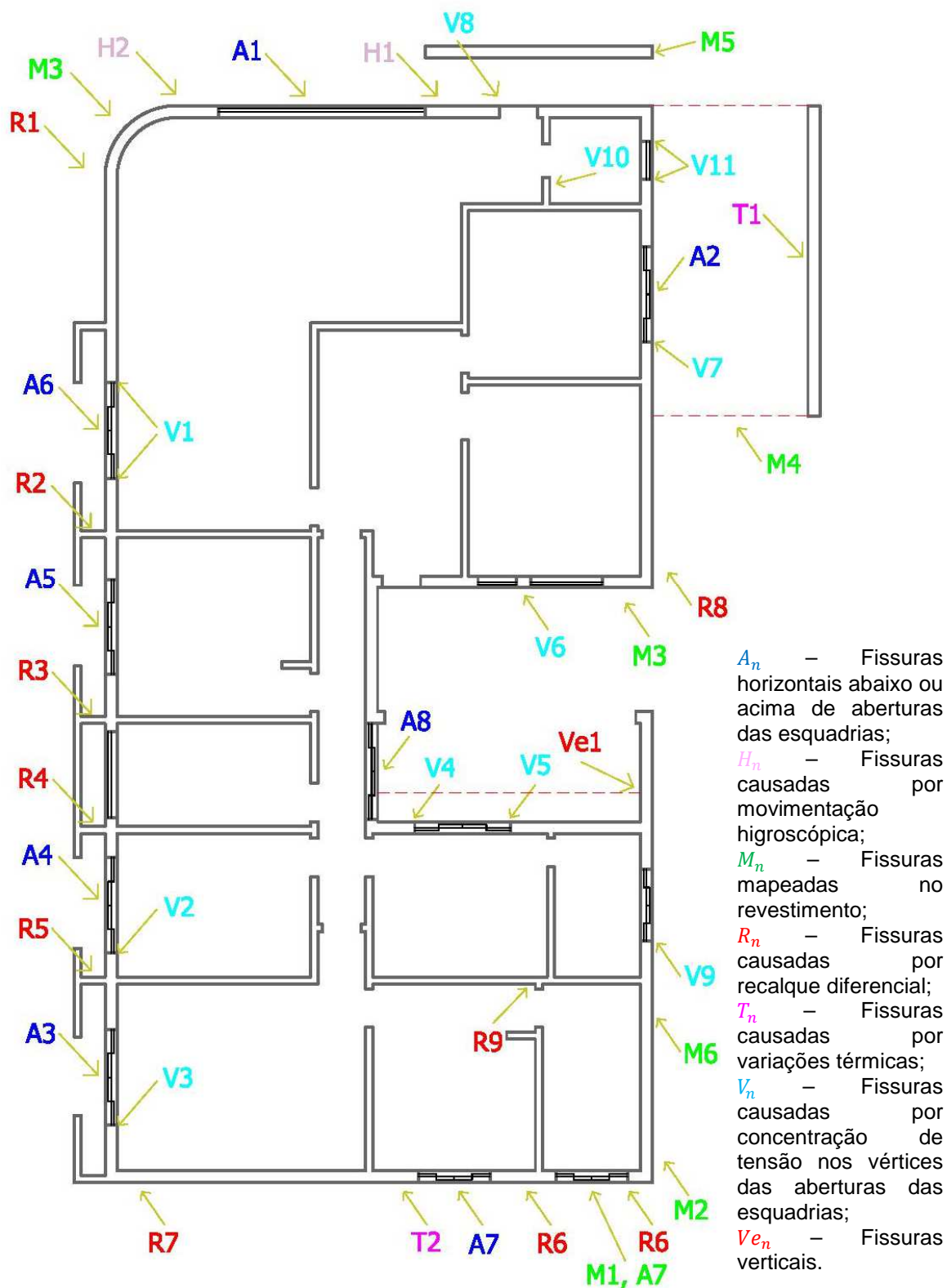


Figura 54 – Localização das fissuras na edificação  
 Fone: O autor (2016)

## 6.6 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO INDICADAS PARA AS FISSURAS OBSERVADAS

As técnicas de recuperação da estrutura assim como para correção das fissuras nas paredes em alvenaria, foram estabelecidas considerando a configuração, espessura e atividade das mesmas, de acordo com as orientações dos autores pesquisados.

