

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES**

**GREGORIO BERTO ROÇA**

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO**

**MONOGRAFIA**

**CURITIBA**

**2014**

**GREGORIO BERTO ROÇA**

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Patologia Das Construções, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Aduino José Miranda de Lima

**CURITIBA**

**2014**

**GREGÓRIO BERTO ROÇA**

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE UMA  
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL - ESTUDO DE CASO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Patologia das Construções, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Dr. Aduino José Miranda de Lima  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

---

Prof. M. Eng. Amacim Rodrigues Moreira  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Fernando Luiz Begheto  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2014

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

Dedico este trabalho à minha esposa e sobrinhos, os quais facilmente promovem alegria contagiante às pessoas ao seu redor.

## RESUMO

ROÇA, G. B. R. **Análise das manifestações patológicas de uma edificação residencial – estudo de caso.** 2014. Número total de folhas. 62 Monografia (Patologia Das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

A utilização da alvenaria estrutural em construções está cada vez mais difundida no mercado brasileiro, devido a procura por agilidade e redução dos custos tornou-se um método muito empregado principalmente nas construções de padrão popular. Neste trabalho foram detalhadas através de pesquisa bibliográfica algumas características dessa metodologia construtiva e as principais manifestações patológicas que acometem essas estruturas. A fim de colaborar com os estudos e principalmente contribuir com a redução de problemas futuros, foi desenvolvido um estudo de caso de uma edificação popular que apresenta fissuras devido a movimentações térmicas da laje de cobertura. Com isso foi apresentado as principais características dessa manifestação patológica e sugestões para a solução da patologia.

**Palavras-chave:** alvenaria estrutural; patologias; movimentação térmica; fissuras.

## ABSTRACT

ROÇA, G. B. R. **Analysis of the pathological manifestations of a residential building - a case study**. 2014. Número total de folhas. 62 Monografia (Patologia Das Construções) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

The use of structural masonry constructions is increasingly widespread in the Brazilian market. Due to the demand for agility and cost reduction it has become a widely used method mainly in the construction of low income focused buildings. In this paper a few characteristics of this methodology have been detailed through bibliographic research as well as the main pathological occurrences that affect these structures. In order to collaborate with the studies and primarily contribute to the reduction of future problems, a case study of a low cost building that has cracking due to thermal movement on the roof slab was developed. The main characteristics of this pathological manifestation and suggestions for its solution have been presented.

**Keywords:** structural masonry; pathologies; thermal movement; cracking

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de estrutura convencional e estrutura em alvenaria estrutural .....	15
Figura 2 - Exemplos de blocos cerâmicos estruturais comuns e especiais.....	17
Figura 3 - Exemplos de blocos cerâmicos estruturais utilizados na construção.....	18
Figura 4 - Tipos de blocos estruturais de concreto.....	18
Figura 5 - Exemplos de blocos de sílico-calcário .....	18
Figura 6 - Exemplo de blocos de solo-cimento.....	19
Figura 7 - Blocos de concreto.....	21
Figura 8 - Exemplo de amarração direta .....	22
Figura 9 - Exemplo de amarração indireta .....	22
Figura 10 - Juntas de dilatação e de controle.....	23
Figura 11 - Laje alveolar apoiada na parede estrutural.....	24
Figura 12 - Laje treliçada mista com EPS .....	25
Figura 13 - Laje em painel treliçada. ....	25
Figura 14 - Laje em steel deck .....	26
Figura 15 - Laje treliçada mista .....	26
Figura 16 - Laje maciça bidirecional.....	27
Figura 17 - Recalque diferenciado por consolidações distintas do aterro carregado .....	31
Figura 18 - Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro; tricas de cisalhamento nas alvenarias .....	31
Figura 19 - Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior.....	32
Figura 20 - Recalque diferenciado, por falta de homogeneidade do solo .....	32
Figura 21 - Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático.....	33
Figura 22 - Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento .....	34
Figura 23 - Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos.....	34
Figura 24 - Condição típica para o aparecimento de fissura por retração .....	35
Figura 25 - Fissuras comuns em alvenaria .....	35
Figura 26 - Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias.....	36
Figura 27 - Fissura mapeada, causadas pela retração da argamassa de revestimento.....	37
Figura 28 - Fissuras verticais causadas por sobrecarga verticais .....	37
Figura 29 - Fissuras horizontais na alvenaria.....	38
Figura 30 - Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto.....	39

