

N. CLASS. M 690.26  
CUTTER A9947  
ANO/EDIÇÃO 2014

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**ENGENHARIA CIVIL**

**ELISA OLIVEIRA AZEVEDO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES PLURIHABITACIONAIS EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL**

**Varginha  
2014**

**FEPESMIG**

**ELISA OLIVEIRA AZEVEDO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES PLURIHABITACIONAIS EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da  
Universidade do Sul de Minas (UNIS) como requisito  
para obtenção do grau de bacharel sob orientação do  
professor M. Sc. Antônio de Faria.

**Varginha  
2014**

**ELISA OLIVEIRA AZEVEDO**

**FISSURAS EM EDIFICAÇÕES PLURIHABITACIONAIS EM ALVENARIA  
ESTRUTURAL**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Minas (UNIS) como requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof. M. Sc. Antonio de Faria

---

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Prof. Esp. Armando Belato Pereira

Dedico este trabalho aos meus pais Willian José Andrade Azevedo e Venise Oliveira Azevedo que foram sempre a razão de tudo o que eu faço.

**Grupo Educacional UNIS**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar coragem nos momentos mais difíceis e força para conciliar as atividades da vida profissional e acadêmica. Ao meu pai Willian José Andrade Azevedo por compartilhar seus preciosos conhecimentos na área da construção civil e a minha mãe Venise de Oliveira Azevedo pela confiança e amor.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo e carinho ao longo desses cinco anos de vários dias sufocantes e corridos.

A minha tia Sônia Maria Azevedo Souza, pela motivação e a certeza de que ao final dessa etapa as conquistas profissionais seriam imensas e merecedoras.

Ao meu orientador, Antonio de Faria pela paciência e pelos seus conhecimentos repassados para que este trabalho pudesse ser elaborado.

Aos meus amigos, pelos bons momentos durante a vida universitária e pelo grande companheirismo durante todo o curso.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

## RESUMO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo conhecido desde as civilizações antigas e hoje está cada vez mais presente nas construções brasileiras por estar voltado para obtenção de edifícios econômicos e racionais. Mesmo sendo um método já conhecido há dezenas de anos, varias patologias ainda são encontradas nas construções de alvenaria estrutural, sendo as fissuras consideradas a principal delas. Pode ocorrer devido à alta concentração de cargas, recalque das fundações, retração, movimentações higroscópicas, variações térmicas, instalações elétricas e sanitárias e até mesmo por erros construtivos e falta de especialização da mão-de-obra. Este trabalho descreve os componentes e elementos que fazem parte do sistema construtivo e relata as principais causas das fissurações encontradas em edificações de alvenaria estrutural, a fim de corrigi-las ou evitá-las.

**Palavras-chave:** Alvenaria Estrutural, patologias, fissuração.

## **ABSTRACT**

*The structural masonry is a construction system known from ancient civilizations and is now increasingly present in Brazilian buildings to be geared toward achieving economic and rational buildings. Even if a method already known for decades, several pathologies are still found in buildings of structural masonry, and cracks considered the main one. May occur due to the high concentration of charges, settlement of foundations, shrinkage, hygroscopic movements, thermal variations, electrical and sanitary installations and even for construction errors and lack of specialization of hand labor. This paper describes the components and elements that are part of the building system and reports the main causes of cracks found in structural masonry buildings in order to fix them or avoid them.*

*Keywords: Structural masonry, pathologies, fissure.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Edifício Monadnock. ....	16
Figura 02 - Edifício residencial no Brasil.....	17
Figura 03 - Colocação da Argamassa.....	19
Figura 04 - Tipos de Blocos de Concreto. ....	20
Figura 05 - Tipos de Blocos Cerâmicos. ....	21
Figura 06 - Uso de grampo para amarração das paredes.....	22
Figura 07 - Dimensões de um bloco.....	24
Figura 08 - Dimensões reais. ....	25
Figura 09 - Fiadas e elevação de uma parede sem juntas a prumo. ....	26
Figura 10 - Modulação de piso a teto. ....	26
Figura 11 - Modulação de piso a piso.....	27
Figura 12 - Esmagamento em pontos localizados.....	29
Figura 13 - Fissuração nos cantos das aberturas. ....	29
Figura 14 - Fissuras Inclínadas. ....	30
Figura 15 - Fissuras influenciadas pela fundação vizinha.....	30
Figura 16 - Fissuras mapeadas decorrentes da retração da argamassa.....	31
Figura 17 - Fissuras causadas pela retração das lajes.....	32
Figura 18 - Fissura causada por movimentações higroscópicas. ....	32
Figura 19 - Fissuras decorrentes da variação térmica da laje. ....	33
Figura 20 - Principais causas das infiltrações. ....	35
Figura 21 – Régua utilizada para medir a espessura da fissura. ....	37
Figura 22 - Entrada principal residencial Vila Romana. ....	37
Figura 23 - Fissura horizontal acima da última laje. ....	38
Figura 24 - Localização 10º bloco.....	39
Figura 25 - Fachada dos blocos do condomínio Villa Verde.....	40
Figura 26 - Fissuração nos cantos das aberturas. ....	40
Figura 27 - Fissura inclinada em cantos de aberturas de janela.....	41
Figura 28 - Fissura inclinada no canto de abertura da janela até o encontro de paredes.....	42
Figura 29 - Localização do 1º bloco.....	42
Figura 30 - Fissura no canto inferior de abertura de janela. ....	43
Figura 31 - Localização do 4º bloco.....	44
Figura 32 - Fissura horizontal próxima à última laje. ....	45

Figura 33 - Localização do 1º bloco.....	45
Figura 34 - Fissura horizontal próxima à última laje. ....	46
Figura 35 - Localização do 2º bloco.....	46
Figura 36 - Fissura horizontal extensa.....	47
Figura 37 - Localização do 3º bloco.....	47
Figura 38 - Fissura horizontal no 4º bloco.....	48
Figura 39 - Localização do 4º bloco.....	48
Figura 40 - Fissura horizontal no encontro entre paredes no 5º bloco. ....	49
Figura 41 - Fissura horizontal no encontro entre paredes no 6º bloco. ....	49
Figura 42 - Localização do 5º e 6º bloco, respectivamente. ....	50
Figura 43 - Armadura de borda.....	50
Figura 44 - Fissura horizontal próxima a terceira laje.....	51
Figura 45 - Fissura horizontal próxima a terceira laje.....	52
Figura 46 - Localização da fissura mapeada.....	52
Figura 47 - Localização da rachadura.....	53
Figura 48 - Rachadura ocasionada pela argamassa de revestimento.....	53
Figura 49 - Uso de vergas e contravergas.....	54
Figura 50 - Solução para fissura já existente .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões padronizadas.....	24
Tabela 2 – Espessuras das anomalias .....	28

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

CIENTEC – Fundação de Ciência e Tecnologia

UEMA – Universidade Estadual do Maranhão

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivo .....	14
1.1.1 Geral .....	14
1.1.2 Específicos .....	14
1.2 Metodologia .....	14
1.3 Justificativa .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Breve histórico .....	15
2.2 Conceito.....	17
2.3 Tipos de Alvenaria .....	18
2.3.1 Alvenaria não armada .....	18
2.3.2 Alvenaria armada ou parcialmente armada.....	18
2.3.3 Alvenaria protendida .....	18
2.4 Componentes .....	18
2.4.1 Argamassa.....	19
2.4.2 Bloco.....	20
2.4.3 Graute.....	21
2.4.4 Armadura .....	22
2.5 Elementos .....	23
2.5.1 Vergas .....	23
2.5.2 Contravergas.....	23
2.6 Modulação .....	23
2.6.1 Blocos usualmente utilizados.....	24
2.6.2 Escolha da modulação .....	25
2.6.3 Modulação horizontal .....	25
2.6.4 Modulação vertical .....	26
2.7 Patologias.....	27
2.7.1 Fissuras, trincas e rachaduras .....	27
2.7.1.1 Carregamento excessivo de compressão .....	28
2.7.1.2 Recalque nas fundações.....	30
2.7.1.3 Retração .....	31
2.7.1.4 Movimentações higroscópicas .....	32
2.7.1.5 Variações térmicas .....	33
2.7.1.6 Influência das instalações hidráulicas e elétricas no processo de abertura de fissuras/trincas .....	34
2.7.2 Eflorescências.....	34
2.7.3 Infiltração .....	35
<b>3 PROPOSTA DE TRABALHO.....</b>	<b>35</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>36</b>
4.1 Residencial Vila Romana .....	37
4.2 Residencial Villa Verde.....	39

4.2.1 Abertura de fissura causada provavelmente pelo carregamento excessivo de compressão.....	40
4.2.2 Abertura de fissura causada provavelmente pela retração e/ou rotação na laje.....	44
4.2.3 Abertura de fissura causada provavelmente pelo encontro entre paredes .....	51
4.2.4 Abertura de fissura causada provavelmente pela argamassa de revestimento.....	51
<b>5 POSSÍVEIS SOLUÇÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é considerada um sistema construtivo muito tradicional, tendo sido muito utilizado desde o início da atividade humana de executar estruturas para diversos fins. (RAMALHO; CÔRREA, 2003). Segundo o mesmo autor a utilização de blocos de diversos materiais, como argila e pedras foram utilizados em muitos monumentos de grande importância histórica, e estão em perfeitas condições até nos dias de hoje, sendo que alguns ainda são utilizados, num testemunho de durabilidade e aceitação deste material e deste sistema construtivo ao longo do tempo.

A partir da década de 70 no Brasil, devido a um aumento significativo na pesquisa básica e aplicada, a alvenaria passou a ser tratada como uma tecnologia de engenharia, através do projeto estrutural baseado em princípios científicos rigorosos (RAMALHO; CORRÊA, 2003) e da execução com critérios mais bem definidos. Apesar de sua chegada tardia, o processo construtivo de alvenaria estrutural acabou se firmando com uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edifícios residenciais e também industriais.

Não são utilizados pilares e vigas em alvenaria estrutural, pois a própria parede de vedação composta por um elemento de vedação, o bloco de concreto ou bloco cerâmico, compõe a estrutura da edificação e distribuem as cargas uniformemente ao longo das fundações.

É considerado um sistema eficiente e econômico, uma vez que várias etapas da obra referente aos elementos estruturais vigas e pilares são eliminados. Com isso reduz-se o tempo da construção e há também uma significativa redução em termos financeiros.

Esse sistema construtivo tem ocasionando uma grande quantidade de patologias, e uma das principais são as fissuras, principalmente aquelas encontradas próximas as portas e janelas onde há maior concentração de cargas.

Verifica-se que com algumas alterações construtivas, melhora na qualidade da execução, experiência de operários, controle de qualidade dos materiais essas patologias que ocorrem na alvenaria estrutural podem ser evitadas.

## **1.1 Objetivo**

### **1.1.1 Geral**

Como objetivo geral deste trabalho, pretende-se estudar os principais tipos de patologias encontradas em edificações de alvenaria estrutural e suas principais causas, a fim de corrigi-las ou evitá-las.

### **1.1.2 Específicos**

Em termos de objetivos mais específicos, procura-se realizar uma descrição dos materiais e elementos que fazem parte do sistema construtivo das edificações em alvenaria estrutural para analisar onde ocorrem com maior frequência as fissuras, que será o foco deste trabalho, as suas principais causas e por fim apresentar métodos e soluções para evitar esse tipo de patologia.

## **1.2 Metodologia**

O trabalho foi dividido em duas etapas: TCC 01 – realizado durante o primeiro semestre de 2014 e TCC 02 – realizado durante o segundo semestre de 2014.

Na primeira etapa a metodologia utilizada ao longo do trabalho foi baseada em revisão bibliográfica, identificação do problema seguido de possíveis soluções e uma sequência de atividades que seriam desenvolvidas ao longo do segundo semestre para a realização da próxima etapa do trabalho.

Na segunda etapa foram apresentados estudo de casos de edifícios plurihabitacionais de alvenaria estrutural de bloco de concretos já construídos, visitas de campo e relatórios fotográficos a fim de caracterizar o tipo de fissura e identificar as possíveis causas de fissuras que ocorrem e as possíveis soluções para evitá-las ou corrigi-las.

### 1.3 Justificativa

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo eficiente e econômico para a execução de edificações residenciais e industriais e por esse motivo o interesse por esse sistema vem aumentando de forma notável no país.

Mesmo sendo um processo racional a alvenaria estrutural ainda apresenta uma grande desvantagem: as fissurações nas edificações. A falta de conhecimento do sistema, a falta de mão-de-obra e até mesmo a falta de um controle de qualidade dos materiais são fatores que contribuem para esse tipo de patologia.

Diante dessa situação este trabalho pretende analisar esse problema e propor soluções a fim de evitar essas fissurações para que no futuro esse método construtivo seja bem aceito no setor da construção.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Breve histórico

As edificações estão entre as construções que tem maior aceitação pelo homem, não somente hoje, como também nas civilizações antigas (DUARTE, 1999). Edificações monumentais que desafiaram o tempo são destacadas nos quesitos da durabilidade e do material.

“Com o passar do tempo, os materiais e as formas construtivas foram se aperfeiçoando. Os egípcios, gregos e romanos utilizavam pedra bruta encaixada como um quebra-cabeça na construção de fortalezas, igrejas e pirâmides. Temos exemplos como o Farol de Alexandria, no Mediterrâneo, o Templo de Efésio, o Coliseu de Roma, a Muralha da China e as Catedrais Góticas.” (SILVA; COSTA,2007,p.32).

Ramalho e Corrêa (2003) citam o edifício de Monadnock, em Chicago, construído entre 1889 a 1891, no auge da aplicação e desenvolvimento da alvenaria estrutural. Foi considerado uma obra ousada, com seus 16 pavimentos e 65 metros de altura. As paredes na base têm 1,80 metros de espessura, devidos aos métodos empíricos de dimensionamento na época. Acredita-se que suas paredes teriam espessura inferior a 30 centímetros, se fosse dimensionado pelos métodos de hoje.

Figura 01 - Edifício Monadnock.



(Fonte: Edificação Moderna Blogspot. Disponível em:

<<http://edificacaomoderna.blogspot.com.br/2012/03/alvenaria-estrutural-i.html>>

Acesso em: 08/04/2014

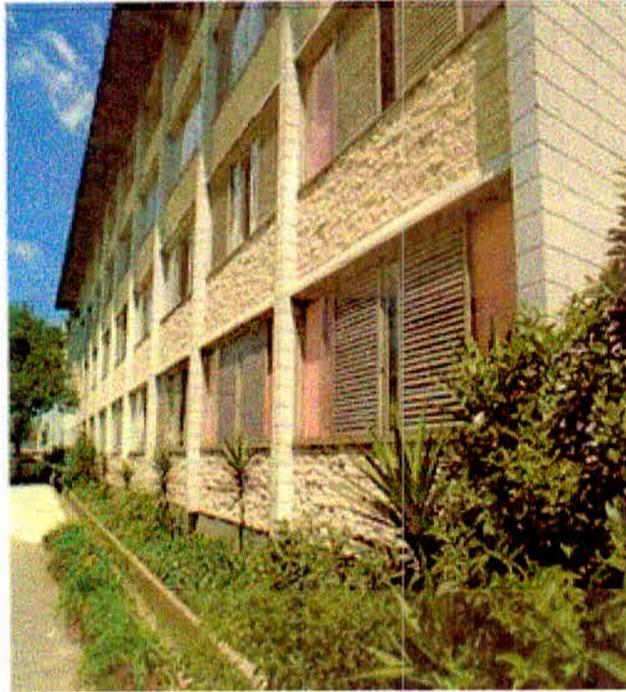
Em 1950 a construção de um edifício, na Basileia, Suíça, por Paul Haller foi um marco importante na história das construções em alvenaria. Foi executado em alvenaria não estrutural, tem 13 pavimentos e 42 metros de altura. A espessura das paredes internas é de 15 centímetros e as externas 37,5 centímetros. (RAMALHO; CORRÊA, 2003)

No Brasil a alvenaria é utilizada desde que os portugueses aqui desembarcaram, no início do século XVII, mas a alvenaria com blocos estruturais vista como um sistema construtivo voltado para obtenção de edifícios mais econômicos e racionais demorou a encontrar o seu espaço. (RAMALHO; CORRÊA, 2003)

Após o surgimento técnica de fabricação de blocos de concreto e normas de construção surgiu vários edifícios de alvenaria estrutural no Brasil. (COELHO, 1998).