No Quadro 3 estão relacionadas as fissuras observadas, seu mecanismo causador, as medidas corretivas necessárias para a recuperação de elementos estruturais e os métodos mais adequados que devem ser utilizados no processo de restauração da alvenaria.

<b>Código Fissura</b>	<b>Características</b>	<b>Mecanismo Causador</b>	<b>Recuperação da Estrutura</b>	<b>Restauração da Fissura</b>
R1 Até R9	Transversal	Recalque diferencial	Reforço de fundação. Medidas complementares: impermeabilização do solo próximo à estrutura, desvio das águas pluviais e remoção de árvores nas proximidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperação com Grampos de Fixação.</li> <li>• Substituição do Revestimento</li> </ul>
H1 e H2	Horizontal na base da alvenaria	Movimentação higroscópica	Medidas complementares: impermeabilização do solo próximo à estrutura, desvio das águas pluviais e remoção de árvores nas proximidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperação com Bandagem de Dessolidarização</li> </ul>

<b>Código Fissura</b>	<b>Características</b>	<b>Mecanismo Causador</b>	<b>Recuperação da Estrutura</b>	<b>Restauração da Fissura</b>
T1	Horizontala entre laje e alvenaria	Variação térmica	Medidas complementares: Redução da insolação sobre a laje e alvenaria de fachada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição das Juntas de Assentamento.</li> </ul>
T2	Horizontal base alvenaria	Variação térmica ou Movimentação higroscópica	Aplicar sistemas de impermeabilização. Medidas complementares: Redução na incidência de insolação direta sobre a alvenaria.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração com Pintura Acrílica;</li> <li>• Recuperação com Bandagem de Dessolidarização.</li> </ul>
M1 Até M6	Fissuras mapeadas	Diversas	Medidas complementares: aplicação de sistemas de impermeabilização para impedir a infiltração. Reduzir a incidência de insolação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração com Pintura Acrílica;</li> <li>• Aplicação de Tela de Poliéster;</li> <li>• Substituição do Revestimento.</li> </ul>
V1 Até V9	Fissuras nos vértices de portas e janelas	Concentração de tensão devido a presença de aberturas na alvenaria	Injeção de graute ou resina epóxi expansiva.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração com Pintura Acrílica.</li> </ul>
V10 e V11	Fissuras nos vértices de portas e janelas	Concentração de tensão devido a presença de aberturas na alvenaria	Injeção de graute ou resina epóxi expansiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição do revestimento com placas cerâmicas</li> </ul>

<b>Código Fissura</b>	<b>Características</b>	<b>Mecanismo Causador</b>	<b>Recuperação da Estrutura</b>	<b>Restauração da Fissura</b>
A1 Até A7	Fissuras horizontais na base ou topo de esquadrias	Variações térmicas ou Movimentação higroscópica causada pela absorção diferenciada de umidade	Impermeabilização entre esquadria e alvenaria. Uso de pingadeiras. Reduzir incidência de insolação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauração com Pintura Acrílica</li> </ul>
A8	Fissura sobre abertura esquadria	Sobrecarga causada pela abertura na alvenaria	Verga sobre a abertura da esquadria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperação com Grampos de Fixação</li> </ul>
Ve1	Fissura vertical	Recalque diferencial	Reforço de fundação. Medidas complementares: impermeabilização do solo próximo à estrutura, desvio das águas pluviais e remoção de árvores nas proximidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperação com Grampos de Fixação</li> </ul>

**Quadro 3 – Quadro resumo das fissuras observadas na edificação, suas características, mecanismo causador e formas de recuperação**  
**Fonte: O autor (2016)**

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as formas de edificações estão suscetíveis, ao longo de sua vida útil, a sofrerem efeitos indesejáveis de manifestações patológicas, interferindo na qualidade do produto, seja no aspecto estético, funcional ou estrutural.