Figura 31 - Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecarga .....	39
Figura 32 - Exemplo 1 de variação de temperatura em edificação analisada através de medição infravermelha .....	41
Figura 33 - Exemplo 2 de variação de temperatura em edificação analisada através de medição infravermelha .....	42
Figura 34 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devida a efeitos térmicos.....	42
Figura 35 - Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura.....	43
Figura 36 - Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.....	43
Figura 37 - Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura. ....	44
Figura 38 - Organograma de inspeção predial .....	46
Figura 39 - Croqui da localização do apartamento.....	47
Figura 40 - Planta esquemática.....	49
Figura 41 - Mapeamento das fissuras .....	50
Figura 42 - Distribuição das tensões na laje de cobertura e as fissuras observadas.....	56
Figura 43 - Recuperação do desempenho por ações de manutenção.....	58
Figura 44 - Apoio deslizante em laje de cobertura com impermeabilização e isolamento térmica .....	59
Figura 45 - Último pavimento: detalhes construtivos para evitar ocorrências de fissuras.....	60



## LISTA DE FOTOS

Foto 1 - Apartamento inspecionado .....	51
Foto 2 - Vista da posição do apartamento.....	51
Foto 3 - Acesso aos dormitórios aonde a anomalia é visível .....	52
Foto 4 - Dormitório 1 - Fissuras.....	52
Foto 5 - Dormitório 1 - Fissuras.....	53
Foto 6 - Dormitório 1 - Fissuras.....	53
Foto 7 - Dormitório 2 - Fissuras.....	54
Foto 8 - Dormitório 2 - Fissuras.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação quanto a abertura das fissuras.....	30
Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental.....	48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVO.....	14
1.3 METODOLOGIA DO TRABALHO .....	14
<b>2 ALVENARIA ESTRUTURAL.....</b>	<b>15</b>
2.1 PRINCÍPIOS DAS ESTRUTURAS EM ALVENARIA ESTRUTUAL .....	15
2.2 COMPONENTES .....	16
2.2.1 Blocos .....	16
2.2.2 Argamassa de Assentamento .....	19
2.2.3 Graute .....	20
2.2.4 Armaduras .....	20
2.3 MÉTODO CONSTRUTIVO DA ESTRUTURA .....	21
2.3.1 Modulação .....	21
2.3.2 Amarração .....	22
2.3.3 Juntas de Dilatação e de Controle .....	23
2.3.4 Lajes .....	23
<b>3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>28</b>
3.1 FISSURA NAS ALVENARIAS.....	29
3.2 FISSURA CAUSADAS POR RECALQUE DA FUNDAÇÃO .....	30
3.3 FISSURA CAUSADAS POR REAÇÃO QUÍMICA.....	33
3.4 FISSURA CAUSADAS POR RETRAÇÃO .....	34
3.5 FISSURA CAUSADAS POR CARREGAMENTO EXCESSIVO.....	37
3.6 FISSURA CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA.....	40
<b>4 ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>45</b>
4.1 METODOLOGIA .....	45
4.2 VISTORIA .....	47
4.3 HISTÓRICO .....	48
4.4 MAPEAMENTO DAS ANOMALIAS .....	49
4.5 IDENTIFICAÇÃO DE ERROS E DIAGNÓSTICO .....	55
<b>5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A atividade da construção civil, além de possuir uma significativa importância econômica gerada pelo alto volume de recursos financeiros envolvidos, lida com uma das principais necessidades e sonho do ser humano: a de ter um abrigo/habitação que preencha as necessidades físicas e psicológicas ao permitir que se sintam seguros e confortáveis no seu interior.