Os primeiros edifícios de alvenaria estrutural construídos no Brasil foram executados com blocos de concreto e tinham apenas quatro pavimentos. Ramalho e Corrêa (2003) supõem que eles surgiram por volta de 1966.

Figura 02 - Edifício residencial no Brasil.



(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 5)

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003, p. 5), “em alvenaria não-armada, apenas em 1977 se tem notícia dos primeiros edifícios, com nove pavimentos. Essas edificações foram executadas com blocos sílico-calcários, com 24 cm de espessura para as paredes estruturais.

Mesmo com sua chegada tardia, a alvenaria foi muito bem aceita no Brasil, destacando as construções de blocos de concreto, por ser uma alternativa construtiva eficiente e econômica para a execução de edificações residenciais, principalmente as de classe baixa e industriais.

## 2.2 Conceito

Segundo Taiul e Nesse (2010) alvenaria é um conjunto de peças justapostas coladas por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical com função de vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, a ação do fogo, a impactos, promover segurança, isolar e proteger acusticamente os ambientes além de contribuir para a manutenção do conforto térmico.

Além dessas vantagens, esse sistema construtivo está voltado para obtenção de edifícios mais econômicos e racionais.

## **2.3 Tipos de Alvenaria**

Esse sistema construtivo pode ser dividido em 3 tipos: alvenaria não-armada, alvenaria armada ou parcialmente armada e alvenaria protendida.

### **2.3.1 Alvenaria não-armada**

É o tipo de alvenaria que recebe o graute nos reforços de aços (barras, fios e telas) e vergas de portas, vergas e contravergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas. O graute evita patologias futuras como trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura, movimentação por efeitos térmicos, de vento e concentração de tensões.

### **2.3.2 Alvenaria armada ou parcialmente armada**

É o tipo de alvenaria que recebe esforços nas regiões de exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos que posteriormente são grauteadas, além do preenchimento das juntas verticais.

### **2.3.3 Alvenaria protendida**

A alvenaria protendida é pouco utilizada, devido aos materiais, dispositivos e mão-de-obra para a protensão têm custo muito alto para o padrão de construção do país. É um tipo de alvenaria reforçada por uma armadura pré-tensionada que submete a alvenaria a esforços de compressão.

## **2.4 Componentes**

Os principais componentes que compõe os elementos da alvenaria estrutural são: argamassa, blocos, graute e armadura.

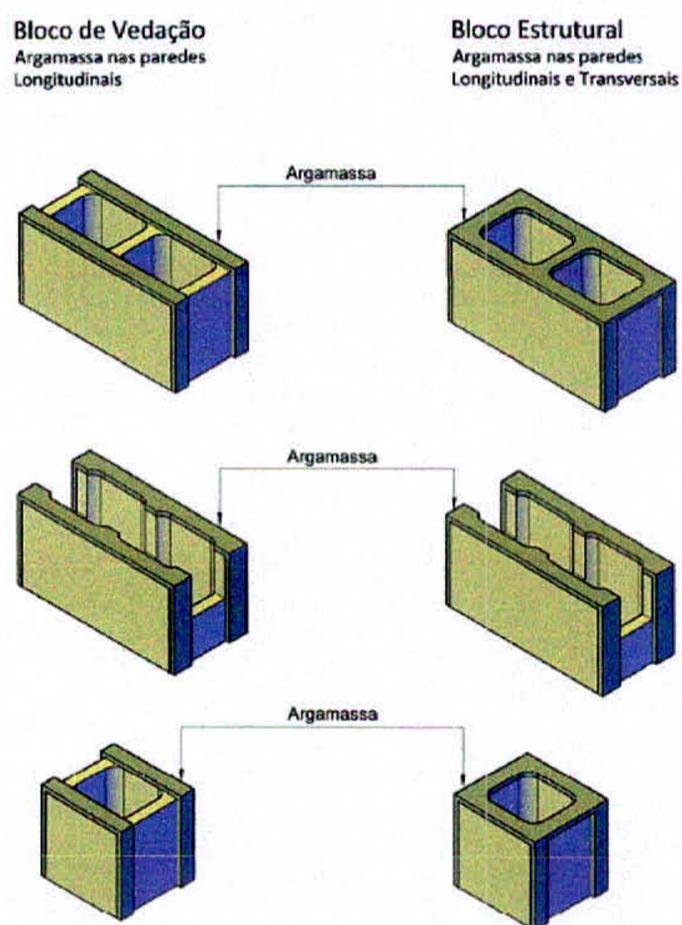
### 2.4.1 Argamassa

A argamassa de assentamento é responsável por solidarizar os blocos de concreto, cerâmicos ou sílico-calcáreos, transmitir e uniformizar as tensões entre os blocos de alvenaria, absorver pequenas deformações e evitar a entrada de água e de vento nas edificações. (RAMALHO; CORRÊA, 2003)

Segundo Tauil e Nese (2010), a argamassa é composta de areia, cimento, cal e água e para o desempenho de suas funções devem reunir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade, durabilidade, aderência e minimização da retração.

A espessura da junta horizontal deve estar dentro dos limites que a NBR 10837/1989, estabelece 1 cm. Foi comprovado por Francis (1971) que o aumento da espessura da junta horizontal gera uma redução no confinamento da argamassa, resultando também uma redução na resistência da parede. (RAMALHO; CORRÊA, 2003)

Figura 03 - Colocação da Argamassa.



(Fonte: Taiul e Nesse, 2010, p. 83)

## 2.4.2 Bloco

Os blocos são um dos componentes básicos da alvenaria estrutural, exercendo grande influência à compressão dos painéis de parede e são a base da organização dos componentes nos projetos.

A eficiência dos blocos pode variar de acordo com o material, sua forma e até mesmo a resistências deles. Considera-se usualmente que os blocos de concreto apresentem uma eficiência maior que a dos blocos cerâmicos.

Os tipos de blocos mais usados no Brasil nas edificações são os blocos de concreto, que são os mais utilizados, blocos cerâmicos e os blocos sílico-calcáreas, que são raramente utilizados.

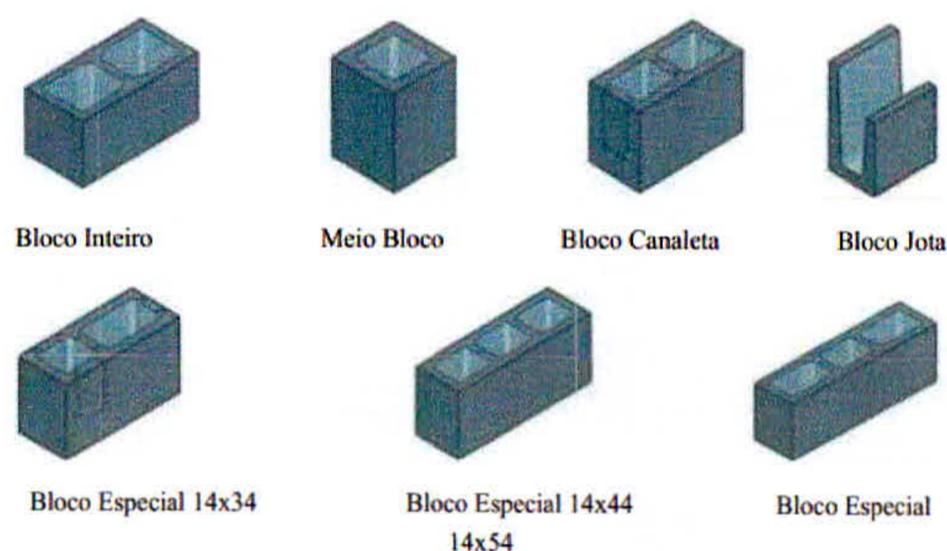
Segundo Ramalho e Corrêa (2003), os blocos podem ser maciços ou vazados. São considerados blocos maciços aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total. Se os vazios, excederem esse limite, ele é considerado bloco vazado.

Desse detalhe advêm dois conceitos de grande importância estrutural. A tensão em relação a área bruta que se refere à área total do bloco, desconsiderando os vazios e a tensão em relação a área líquida que é a tensão calculada descontando-se a área dos vazios, que é em torno de 50%. (RAMALHO E CORRÊA, 2003)

Resistência a compressão, vedação, estabilidade dimensional, trabalhabilidade, absorção adequada e modulação são propriedades que os blocos devem possuir.

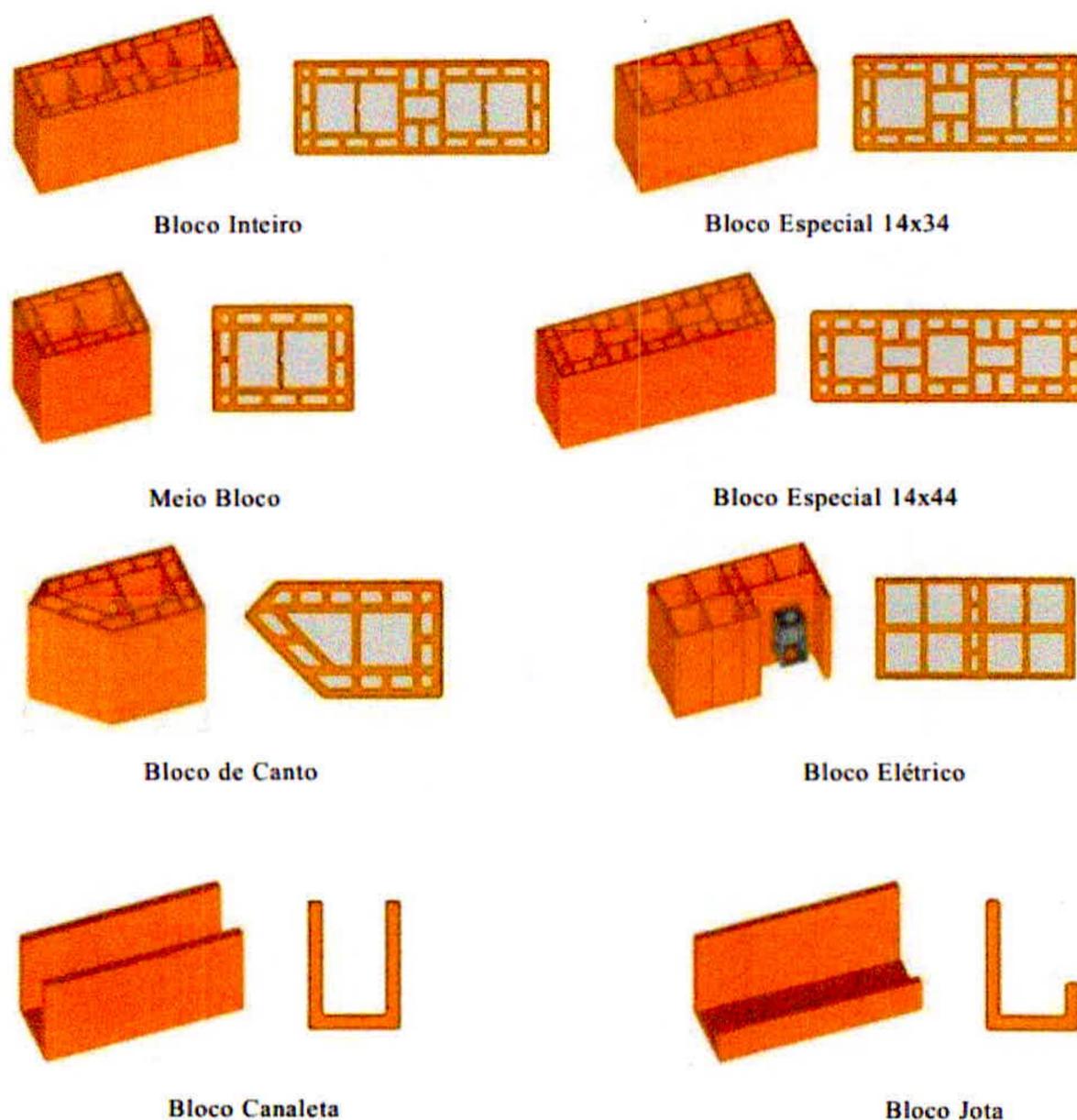
Os diversos tipos de blocos encontrados estão ilustrados abaixo.

Figura 04 - Tipos de Blocos de Concreto.



(Fonte: Dissertação Camacho, 2006)

Figura 05 - Tipos de Blocos Cerâmicos.



(Fonte: Dissertação Camacho, 2006)

### 2.4.3 Graute

Graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluído, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal dos blocos ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios. (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Dessa maneira pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria a compressão ou permitir que as armaduras colocadas combatam tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de resistir.

O conjunto bloco, graute e armadura trabalham monoliticamente, de maneira semelhante ao que ocorre com o concreto armado. Para que isso ocorra, o graute deve

envolver completamente as armaduras e aderir tanto a ela quanto ao bloco, de modo a formar um único conjunto.

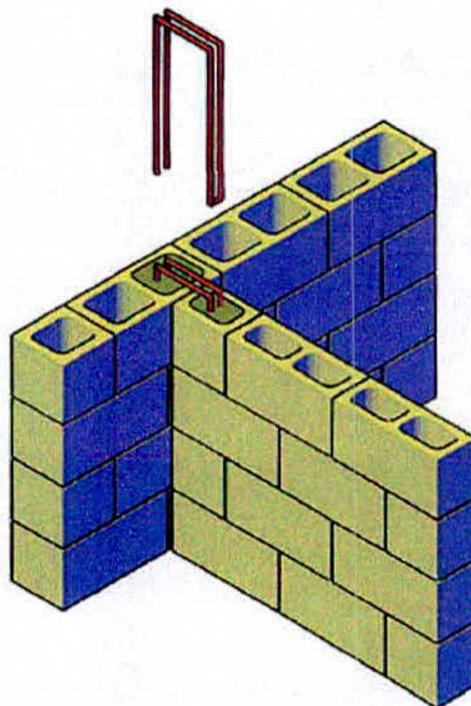
Segundo a NBR 10837/1989, a resistência do graute deve maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco já citada acima.

#### 2.4.4 Armadura

Ramalho e Corrêa (2003) destacam que as armaduras utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, porém serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria. No caso das armaduras posicionadas nas juntas das argamassas de assentamento, é importante ressaltar que o diâmetro deve ser no mínimo 3,8 mm e não pode ultrapassar a metade da espessura da junta.

A armadura pode ser usada também como elemento de amarração das paredes, conforme figura abaixo.