De forma particular, edificações em alvenaria estrutural, por utilizarem quase que exclusivamente materiais frágeis, estão mais vulneráveis a patologias que resultam no surgimento de fissuras, que podem ocorrer desde a etapa construtiva, decorrentes de falhas no projeto, materiais e técnicas utilizadas, até a fase pós ocupacional, seja pelo mau uso, falta de manutenção ou decorrente da interação com o meio físico-químico.

A importância dada às fissuras deve-se ao fato de reduzirem a durabilidade e a vida útil das edificações por permitirem a infiltração, a proliferação de micro-organismos, assim como por causar desconforto psicológico aos usuários e reduzir o valor do imóvel. Outro fator importante devido às fissuras é o fato de estas poderem ter origem decorrentes de falhas estruturais como recalques diferenciais e outras formas perigosas de movimentação, colocando em risco a segurança de seus habitantes.

Desse modo, por meio da bibliografia analisada, foi possível identificar as diversas formas e características que as fissuras podem apresentar e, por meio dessas informações, estabelecer a relação com os mecanismos responsáveis pelo seu surgimento na alvenaria estrutural.

A identificação e eliminação desses mecanismos é essencial para o processo de recuperação da alvenaria, pois permite que as técnicas de restauração aqui estudadas possam ser aplicadas de forma eficiente, de modo a restabelecer o desempenho e o conforto da edificação.

Também foi abordada a importância em se adotar medidas complementares de proteção, necessárias para preservar a estrutura da ação dos agentes causadores das patologias, como a impermeabilização do solo nas regiões próximas à estrutura, desvio das águas pluviais, remoção de árvores nas proximidades da edificação etc., reduzindo assim a necessidade da execução de reparos futuros que além de onerosos, causam diversos transtornos ao usuário da edificação.

## 8. REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Ilídio F. **Manifestações Patológicas em Empreendimentos Habitacionais de Baixa Renda Executados em Alvenaria Estrutural: Uma análise da Relação de Causa e Efeito**. 2008. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: < <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17357/000714642.pdf?sequence=1> > Acesso em: 20 out. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798: Execução de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBT 10837: Cálculo de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

AZEREDO, Helio Alves. **O Edifício Até Sua Cobertura**. Editora. 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

CAMACHO, Jefferson S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: UNESP, 2006. Disponível em: < <http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf> > Acesso em: 30 out. 2015.

CARDOSO, Renata. **Alvenaria Estrutural Protendida: princípios e aplicação**. 2013, 77f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia,

Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96302/000914990.pdf?sequence=1>> Acesso em: 12 nov. 2015.

CASOTTI, Denis E. **Causas e Recuperação de Fissuras em Alvenaria**. 2007. 80f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de São Francisco, USF, Itatiba, 2007. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1061.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2016.

CHAGAS, Júnia S. N. **Investigação Experimental e Numérica sobre a reabilitação da Alvenaria Estrutural utilizando reforço em Compósitos Poliméricos**. 2005. 154f. Dissertação (Mestrado em modelagem matemática e computacional) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.mmc.cefetmg.br/info/downloads/D003-JuniaSoaresNogueiraChagas2005.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2016.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre, 1998. CIENTEC – Boletim técnico n.25.

FREITAS Jr., José de Almendra. **Alvenaria Estrutural**. Universidade Federal do Paraná – Construção Civil II, Curitiba: UFPR, 2013. Disponível em: <[http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/70/TC025\\_Alvenaria\\_estrutural\\_A\\_x.pdf](http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/7/70/TC025_Alvenaria_estrutural_A_x.pdf)> Acesso em: 01 nov. 2015.