O desenvolvimento econômico do Brasil impulsionou o setor da construção civil a partir de 2006. Alguns especialistas afirmam que ocorreu um “boom” imobiliário sem precedentes, resultando um grande número de novas incorporações. Em março de 2010 foi lançado o projeto governamental Minha Casa Minha Vida, o qual incentivou a construção de casas para famílias que possuem renda de até 10 salários mínimos. Assim como pequenos construtores, as grandes construtoras de porte nacional partiram para a construção de imóveis de baixo padrão, com áreas entorno de 40m<sup>2</sup> a 60m<sup>2</sup>, com valores até 150 mil para capitais e 130 mil para regiões metropolitanas. Objetivando lucros maiores e mais rápidos, o emprego da alvenaria estrutural tornou-se viável e amplamente utilizado nessa tipologia de obras, devido este sistema construtivo apresentar as seguintes vantagens (BAUER, 2007):

- Técnicas de execução simplificadas;
- Menor diversidade de materiais empregados;
- Redução do número de especializações da mão-de-obra empregada;
- Redução de interferências, entre os subsistemas, no cronograma executivo (estrutura e alvenaria são executadas conjuntamente).

Apesar da produção de edificações em alvenaria estrutural ser praticamente em escala, ainda é possível notar que estão sendo executadas de maneira errônea acarretando em aparecimento de manifestações patológicas que poderiam ter sido evitadas. Na cidade de Curitiba devido sua posição geográfica e perfil climatológico é comum o aparecimento de fissuras causadas por variações térmicas, ou seja, ocasionadas pelas variações dimensionais dos elementos das edificação. O presente trabalho tem fulcro em um estudo de caso de uma edificação residencial

em alvenaria estrutural, com manifestações patológicas decorrentes de variações térmicas.

O trabalho é disposto em quatro capítulos. No capítulo 1 é abordado o contexto do trabalho, com a metodologia e objetivos traçados. No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica com definições e conceitos acerca do assunto. No capítulo 3 é descrito o estudo de caso para no Capítulo 4 serem feitas as considerações finais do trabalho.

## 1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar em um estudo de caso as manifestações patológicas causadas devido a dilatação térmica de um apartamento localizado na cidade de Curitiba - Paraná, com o intuito de fornecer opções para solução do problema.

Para essa análise foi realizada uma caracterização do sistema construtivo em alvenaria estrutural e uma revisão bibliográfica das principais causas de manifestação patológica devido a variações térmicas.

## 1.3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Este trabalho é baseado em uma revisão bibliográfica, inclusive com consulta à *websites* com informações técnicas, bem como conversas com especialistas da área sobre manifestações patológicas devido a dilatação térmica. O estudo de caso foi realizado através de uma vistoria no imóvel em questão com a finalidade de levantamento visual de anomalias e falhas, registrando estas irregularidades através de descrição circunstanciada e relatório fotográfico. Como a análise se fundamenta na verificação visual dos problemas existentes, serão fornecidas informações a respeito de prováveis motivos das causas destes danos.

## 2 ALVENARIA ESTRUTURAL

### 2.1 PRINCÍPIOS DAS ESTRUTURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

O método de estrutura com alvenaria estrutural consiste em realizar paredes autoportantes, ou seja, paredes projetadas para suportar e distribuir as cargas da edificação sem a necessidade de pilares e vigas.

“A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes atuam como estrutura e têm a função de resistir às cargas verticais, bem como às cargas laterais. As cargas verticais são devidas ao peso próprio da estrutura e às cargas de ocupação. As cargas laterais, por sua vez, originam-se da ação do vento e/ou do desaprumo. Estas são absorvidas pelas lajes e transmitidas às paredes estruturais paralelas à direção do esforço lateral.”<sup>1</sup>



Figura 1 - Exemplo de estrutura convencional e estrutura em alvenaria estrutural  
Fonte: ROMAN, et al., p. 13, 2005

<sup>1</sup> ROMAN, H. R. *et al.* (2002).

## 2.2 COMPONENTES

O método construtivo com alvenaria estrutural apresenta como principais componentes: blocos, argamassa, graute e armadura. O comportamento estrutural final varia conforme é selecionado cada um dos componentes, sua interação e o projeto desenvolvido.