Figura 06 - Uso de grampo para amarração das paredes.



(Fonte: Tauil e Nese, 2010, p. 98)

## **2.5 Elementos**

Os vãos das janelas e portas são regiões de grande concentração de tensões, por isso é recomendado o uso de vergas e contravergas, uma vez que esses elementos melhoram a distribuição das cargas diminuindo ou eliminando o risco de surgirem fissuras nas paredes.

### **2.5.1 Vergas**

No caso de alvenarias estruturais, as vergas são elementos estruturais colocados sobre os vãos das janelas e portas com função de redistribuir as tensões ao longo da alvenaria. Elas são executadas com o emprego dos blocos tipo canaleta, de concreto ou cerâmico.

### **2.5.2 Contravergas**

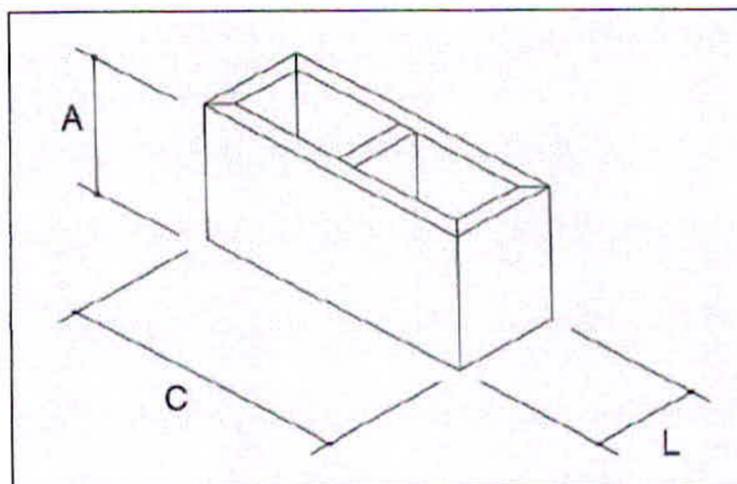
As contravergas também são elementos estruturais com a função de absorver as tensões de tração, porém estão apenas sob as janelas e são executadas com o emprego do bloco tipo canaleta, seja de concreto ou cerâmico.

## **2.6 Modulação**

Modular um arranjo arquitetônico significa acertar suas dimensões verticais e horizontais da edificação com as dimensões dos blocos, lembrando que o comprimento e a largura devem ser iguais ou múltiplos, evitando assim a necessidade de utilização de blocos especiais para atender a amarração das paredes e também cortes ou ajustes durante a execução da obra.

Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que o comprimento e a largura definem o módulo horizontal, ou módulo em planta. Já o módulo vertical é definido pela altura do bloco.

Figura 07 - Dimensões de um bloco.



(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 13)

A principal vantagem da modulação é a racionalização de materiais reduzindo conseqüentemente o custo da obra.

#### 2.6.1 Blocos usualmente utilizados

A NBR 6136: 1994 especifica duas larguras padronizadas de blocos conforme a tabela 1: M-15, largura nominal de 15 cm e M-20, largura nominal de 20cm.

Tabela 1- Dimensões padronizadas.

Dimensões nominais (cm)	Designação	Dimensões padronizadas (mm)		
		Largura	Altura	Comprimento
20 x 20 x 40	M-20	190	190	390
20 x 20 x 20		190	190	190
15 x 20 x 40	M-15	140	190	390
15 x 20 x 20		140	190	190

(Fonte: NBR 6136, 1994, p. 3)

Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que no Brasil os blocos com comprimento múltiplo de 15 e 20 são facilmente encontrados. No Norte e Nordeste é comum encontrar blocos com módulo de 12cm, usados geralmente nas edificações de até dois pavimentos.

### 2.6.2 Escolha da modulação

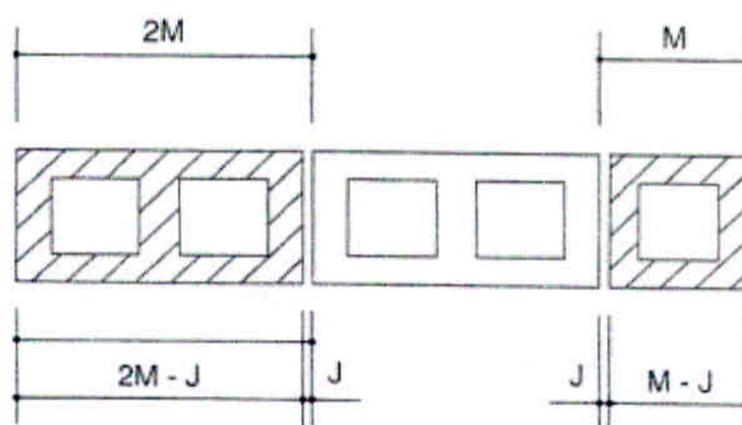
O arranjo arquitetônico influencia na definição da modulação, mas o parâmetro mais importante para a definição da distância modular horizontal de uma edificação é a largura do bloco a ser adotado, porque o ideal é que o módulo longitudinal dos blocos a serem utilizados seja igual à largura adotada (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Quanto à modulação vertical a distância de piso a teto é ajustada para que seja um múltiplo do módulo vertical a ser adotado. Sendo assim, o módulo horizontal e a largura do bloco adotado não influenciam na escolha do módulo vertical.

### 2.6.3 Modulação horizontal

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003),  $M$  e  $J$  referem-se ao comprimento real do bloco mais a espessura de uma junta, respectivamente. Conforme se apresenta na figura 08, o comprimento real de um bloco inteiro será  $2M - J$  e o comprimento real de um meio bloco será  $M - J$ , considerando as juntas mais comuns, que são de 1 cm.

Figura 08 - Dimensões reais.



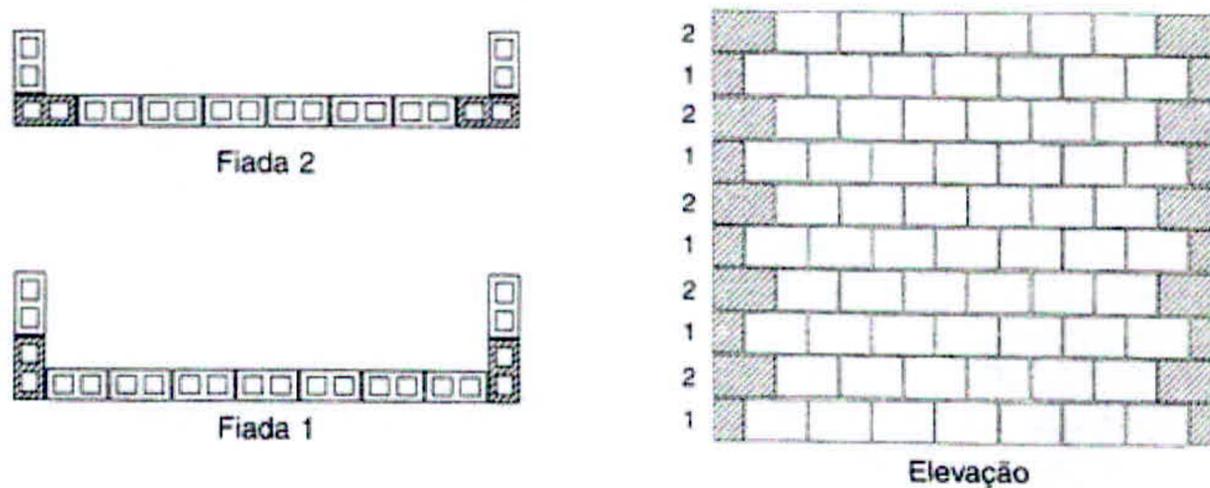
(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 17)

Dessa forma as dimensões reais de uma edificação entre faces dos blocos serão determinadas pelo número de módulos e juntas presentes no intervalo.

Quanto aos blocos de canto ou borda conclui-se que quando é um número par vezes o módulo, os blocos estarão posicionados paralelos. Se a dimensão for um número ímpar vezes o módulo, os blocos estarão posicionados perpendiculares (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

A partir desses conceitos será possível definir a primeira fiada. As demais são definidas de modo a produzir o melhor encadeamento possível entre os blocos.

Figura 09 - Fiadas e elevação de uma parede sem juntas a prumo.



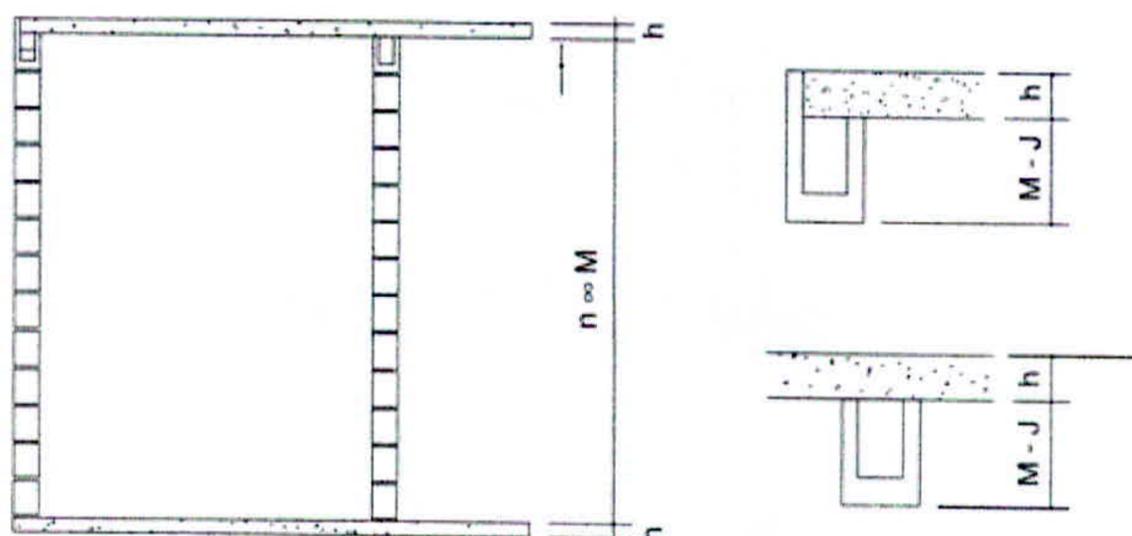
(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 18)

#### 2.6.4 Modulação vertical

Ramalho e Corrêa (2003) citam duas maneiras de realizar a modulação vertical.

Uma delas é aquela em que a distância modular é aplicada de piso a teto na qual as paredes de extremidades serão finalizadas com um bloco J que tem uma de suas laterais com uma altura maior que a convencional, acomodando na laje. Já as paredes internas terão sua última fiada composta por blocos de canaleta comuns.

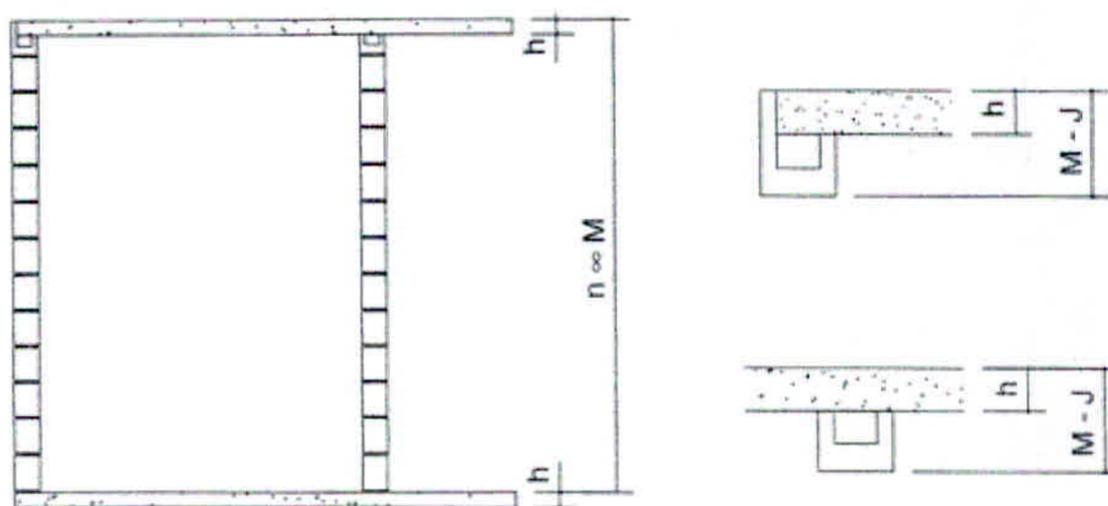
Figura 10 - Modulação de piso a teto.



(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 22)

A segunda maneira é a aplicação de piso a piso na qual a última fiada das paredes externas será formada por um bloco J com uma das suas laterais com altura menor que a convencional, propiciando também a acomodação da espessura da laje. Já as paredes internas, terminarão com blocos compensadores que permitem o ajuste da distância que não está modulada.

Figura 11 - Modulação de piso a piso.



(Fonte: Ramalho e Corrêa, 2003, p. 23)

## 2.7 Patologias

O termo patologia é derivado do grego (*pathos* – doença, e *logia* – ciência, estudo) e significa estudo de doenças. Foi muito usado na medicina e hoje tem sido empregado na engenharia civil e tem como preocupação o conhecimento das causas dos problemas encontrados nas edificações.

As principais patologias encontradas nas edificações de alvenaria estrutural são: fissuras, que será a patologia mais discutida nesse trabalho, eflorescência e infiltrações.

Essas patologias são geralmente decorrentes de deficiências no projeto, qualidade do material, execução e até mesmo da utilização ou forma de uso da edificação.

### 2.7.1 Fissuras, trincas e rachaduras

Fissuras, trincas e rachaduras são aberturas ocasionadas pela ruptura de um material ou componente e são classificadas conforme sua espessura.

Tabela 2 – Espessura das anomalias.

ANOMALIAS	ABERTURA (mm)
Fissuras	até 0,5
Trincas	de 0,50 a 1,00
Rachaduras	1,00 a 5,00

(Fonte: Aatoria própria)

Segundo Bauer (2005) as fissuras ocupam o primeiro lugar na sintomatologia em alvenarias estruturais. A identificação dessa patologia é de grande importância para a definição do tratamento adequado para recuperação da alvenaria.

Os materiais que são utilizados na fabricação dos blocos de concreto e cerâmico são de baixa resistência a tração, bem como as argamassas de assentamento. Por esse motivo a fissuração é o tipo de patologia mais frequente nas construções de alvenaria estrutural.

Outros fatores que contribuem também para as fissurações é a má fabricação dos blocos de concreto, pois os fabricantes não seguem rigidamente as recomendações das normas técnicas e também as péssimas condições de transporte e estocagem dos blocos.

Classificar as fissuras de acordo com a abertura, espaçamento e, se possível, a época de ocorrência em relação à execução auxiliam o diagnóstico da sua origem e um tratamento adequado para a recuperação da alvenaria (BAUER, 2005).