GRIMM, C. T. **Masonry Cracks: Cause, Prevention and Repair**. Masonry International, BMB, v. 10, n.3, p.66-67, 1988.

HOLANDA Jr., O.G. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural**. 2002. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

KAGEYAMA, Tacao; Kishi; Meirelles. As interferências do processo construtivo da alvenaria estrutural na redução dos custos na construção arquitetônica. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 6, n. 6-10, 2006.



Disponível em: < <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/3326>> Acesso em: 10 nov. 2015.

KALIL, Sílvia Baptista; LEGGERINI, Maria Regina. Estruturas Mistas – **Concreto Armado X Alvenaria Estrutural**. 2009, 54f. Graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

MEDEIROS, Jonas S. et al. **Alvenaria Estrutural não Armada de blocos de concreto: Produção de componentes e Parâmetros de Projeto**. São Paulo, 1993. BT/PCC– Boletim técnico n.25. Disponível em: < [http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT\\_00098.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00098.pdf)> Acesso em 8 nov. 2015.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://www.allquimica.com.br/arquivos/websites/artigos/A-00034200652814325.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2015.

MOCH, Tiago. **Interface Esquadria/Alvenaria e seu entorno: Análise das manifestações patológicas típicas e propostas de soluções**. 2009. 178f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em <<http://books.scielo.org/id/6tmww/pdf/macedo-9788575412725-06.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2016.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em Edificações**. 2003. 83f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-03/civil-01.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2015.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

PESTANA, Eloi H. Assunção, et al. **A alvenaria estrutural e seu desenvolvimento histórico**. 2014. 17f. TCC (Graduação em engenharia civil) – Instituto Federal, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, 2014. Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/felipelimadacosta/a-alvenaria-estrutural-e-seu-desenvolvimento-historico> > Acesso em: 10 nov. 2015.

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

RFATI, Kassiana K. P. **Inspeção em Estruturas de Alvenaria em Blocos Estruturais**. 2013. 93f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Pato Branco, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/851/1/PB\\_COECI\\_2012\\_2\\_06.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/851/1/PB_COECI_2012_2_06.PDF)> Acesso em: 12 abr. 2016.

ROMANO, C. Augusto. **Apostila de tecnologia do concreto**. Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil. Engenharia de Produção Civil, 2008. Disponível em: < <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2013/04/Concreto-02.pdf> > Acesso em 10 nov. 2015.

SABBATINI, F.H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico: Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal**. Caixa Econômica Federal, Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano. Março, 2003. Disponível em: <[http://www.anicer.com.br/arquivos/alvenaria%20estrutural/alv\\_estrutural.pdf](http://www.anicer.com.br/arquivos/alvenaria%20estrutural/alv_estrutural.pdf) > Acesso em: 14 mai. 2016.

SAHADE, Renato Freua; MACHADO, Luciana Varella; CAVANI, Gilberto de Ranieri. Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em revestimentos de vedação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 10., 2013, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Univ. Federal do Ceará, 2013. 15 p.

SAMPAIO, Marliane Brito. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) –

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: < [www.teses.usp.br/teses/.../18/.../2010ME\\_MarlianeBritoSampaio .pdf](http://www.teses.usp.br/teses/.../18/.../2010ME_MarlianeBritoSampaio.pdf)> Acesso em: 20 out. 2015.

THOMAZ, Ércio et al. **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. Código de Práticas nº 1. São Paulo: IPT, 2009.

THOMAZ, Érico. **Trincas em Edifícios – causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 1989.

VALLE, Juliana B. de Senna. **Patologia das alvenarias**. 2008. 72f. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: < <http://www.pos.demc.ufmg.br/2015/trabalhos/pg1/Patologia%20das%20alvenarias.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2015.