### 2.2.1 Blocos

Os blocos ou unidades são os principais responsáveis pela resistência da estrutura. Segundo Roman *et al.* (2002) podem ser classificadas da seguinte forma:

▪ **Quanto a natureza do material:**

- Cerâmico - unidades fabricadas a partir de uma mistura de argila, normalmente moldadas por extrusão, conforme Figura 2 e Figura 3.
- Concreto - unidades produzidas a partir de uma mistura de cimento, areia e brita, moldadas por vibro-prensagem, conforme Figura 4.
- Sílico-calcário - unidades compostas por uma mistura homogênea e adequadamente proporcionada de cal e areia quartzosa, moldadas por prensagem e curadas por vapor a alta pressão, conforme Figura 5.
- Solo-cimento - unidades constituídas por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento, água e, eventualmente, aditivos em proporções que atendam às exigências da NBR 8491/1984 -Tijolo maciço de solo-cimento, conforme Figura 6.

▪ **Quanto a Função**

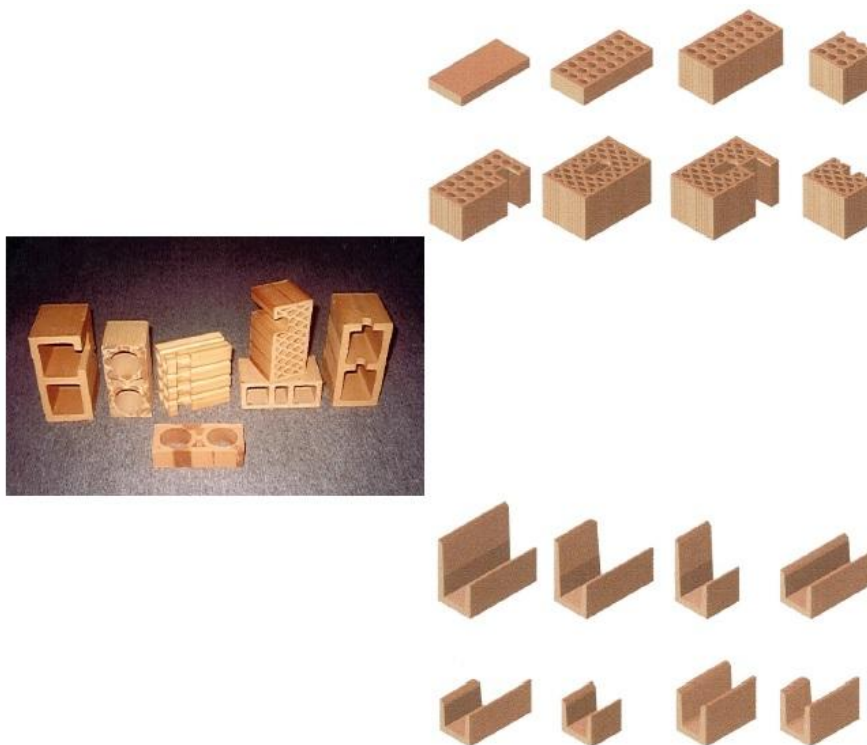
- Vedação - São tijolos e blocos projetados para serem assentados com os furos na horizontal e para resistirem apenas às cargas devidas ao peso próprio e a pequenas cargas de ocupação.
- Estruturais - São tijolos maciços e blocos projetados para serem assentados com os furos na vertical e que têm a finalidade de resistir a cargas verticais, bem como a seu peso próprio. Diferentes formatos de unidades foram desenvolvidos com o objetivo de se ajustarem a uma função específica, como se exemplifica a seguir:

- Bloco canaleta - É utilizado para a confecção de vergas e contravergas pré-moldadas e para vigas de cintamento.
- Bloco hidráulico/elétrico - Acomodam as tubulações de água, de energia elétrica, de gás, etc.
- Bloco J - É utilizado para cintamento de paredes externas e concretagem de lajes moldadas in loco.

▪ **Quanto às dimensões:**

- Comuns - Trata-se de produtos cujas dimensões nominais são recomendadas pela norma.
- Especiais - São peças portadoras de formas e dimensões diversas das apresentadas na referida norma. A Norma Brasileira apresenta algumas medidas especiais, que podem ser encontradas em produtos comerciais.