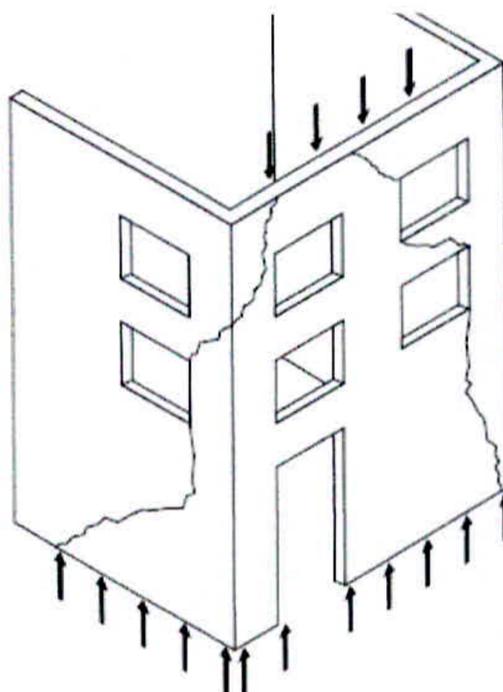
A seguir serão apresentadas as principais causas da fissuração.

#### 2.7.1.1 Carregamento excessivo de compressão

Segundo Duarte (1998) as fissuras por carregamento excessivo de compressão são normalmente verticais e são decorrentes dos esforços transversais de tração induzidas nos blocos pela pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face dos blocos. A argamassa se deforma ao ser comprimida, tendendo a expandir lateralmente, transmitindo então tração lateral aos blocos provocando fissuras verticais.

Bauer (2005) menciona que para não ocorrer esmagamentos localizados e formação de fissura desde o ponto de transmissão da carga, deve ser feita uma distribuição de cargas através de coxins ou outros elementos.

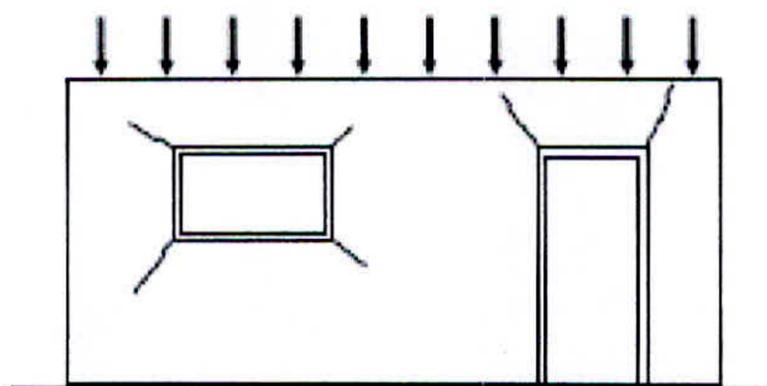
Figura 12 - Esmagamento em pontos localizados.



(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005)

As fissurações nas aberturas de portas e janelas também são causadas pelo carregamento excessivo de compressão e estão sempre presentes em edificações de alvenaria estrutural. Nessas aberturas há uma grande concentração de tensões decorrente da descontinuidade da alvenaria. Por isso deve ser feito o uso de vergas e contravergas, que são elementos estruturais capaz de absorver e distribuir essas tensões, evitando o desenvolvimento das fissuras.

Figura 13 - Fissuração nos cantos das aberturas.



(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 36)

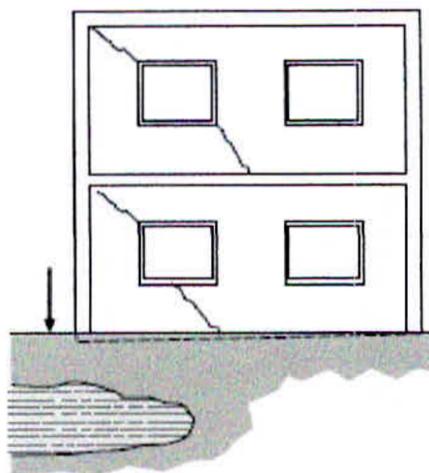
### 2.7.1.2 Recalque nas Fundações

Duarte (1998) afirma que a posição e geometria das paredes de alvenaria provocam uma difícil acomodação de deformações. As construções são rígidas e acabam auxiliando na distribuição das pressões no solo de forma mais homogênea, mas como a resistência ao cisalhamento e a flexão da alvenaria é baixa, as paredes sofrem fissuras mesmo com pequenas deformações, segundo o mesmo autor.

De acordo com Bauer (2005) o assentamento de fundações sobre cortes e aterros, rebaixamento do lençol freático, falta de homogeneidade do solo, falhas do projeto e influência de fundações vizinhas são fatores que influenciam no recalque.

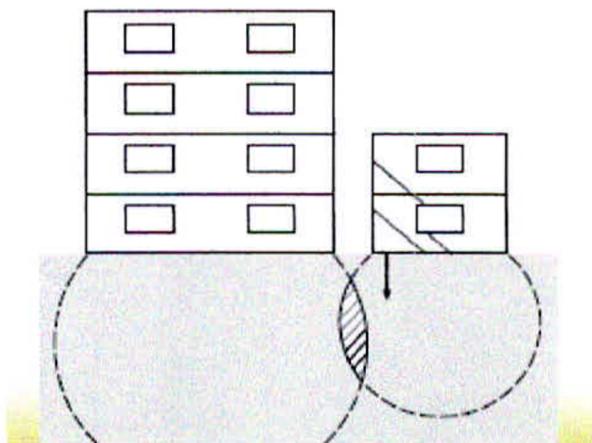
Geralmente os recalques promovem o aparecimento de fissuras inclinadas e estão localizadas próximas ao primeiro pavimento da edificação. Podem ocorrer nos pavimentos superiores de forma tão intensa quanto no primeiro, dependendo da gravidade e do tipo de construção (DUARTE, 1998).

Figura 14 - Fissuras Inclinadas.



(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 36)

Figura 15 - Fissuras influenciadas pela fundação vizinha.



(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 36)

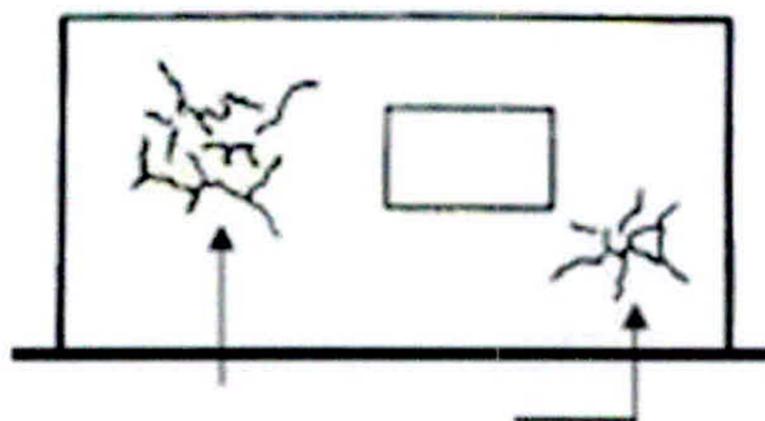
### 2.7.1.3 Retração

A retração é um fenômeno físico que ocorre com os materiais de base cimentícia, os quais em estado plástico sofrem uma redução de volume de acordo com as condições de umidade do sistema e a evolução da matriz de cimento segundo Scartezini/2002 (apud SAMPAIO/2010).

Duarte (1998) comenta que a pequena retração que pode ocorrer nas juntas horizontais provoca fissuras na própria argamassa de assentamento, prejudicando a aderência entre ela e os blocos de concreto ou cerâmico.

As argamassas de revestimento também sofrem retração, sendo responsável pelas fissuras mapeadas que podem ser decorrentes da aderência da argamassa com a base, espessura das camadas, rápida perda de água durante o endurecimento por ação intensiva da ventilação e/ou insolação e também o número de camadas aplicadas.

Figura 16 - Fissuras mapeadas decorrentes da retração da argamassa.

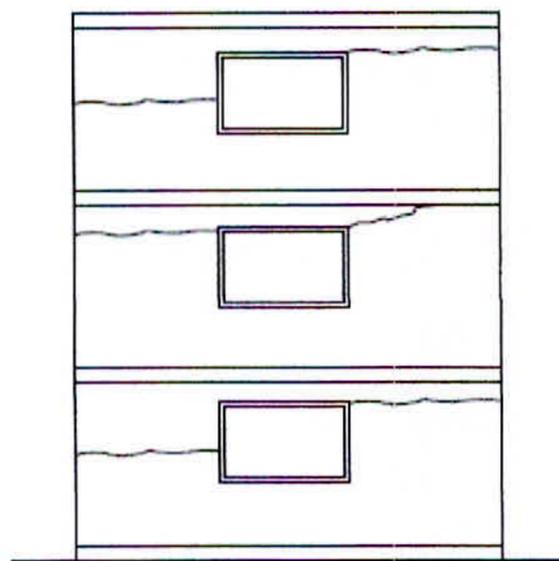


(Fonte: Thomaz, 2001 (apud SAMPAIO/2010))

As lajes maciças são as mais usadas em edifícios de médio e grande porte pelo fato de serem armadas em duas direções, garantindo uma melhor transmissão e uniformização das cargas às paredes portantes da edificação.

Mesmo tendo essa vantagem elas estão sujeitas a forte insolação e acabam sofrendo retração por secagem ocasionando fissuras na edificação. Essas fissuras ocorrem devido ao encurtamento da laje que acaba provocando uma rotação nas fiadas de blocos próximos as lajes. (BAUER, 2005).

Figura 17 - Fissuras causadas pela retração das lajes.

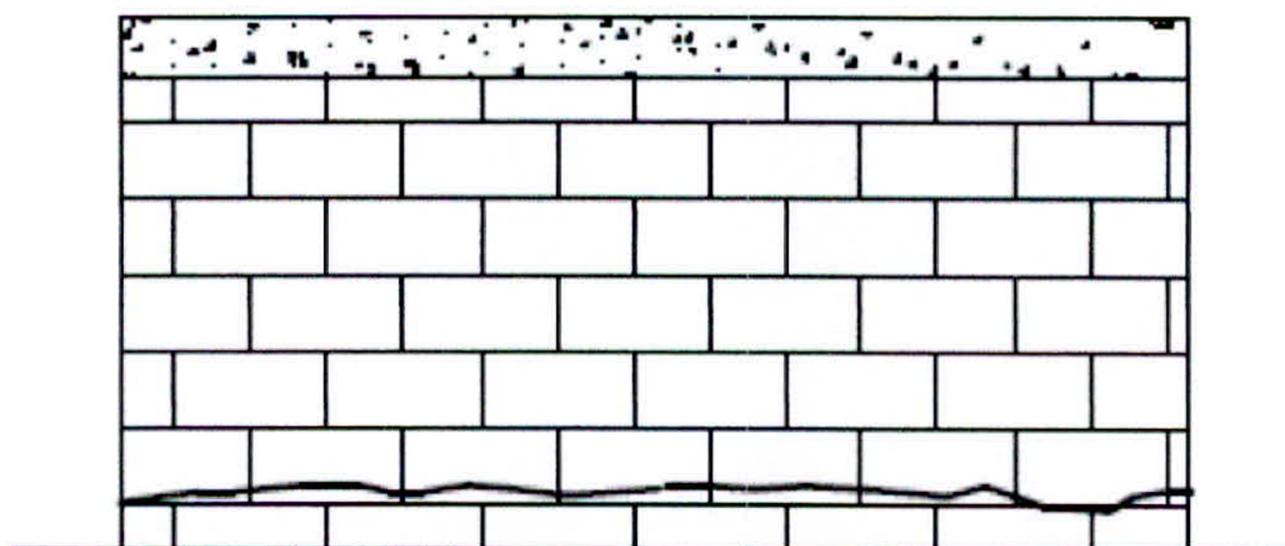


(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 37)

#### 2.7.1.4 Movimentações Higroscópicas

As movimentações higroscópicas dos materiais porosos que constituem a alvenaria influenciarão no comportamento da estrutura acredita-se Bauer (2005). Elas ocorrerão com maior intensidade em cantos desabrigados como, por exemplo, platibandas e bases de paredes, onde há maior incidência de umidade.

Figura 18 - Fissura causada por movimentações higroscópicas.



(Fonte: Thomaz, 2001 (apud SAMPAIO/2010))

### 2.7.1.5 Variações Térmicas

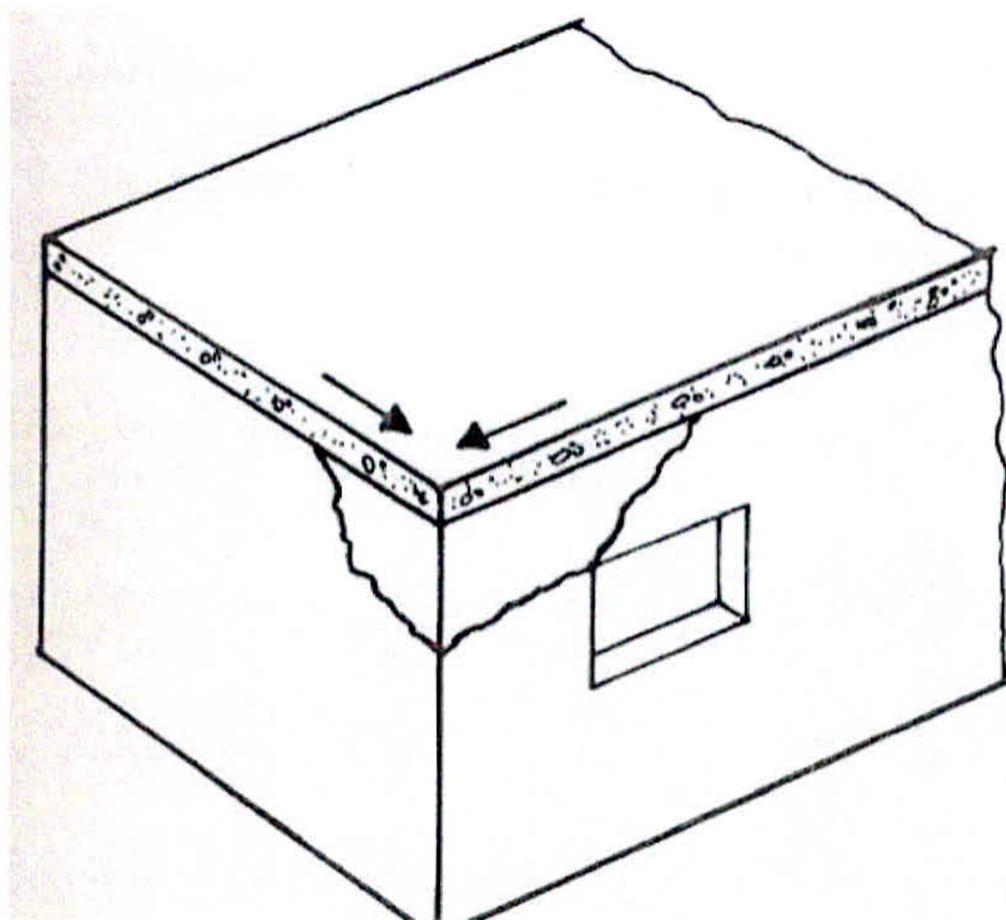
Thomaz (2001) afirma que as fissuras de origem térmica podem surgir por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material.

Segundo o mesmo autor essas movimentações podem ocorrer em casos como:

- Junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeito as mesmas variações de temperaturas;
- Exposição de elementos a diferentes solicitações de térmicas naturais;
- Gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente.

Em lajes de cobertura são comuns o surgimento das fissuras horizontais decorrentes das movimentações térmicas. Elas podem ocorrer mesmo em lajes protegidas por telhados, no caso da proteção térmica ser insuficiente.

Figura 19 - Fissuras decorrentes da variação térmica da laje.



Fonte: Thomaz, 2001 (apud SAMPAIO/2010)

#### 2.7.1.6 Influência das instalações hidráulicas e elétricas no processo de abertura de fissuras/trincas

Os projetos de instalações hidráulicas e elétricas devem ser planejados antes de iniciar a construção, pois qualquer corte feito na alvenaria pode causar perda de resistência das paredes, ocasionando fissuras.

As mais comuns são encontradas próximas aos interruptores e tomadas, por isso é necessária uma paginação das paredes indicando os pontos das instalações elétricas e é recomendado fixar as caixinhas nos blocos antes do assentamento evitando assim cortes futuros na alvenaria.

No caso das instalações hidráulicas, recomenda-se o uso de shafts para as prumadas de água e esgotos, e os ramais devem ser embutidos em paredes hidráulicas sem função estrutural, (TOMAZ E HELENE, 2000).

#### 2.7.2 Eflorescências

A eflorescência é decorrente de depósitos salinos devido à evaporação da água, principalmente de sais de metais alcalinos como sódio e potássio, e alcalinos terrosos como cálcio e magnésio que em contato com a água, estes sais são dissolvidos e migram para superfície do componente.

Para a ocorrência da eflorescência devem existir, três condições: existência de teor de sais solúveis nos materiais ou componentes, presença de água e pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície. Então, deve-se eliminar uma dessas condições para evitar esse fenômeno, afirma Bauer (2005).

Uma das alternativas para evitar a eflorescência na alvenaria estrutural é conter a umidade nas paredes. Para Bauer, (2005) a remoção desse fenômeno sobre a superfície da alvenaria só poderá ser concluída após a eliminação da causa da umidade e secagem do revestimento, sendo necessário em alguns casos a escovação da superfície da alvenaria.

### 2.7.3 Infiltração

Para Bauer (2005) as manifestações mais comuns referentes aos problemas de umidade em edificações são manchas de umidade, corrosão, fungos, bolor, algas, líquens, eflorescências deslocamentos de revestimentos, friabilidade da argamassa por dissolução de compostos com propriedades cimentícias, fissuras e mudança de coloração dos revestimentos.

A absorção capilar de água, absorção de água de infiltração, absorção higroscópica de água e absorção de água por condensação ou condensação capilar são mecanismos mais importantes que geram umidade nos materiais de construção. (BAUER, 2005).

A seguir serão apresentadas as principais causas das infiltrações em alvenaria.

Figura 20 - Principais causas das infiltrações.

Principais causas das infiltrações em alvenaria	
Anomalias	Causas geradoras
Fissuras verticais contínuas na argamassa de assentamento Fissuras horizontais e verticais (tipo escada) Fissuras horizontais	As principais causas geradoras foram analisadas no item Fissuras
Fissuras na própria argamassa de assentamento	Retração hidráulica da argamassa: argamassa excessivamente rígida - baixa retenção de água da argamassa
Fissuras na interface argamassa de assentamento e bloco vazado de concreto	Deficiência de execução (espessura elevada da argamassa > 1,0 cm - blocos excessivamente secos ou com contaminação - argamassa com baixa retenção de água).
Infiltração pela argamassa	Argamassa preparada com excesso de água de amassamento (elevada porosidade e permeabilidade à água).

(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 38)

## 3. PROPOSTA DO TRABALHO

No TCC 02 foi realizado estudo de casos na cidade de Varginha/MG, constituído de um levantamento de manifestações patológicas em edifícios plurihabitacionais de alvenaria estrutural.

O primeiro estudo de caso foi realizado no Residencial Vila Romana. Ele é formado por dezessete edifícios de quatro pavimentos cada um, e está localizado na Rua Professora

Rita Tavares nº. 100, bairro Industrial JK – Varginha/MG. Foi finalizado no primeiro semestre de 2013.

O outro condomínio que foi analisado, Residencial Villa Verde é composto por seis edifícios, sendo os mesmos em sistema padrão de três pavimentos acima do nível das garagens. Está situado na Avenida Maria Rezende Braga nº 96, Bairro Vila Verde – Varginha/MG. Foi liberado para uso dos proprietários em fevereiro de 1999.

#### **4. ESTUDO DE CASO**

O trabalho de campo foi realizado na cidade de Varginha/MG durante o mês de setembro de 2014 em dois conjuntos plurihabitacionais de alvenaria estrutural de blocos de concreto e teve como objetivo identificar e registrar através de relatórios fotográficos as fissuras encontradas e buscar informações sobre os condomínios com os responsáveis pela sua administração.

A busca de informações e as visitas nos condomínios foram etapas complicadas, pois as visitas na área interna dos blocos só podem ser realizadas por pessoas interessadas na compra e aluguel de apartamentos ou se autorizados pelos condôminos, e sendo assim relatórios fotográficos não puderam ser feitos na área interna dos edifícios, apenas na área externa.

Não houve acesso aos projetos, pois para isto deveria ser feito uma reunião entre os condôminos para a autorização.

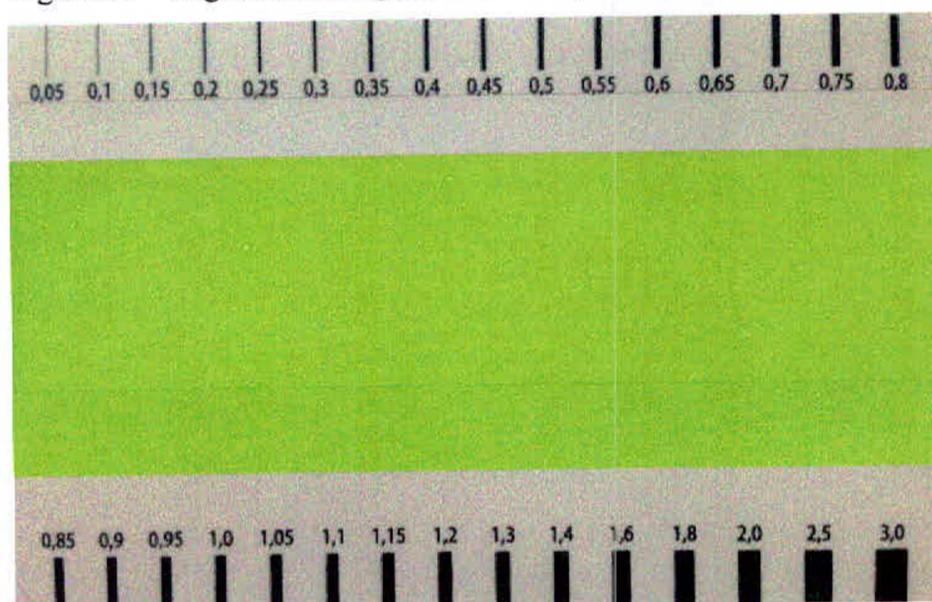
Os condomínios possuem configurações semelhantes, ambos com quatro pavimentos, porém um foi construído recentemente e outro há mais de 10 anos.

A seguir serão apresentados os condomínios e os diversos tipos de fissuras encontradas.

As figuras das fissuras serão apresentadas por fotos originais e em seguida serão apresentadas fotos alteradas onde as fissuras são aproximadas e ressaltadas para melhor visualização do leitor.

Algumas delas puderam ser classificadas quanto a sua espessura através de uma régua para medição de fissura, conforme figura 21. O próprio do zelador do condomínio verificou as espessuras uma vez que não foi permitida a entrada da autora do trabalho nos apartamentos.

Figura 21 – Régua utilizada para medir a espessura da fissura.



(Fonte: Autoria própria)

#### 4.1 Residencial Vila Romana

Construído há um ano o Residencial Vila Romana é formado por dezessete edifícios de quatro pavimentos cada um, e está localizado na Rua Professora Rita Tavares nº. 100, bairro Industrial JK – Varginha/MG.

Figura 22 - Entrada principal residencial Vila Romana.

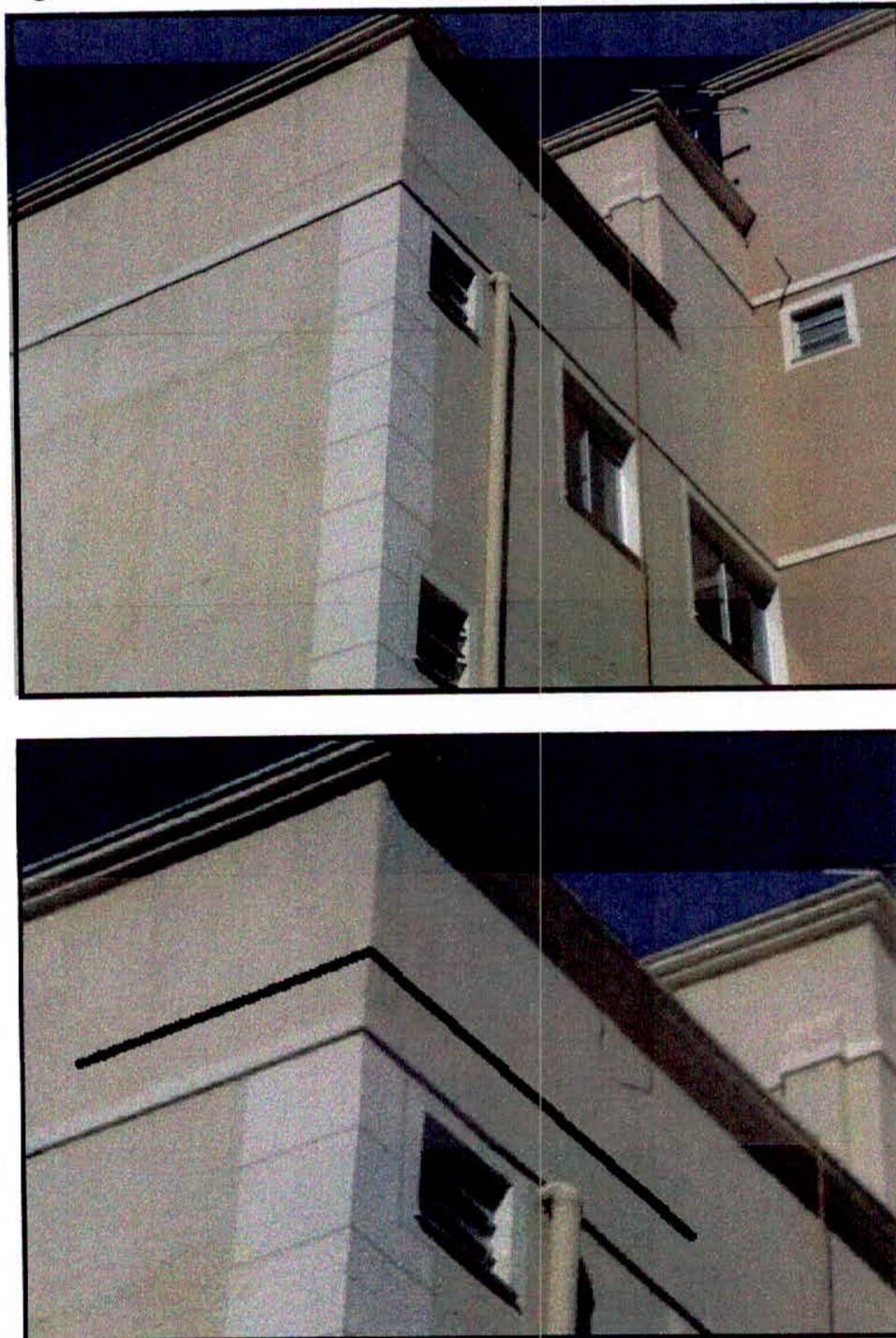


(Fonte: Panoramio. Disponível em: <<http://mw2.google.com/mw-panoramio/photos/medium/104552836.jpg>>

Acesso em: 08/10/2014

Mesmo sendo uma construção nova foi possível localizar ao menos uma fissura (conforme figura 23) na parte externa de um dos blocos (figura 24), acima da terceira e última laje da edificação. Lembrando que foi localizada apenas uma fissura porque a área interna do condomínio não foi analisada.

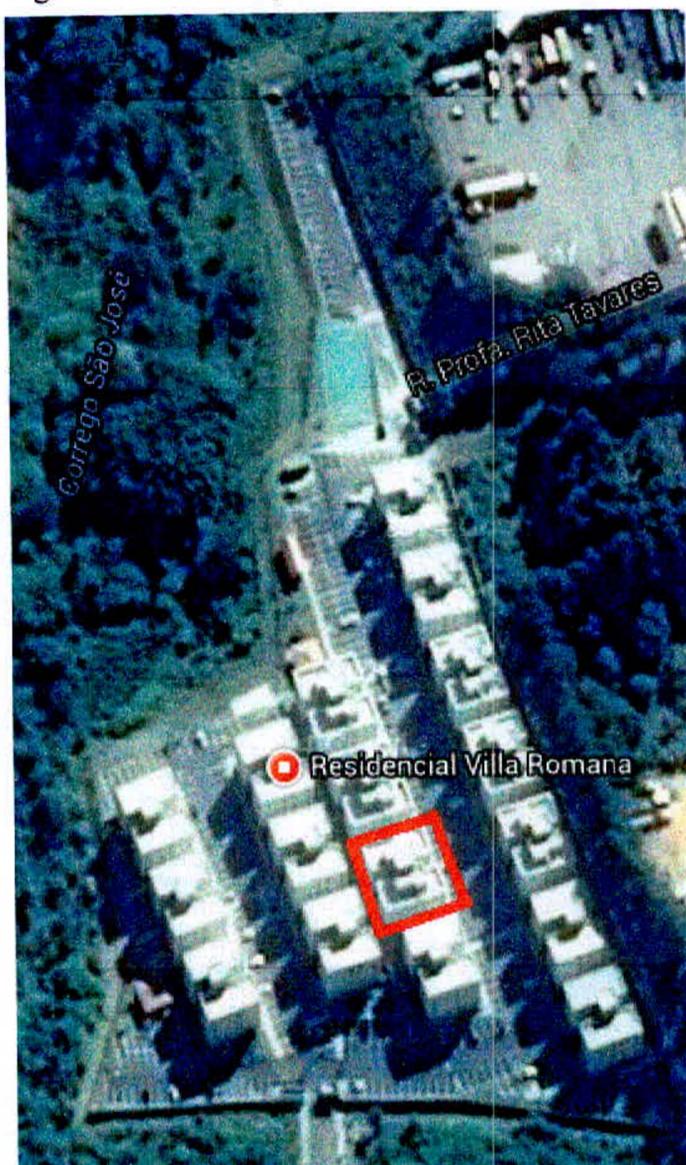
Figura 23 - Fissura horizontal acima da última laje.



(Fonte: Autoria própria)

A fissura foi encontrada no 10º bloco do condomínio no encontro de paredes e logo acima da última laje. É uma fissura horizontal, pouco profunda geralmente causada pela retração e/ou rotação na laje.

Figura 24 - Localização 10º bloco.



(Fonte: Google Earth)

#### 4.2 Residencial Villa Verde

O Residencial Villa Verde é composto por seis edifícios, sendo os mesmos em sistema padrão de três pavimentos acima do nível das garagens. Está situado na Avenida Maria Rezende Braga nº 96, Bairro Vila Verde – Varginha/MG.

O condomínio foi liberado para uso dos proprietários há 13 anos e atualmente passou por uma reforma há pouco tempo onde várias patologias foram escondidas. Mas mesmo com a reforma muitas fissuras ficaram visíveis na parte externa dos blocos, principalmente as fissuras horizontais causadas pela retração, dilatação e/ou rotação nas lajes e as fissuras em cantos de abertura de janelas.

Figura 25 - Fachada dos blocos do condomínio Villa Verde.



(Fonte: Autoria própria)

#### 4.2.1 Abertura de fissura causada provavelmente pelo carregamento excessivo de compressão

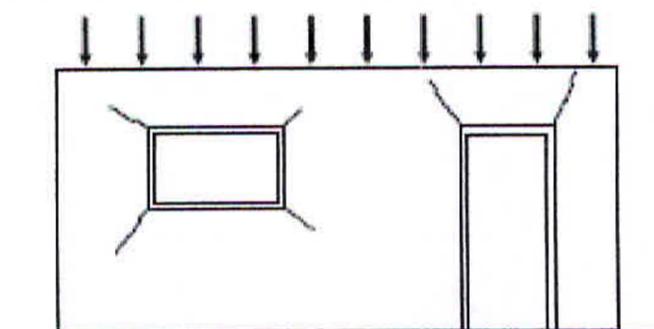
Logo abaixo, notam-se fissuras encontradas em cantos de aberturas de janelas na área externa dos blocos. Nesses casos, as fissuras são inclinadas.

O aparecimento de fissuras a partir dos vértices de aberturas de portas e sob peitoris de janelas são comuns nesse tipo de sistema construtivo, pois nesses pontos ocorre uma grande concentração de tensões decorrente da descontinuidade da alvenaria.

A falta de armadura sob portas e janelas e sobre as janelas é um dos principais fatores que contribuem para o desenvolvimento desse tipo de fissura, pois a presença dela distribui a uniformemente as cargas evitando a concentração dela em apenas um ponto.

Observe a figura 26 abaixo:

Figura 26 - Fissuração nos cantos das aberturas.

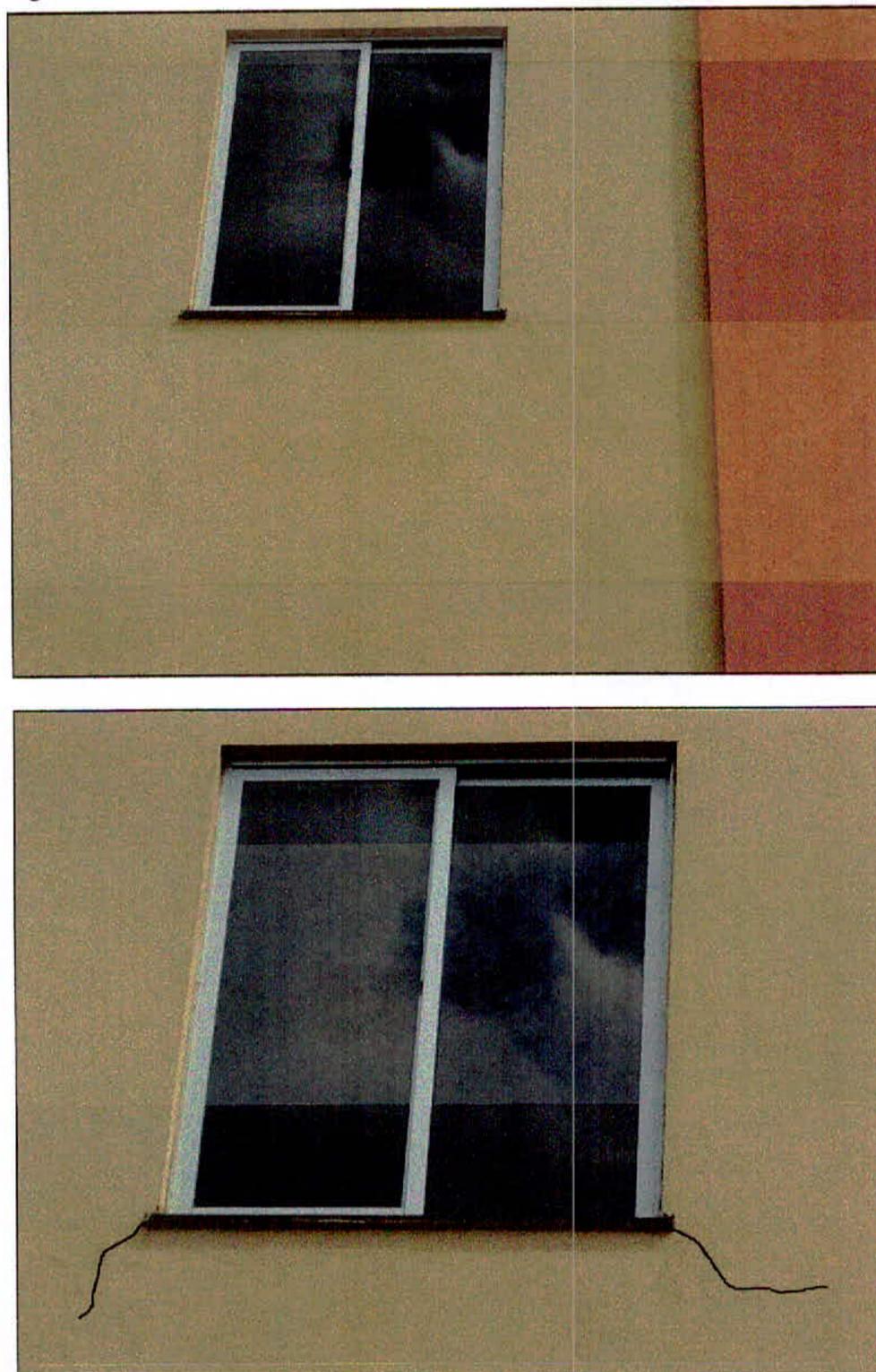


(Fonte: Caderno Técnico: Alvenaria Estrutural – Bauer, 2005, p. 36)

Na figura 27 a fissura foi encontrada no primeiro pavimento do 1º bloco na parte inferior dos dois cantos de abertura da janela.

A fissura tem espessura de 0,20 mm e foi analisada através de uma régua de medição de fissuras, mostrada anteriormente na figura 21.

Figura 27 - Fissura inclinada em cantos de aberturas de janela.



(Fonte: Autoria própria)

Já na figura 28 a fissura com abertura de 0,30 mm está localizada no segundo pavimento também do 1º bloco, logo acima da garagem no canto de abertura da janela até o encontro de paredes.

Figura 28 - Fissura inclinada no canto de abertura da janela até o encontro de paredes.



(Fonte: Autoria própria)

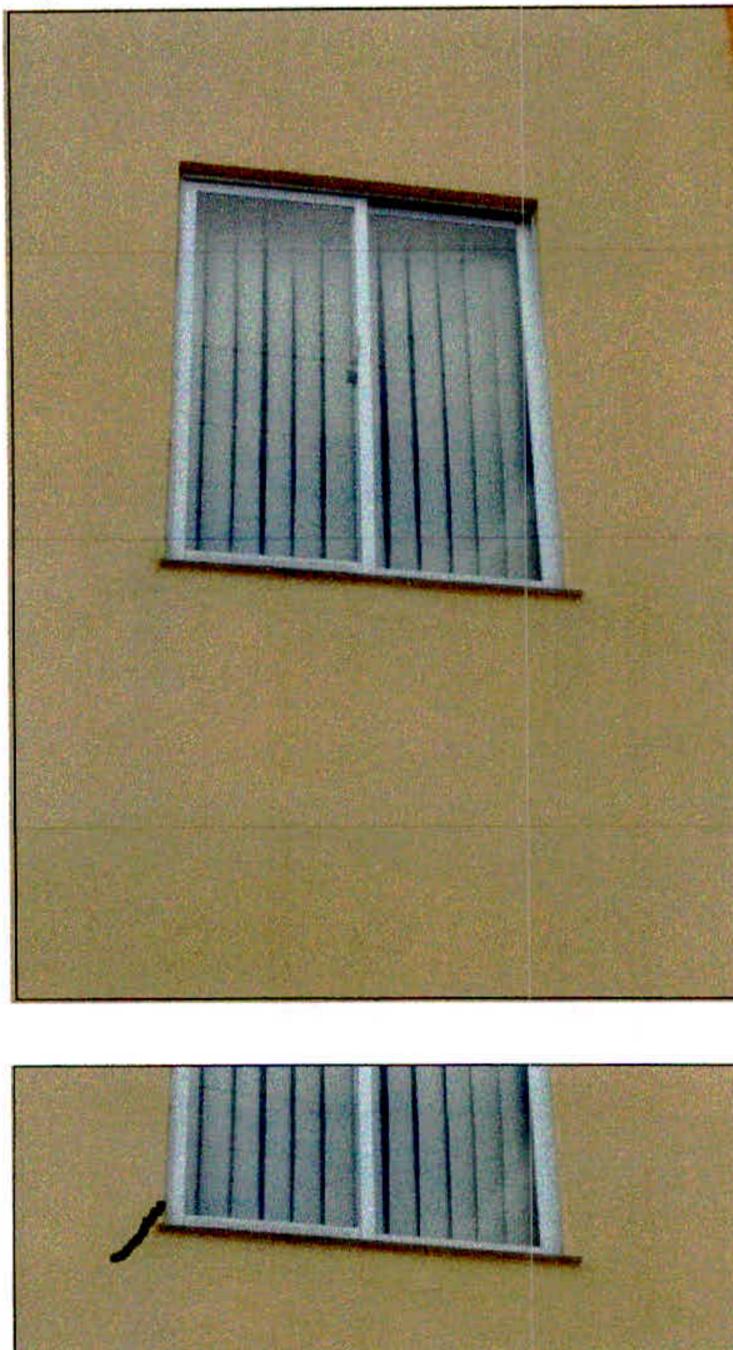
Figura 29 - Localização do 1º bloco.



(Fonte: Google Earth)

Na figura abaixo a fissura com a abertura de 0,15 mm foi localizada no primeiro pavimento do 4º bloco com frente para a Rua Sebastião Santiago.

Figura 30 - Fissura no canto inferior de abertura de janela.

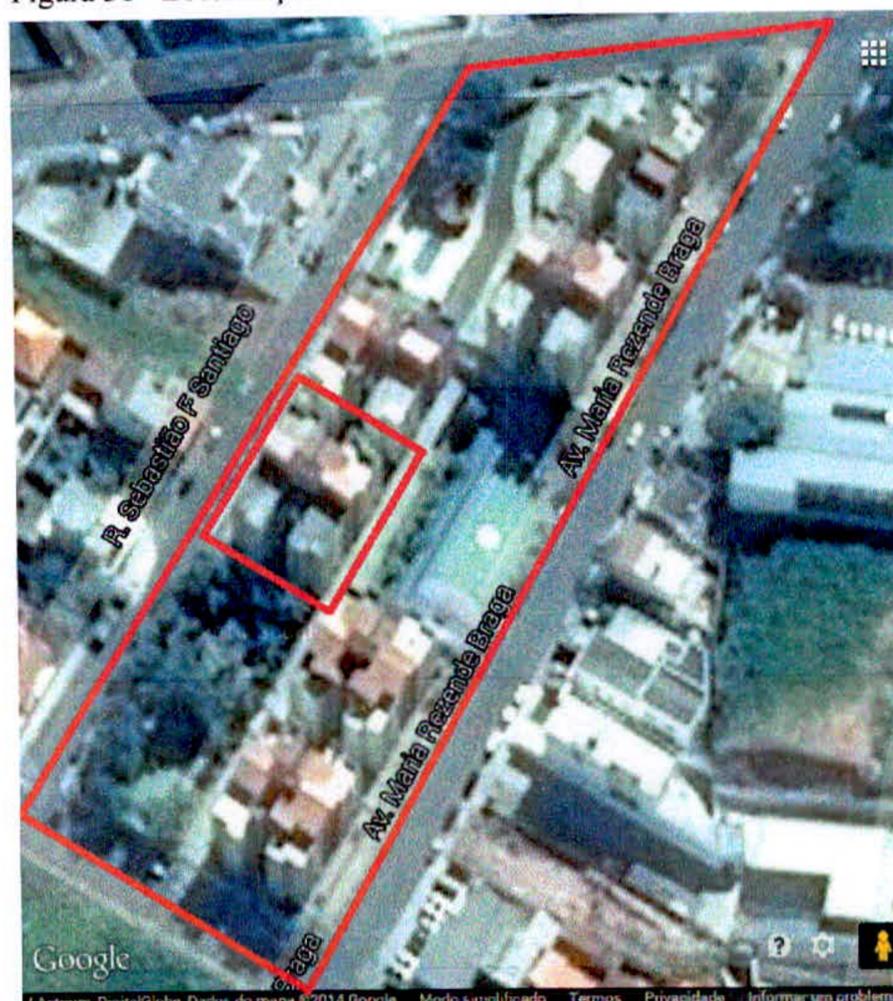


(Fonte: Autoria própria.)

Vale ressaltar que nenhuma fissura em cantos de aberturas de janelas foi localizada no quarto e último pavimento, devido a baixa tensão de concentração de cargas em relação aos demais pavimentos.

Esse tipo de fissuração pode ser encontrado também em canto de abertura de portas mas nenhum caso foi localizado devido a falta de acesso ao interior dos blocos.

Figura 31 - Localização do 4º bloco.



(Fonte: Google Earth)

#### 4.2.2 Abertura de fissura causada provavelmente pela retração e/ou rotação na laje.

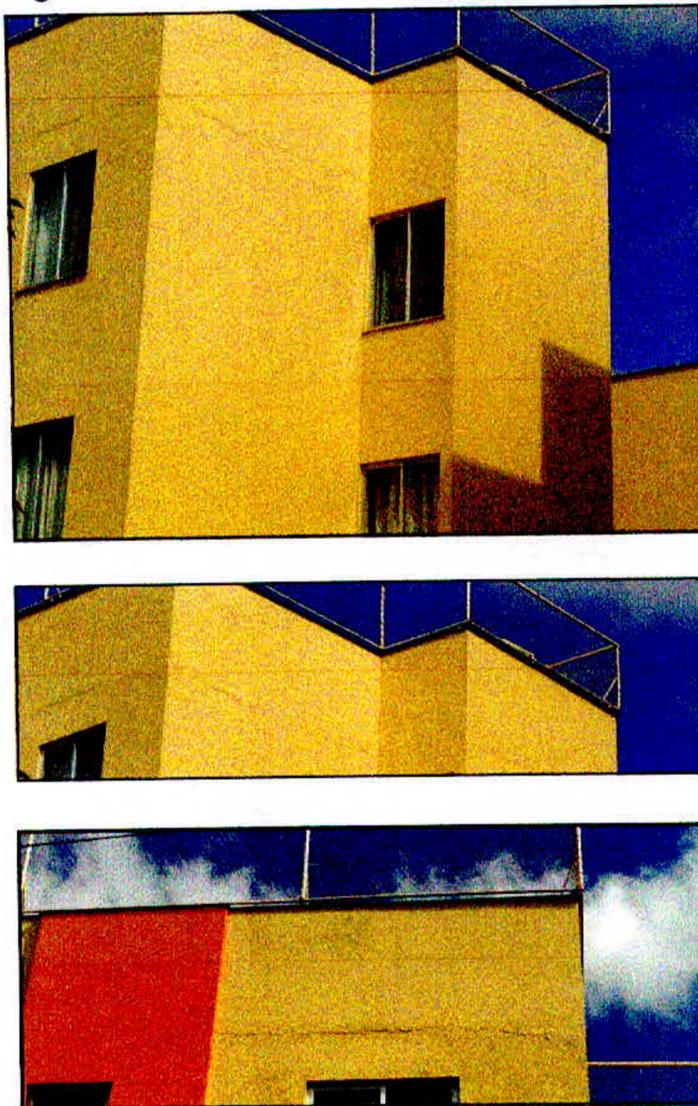
A fissura horizontal causada pela retração ou rotação na laje foi a mais encontrada nesse condomínio. Dos seis blocos que constituem o condomínio, todos possuíam esse tipo de fissura, principalmente próximo à última laje do edifício. Elas têm característica horizontal, pouco profunda e algumas bastante extensas.

A dilatação horizontal das lajes provoca tensões de cisalhamento e tração na alvenaria dos edifícios ocasionando então as fissuras.

Na figura abaixo observa-se uma extensa fissura horizontal localizada acima da última laje do 1º bloco do condomínio.

Destaca-se também na figura 32 outra patologia muito encontrada nos edifícios de alvenaria estrutural, a umidade. Várias manchas de umidade foram encontradas nessa região.

Figura 32 - Fissura horizontal próxima à última laje.



(Fonte: Autoria própria)

Figura 33 - Localização do 1º bloco.



(Fonte: Google Earth)

A próxima fissura foi encontrada no 2º bloco do conjunto habitacional abaixo da última laje com frente para Avenida Maria Rezende Braga, próxima a última fiada de alvenaria, o ponto mais frágil após a ligação entre a laje e a alvenaria.

Figura 34 - Fissura horizontal próxima à última laje.



(Fonte: A autoria própria)

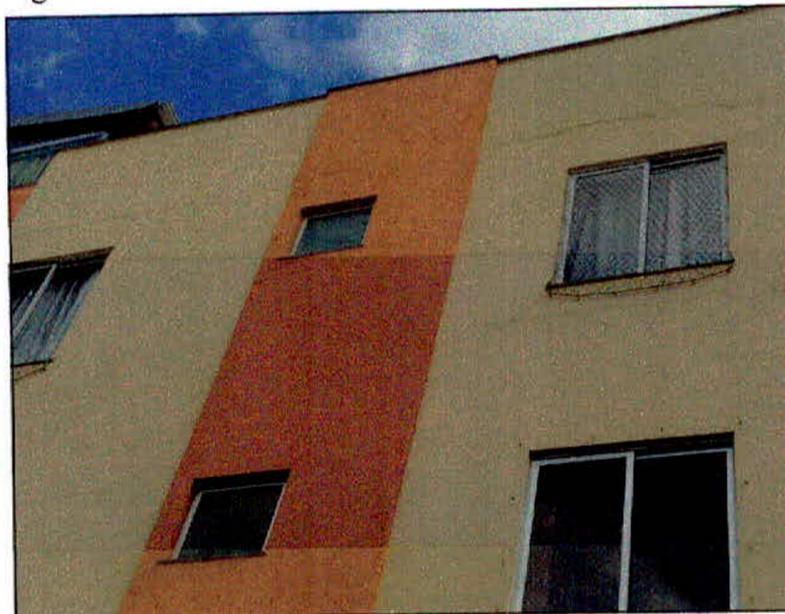
Figura 35 - Localização do 2º bloco.



(Fonte: Google Earth)

A fissura da figura 36 está localizada no 3º bloco acima da última laje da edificação. Está visível em toda a extensão da fachada de um apartamento.

Figura 36 - Fissura horizontal extensa.



(Fonte: Autoria própria)

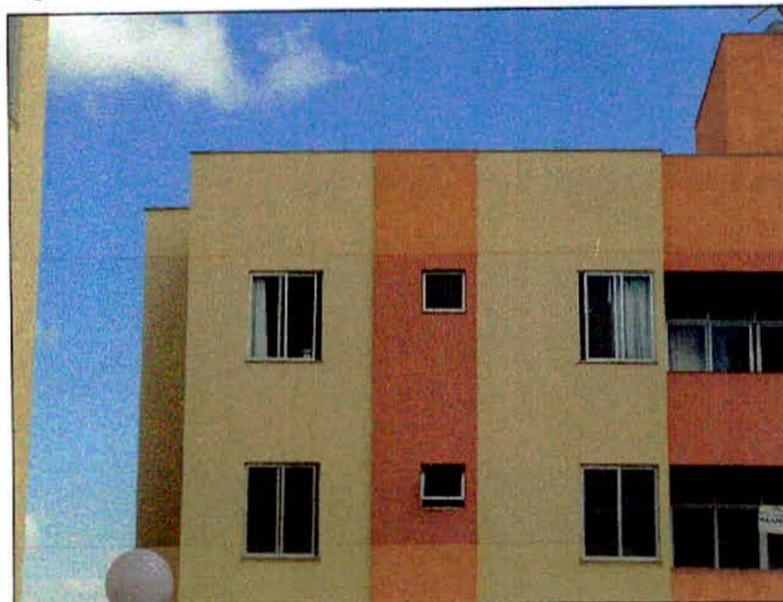
Figura 37 - Localização do 3º bloco.



(Fonte: Google Earth)

Na próxima figura observa-se outro caso de fissura provavelmente ocasionada pela retração na laje acima da laje do último pavimento do 4º bloco.

Figura 38 - Fissura horizontal no 4º bloco.



(Fonte: Autoria própria)

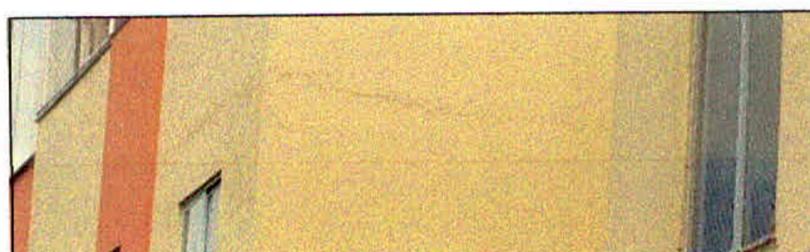
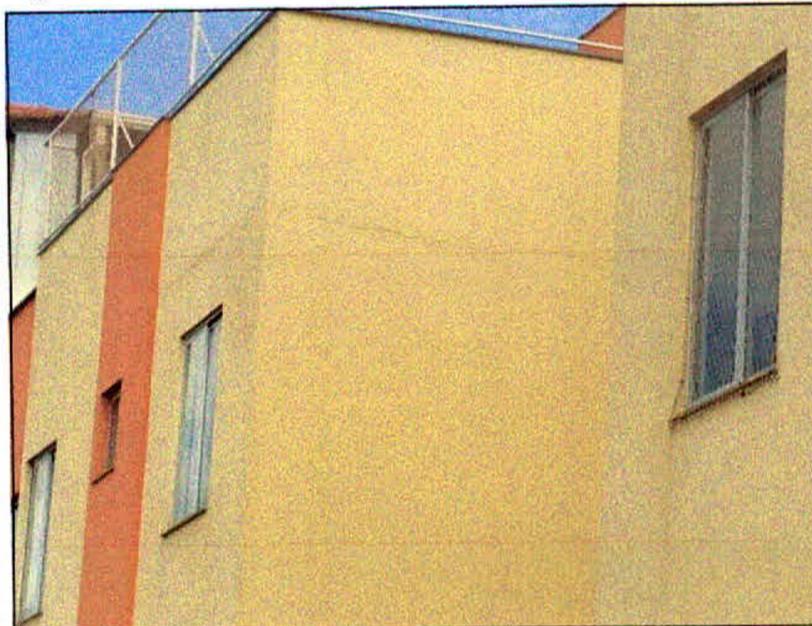
Figura 39 - Localização do 4º bloco.



(Fonte: Google Earth)

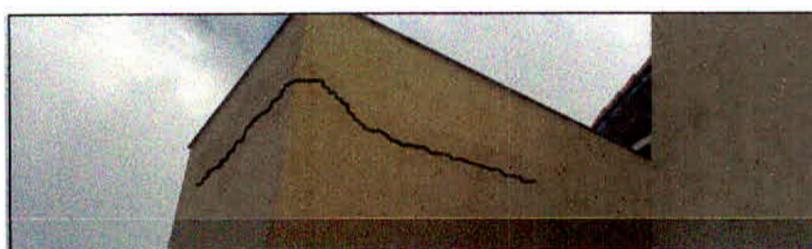
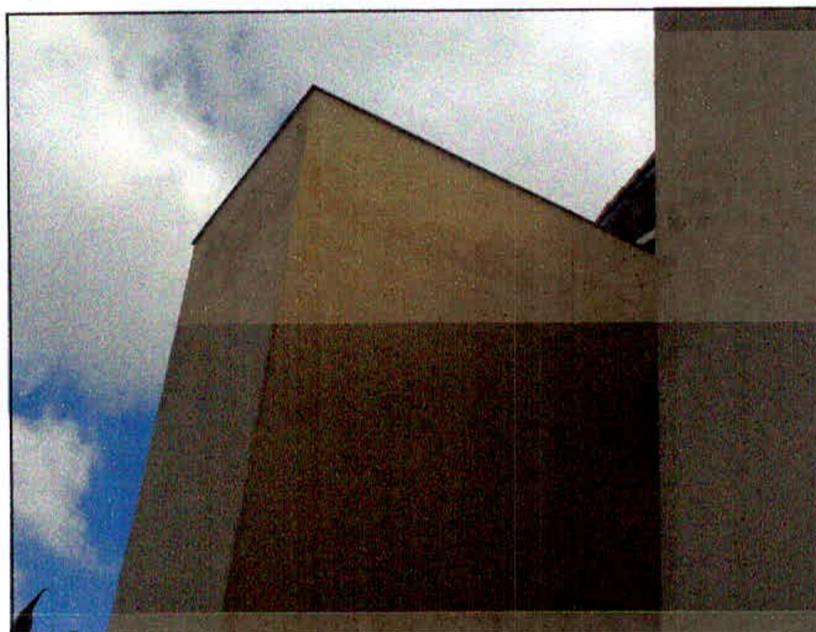
Nas figuras 40 e 41 as figuras foram localizadas no 5º e 6º bloco, respectivamente. Estão acima da última laje das edificações e no encontro entre paredes.

Figura 40 - Fissura horizontal no encontro entre paredes no 5º bloco.



(Fonte: Autoria própria)

Figura 41 - Fissura horizontal no encontro entre paredes no 6º bloco.



(Fonte: Autoria própria)

Figura 42 - Localização do 5º e 6º bloco, respectivamente.



(Fonte: Google Earth)

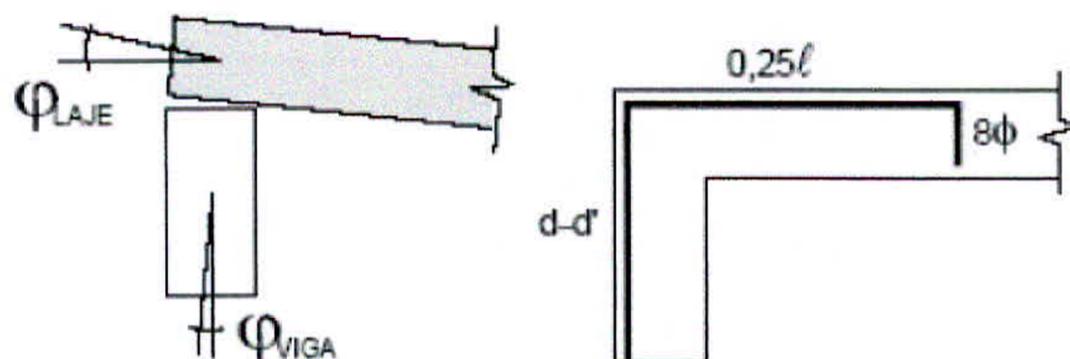
Visto a quantidade de casos de aberturas de fissuras horizontais próximas às últimas lajes encontradas no condomínio Villa Verde verificou-se que provavelmente elas foram causadas por uma falha de execução.

A falta de armadura negativa pode ter ocasionado essa patologia em todos os blocos do condomínio, visto que as fissuras foram localizadas justamente nas bordas das lajes apoiadas sobre as vigas sem continuidade, onde há necessidade da armadura de borda.

Segunda a NBR 6118:2003 essa patologia acontece devido ao fato que os apoios das lajes, constituídos pelas vigas ou blocos tipo canaleta, no caso da alvenaria estrutural, oferecem uma resistência ao movimento de rotação das lajes, em função de sua inércia a torção.

Observe a figura 43, onde mostra o detalhe da armadura de borda, conhecida também como armadura negativa e o movimento de rotação das lajes.

Figura 43 - Armadura de borda.

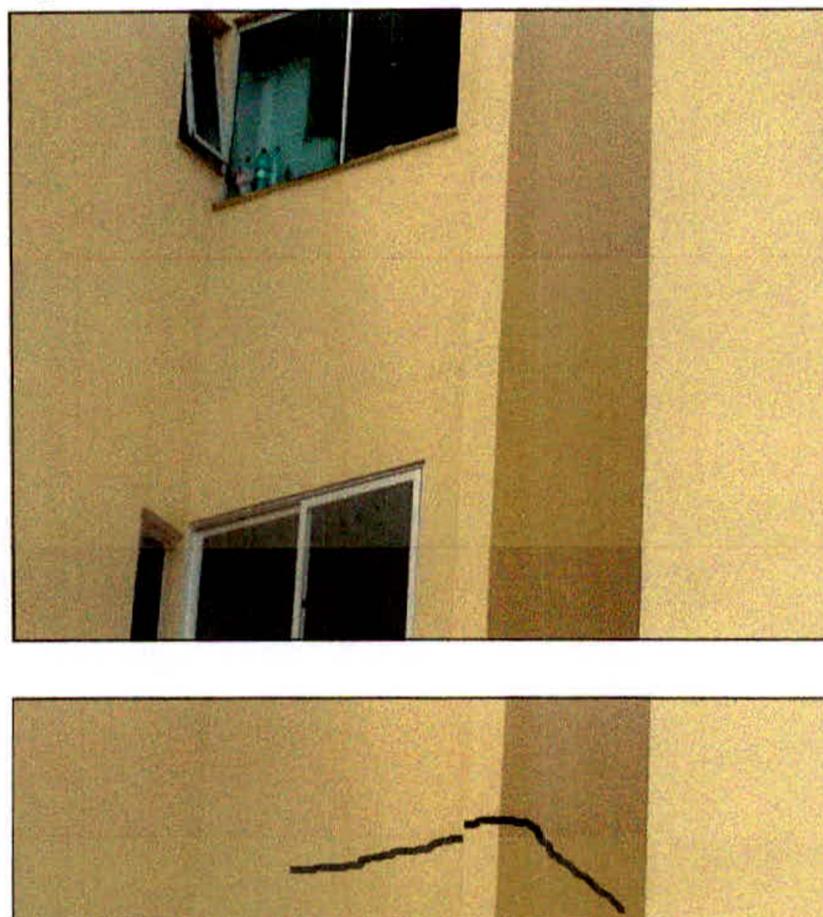


(Fonte: NBR 6118:2003)

#### 4.2.3 Abertura de fissuras causada provavelmente pelo encontro entre paredes.

No caso da figura 44 a fissura foi encontrada próxima à penúltima laje do edifício do 4º bloco. Ela ocorreu no encontro de paredes ou diferença de espessura, que por terem dimensões diferentes causam dilatações de diferentes tamanhos, acarretando as fissuras nesses encontros.

Figura 44 - Fissura horizontal próxima a terceira laje.



(Fonte: Autoria própria)

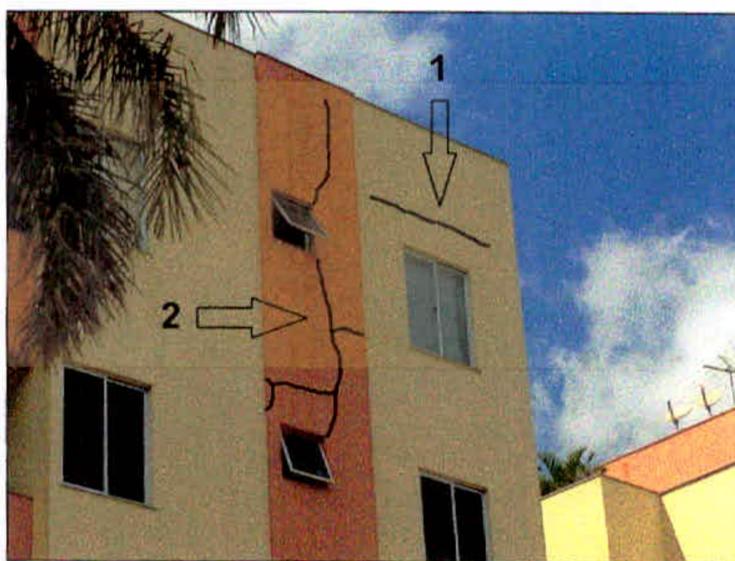
#### 4.2.3 Abertura de fissura causada provavelmente pela argamassa de revestimento.

As fissuras mapeadas são causadas pela retração da argamassa de assentamento, ou seja, a expansão da mesma. Um dos fatores que influenciam essa retração é a rápida perda de água durante o endurecimento, conseqüente de uma forte insolação ou até mesmo do vento.

Por se desenvolverem apenas na argamassa de revestimento as fissuras apresentam diversos formatos: horizontais, verticais e inclinadas.

Na figura a seguir nota-se um exemplo de fissuração mapeada indicada pela seta 2 e logo acima uma fissuração horizontal, indicada pela seta 1 provavelmente causada pela rotação da laje, próxima às duas últimas fiadas antes da última laje, que é o ponto considerado mais frágil entre a laje e alvenaria.

Figura 45 - Fissura mapeada



(Fonte: Autoria própria)

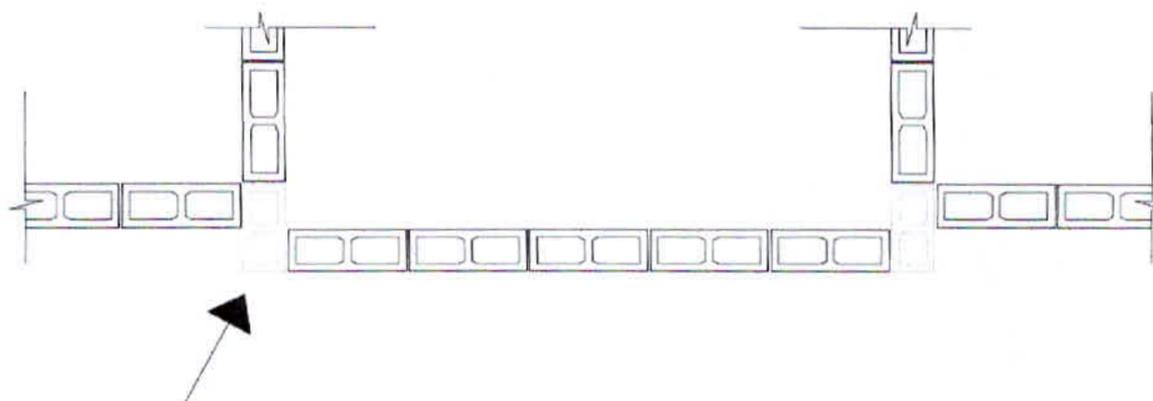
Figura 46 - Localização da fissura mapeada.



(Fonte: Google Earth)

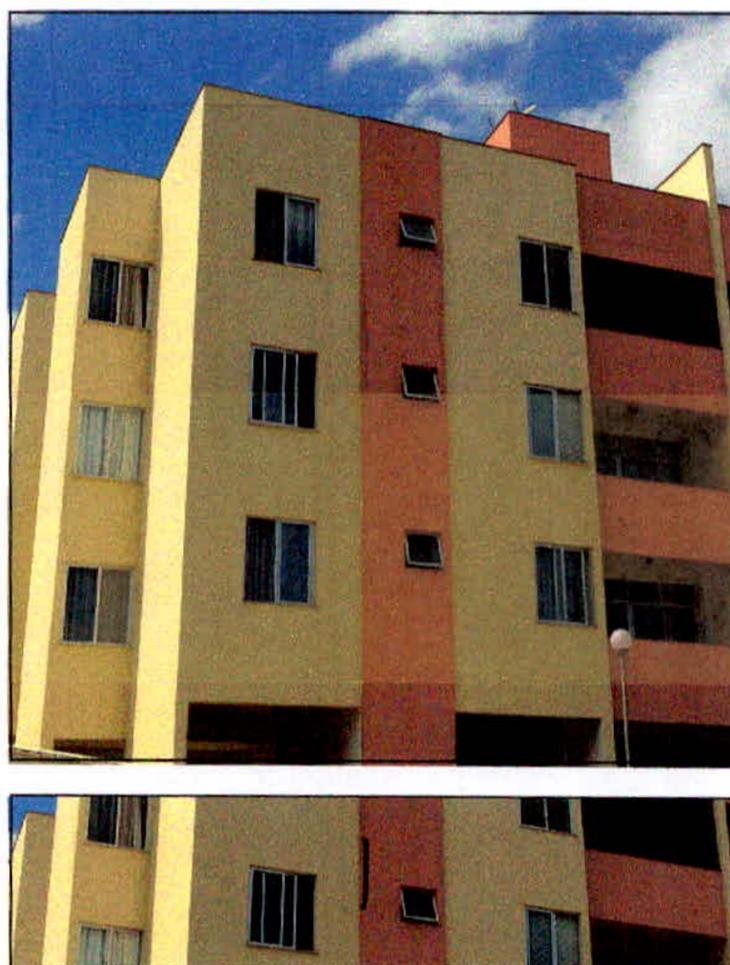
A figura a seguir apresenta uma rachadura vertical no 3º bloco do conjunto habitacional. É considerada uma rachadura, pois como pode ser observado na figura 47 provavelmente sua abertura é superior a 1 mm.

Figura 47 - Localização da rachadura.



(Fonte: Autoria própria)

Figura 48 - Rachadura ocasionada pela argamassa de revestimento.



(Fonte: Autoria própria)

Analisando a localização da rachadura da figura 48, constatou-se que ela foi provavelmente causada pela falta de amarração da parede com algum elemento estrutural, neste caso, uma parede perpendicular a parede da rachadura.

Outros fatores como, falha do processo executivo, falha do material e até mesmo falha de projeto podem ter ocasionado também essas fissuras das figuras 45 e 48.

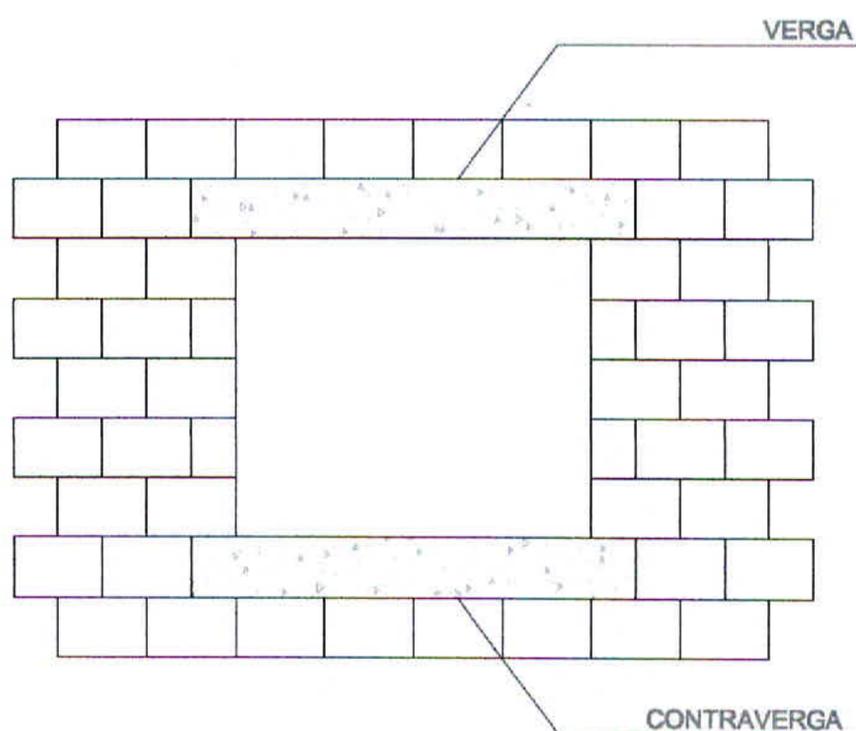
As causas não são certamente afirmadas devida a falta de acesso aos projetos arquitetônico e estrutural do empreendimento.

## 5. POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Foram encontradas muitas fissuras nos edifícios ocasionadas a partir de diversos fatores. Algumas medidas podem ser tomadas para evitar ou solucionar essas patologias, tais como:

No caso das aberturas de fissuras causadas pelo carregamento excessivo de compressão deve-se reforçar as vergas e contravergas sobre portas e janelas e sob janelas para que essas tensões sejam uniformemente distribuídas evitando também o surgimento de mais fissuras futuramente. Veja o esquema abaixo:

Figura 49 - Uso de vergas e contravergas

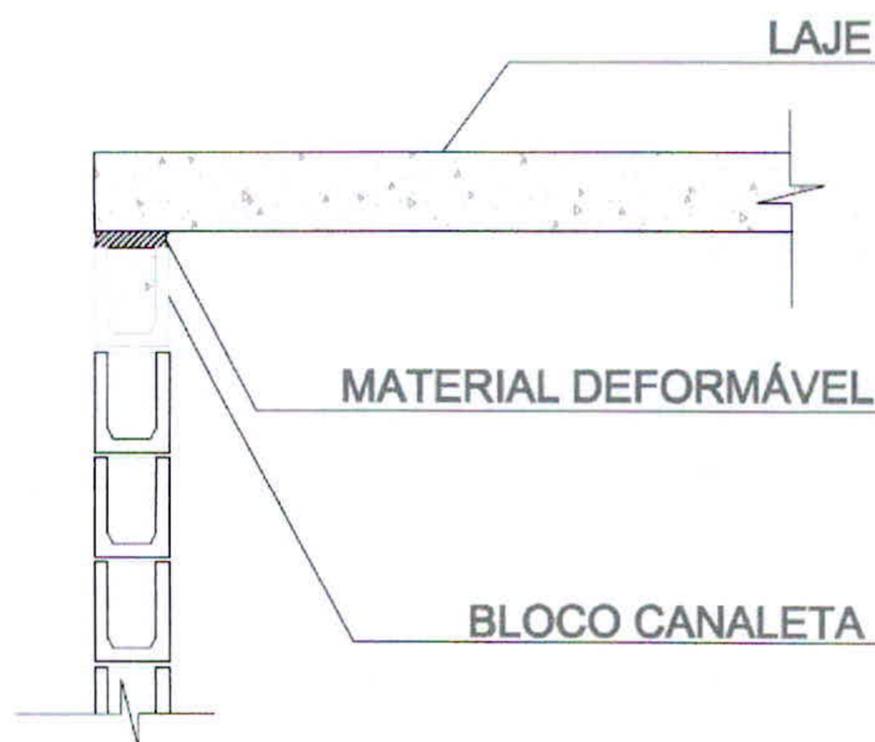


(Fonte: Autoria própria)

A rotação na laje, que causa fissuras ao longo das bordas da laje pode ser evitada com o uso de armadura negativa aplicada nas bordas das lajes apoiadas sobre as vigas sem continuidade. Uma possível solução para um fissura já existente seria fazer o escoramento da

laje, separar a parede fissurada com o elemento estrutural, no caso, as canaletas de blocos de concreto e preencher esse espaço com um material deformável. Veja a figura a seguir:

Figura 50 - Solução para fissura já existente



(Fonte: Autoria própria)

As fissuras decorrentes do encontro entre paredes podem ser solucionadas com a abertura de um vão entre as paredes e preenche-lo com um material flexível.

As fissuras causadas pela argamassa de revestimento são conseqüências da retração da argamassa e também por falha de material e até falha na execução ou projeto. Por isso recomenda-se um alto controle de qualidade dos materiais e mão de obra especializada em alvenaria estrutural e bloco de concreto.

Para solucionar essas fissuras causadas pela argamassa pode ser feito uma remoção de uma faixa de 10 a 15 cm do revestimento da parede e fazer uma aplicação de bandagem antes de revestir com a argamassa novamente.

No caso da rachadura na argamassa próximo ao encontro de paredes poderia ter sido evitada se houvesse uma amarração entre a parede da fissura e a parede perpendicular a ela.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

São mencionados nesse trabalho os aspectos históricos relacionados à alvenaria estrutural, principalmente sua situação no Brasil, em que se nota um grande crescimento desse processo construtivo nas últimas décadas. Os componentes e elementos da alvenaria também foram descritos possibilitando um amplo conhecimento teórico.

As diversas patologias encontradas na alvenaria foram discutidas, as fissuras em particularidade, apontando suas causas e algumas possíveis soluções para evitá-las.

Na segunda etapa foi realizado um estudo de caso em dois condomínios de edifícios de alvenaria estrutural de bloco de concreto, um finalizado recentemente e outro há mais de uma década na cidade de Varginha/MG, com o objetivo de analisar e caracterizar as fissuras encontradas.

O resultado das visitas em campo não foi muito satisfatório, uma vez que não foi permitido o acesso às áreas internas dos edifícios devido ao regulamento do condomínio dos conjuntos habitacionais. Portanto, a análise foi apenas na área externa.

Ainda assim foram localizadas várias fissuras nos blocos dos condomínios, em especial o condomínio Villa Verde, finalizado em 1999. No outro, construído recentemente foi localizado apenas uma fissura na área externa.

As causas dessas fissuras não foram confirmadas devido à falta de acesso aos projetos estruturais dos edifícios, mas foram apresentadas suas possíveis causas.

Portanto, um bom projeto, uma boa execução, um alto controle de qualidade dos materiais e uma mão de obra especializada são fatores que podem evitar o surgimento dessa patologia presente no dia-a-dia das construções de alvenaria estrutural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10837: **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136: **Blocos Vazados de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projetos de Estrutura de Concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- BAUER, R. J. F. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Caderno Técnico de Alvenaria Estrutural – CT5, p. 33-38. Revista Prisma, 2005.
- COELHO, R. S. A. **Alvenaria Estrutural**. São Luís: UEMA, 1998.
- DUARTE, R. B. **Boletim técnico: Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre: CIENTEC, 1998.
- DUARTE, R. B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.
- RAMALHO, M. A.; CORRÊA M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: PINI, 2003.
- SAMPAIO, M. B. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2010.
- SILVA, A. M.; COSTA, C. G. **Alvenaria Estrutural com bloco cerâmico**. Tubarão: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2007.
- TAIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: PINI, 2001.
- THOMAZ, E.; HELENE, P. **Boletim Técnico: qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.