A seguir são apresentados as principais tipologias de blocos utilizadas no mercado:



**Figura 2 - Exemplos de blocos cerâmicos estruturais comuns e especiais**  
Fonte: ROMAN, *et al.*, p. 41, 2005



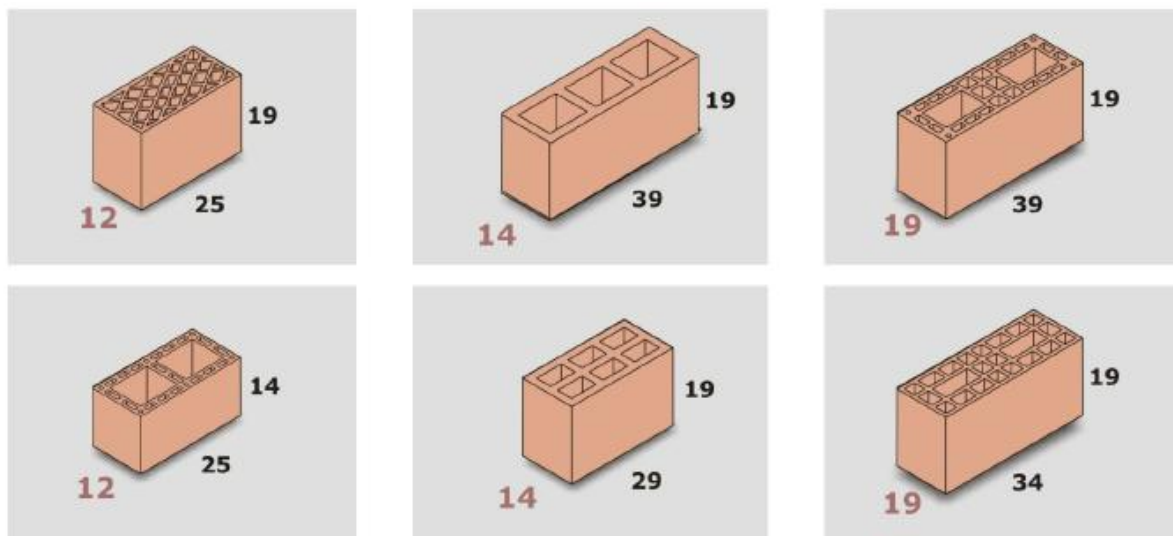


Figura 3 - Exemplos de blocos cerâmicos estruturais utilizados na construção  
 Fonte: ROMAN, *et al.*, p. 42, 2005

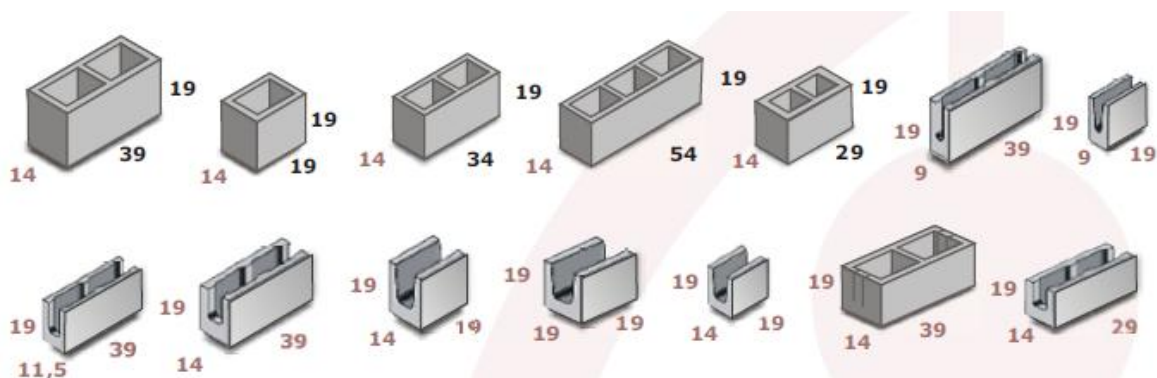


Figura 4 - Tipos de blocos estruturais de concreto  
 Fonte: ROMAN, *et al.*, p. 46, 2005



Figura 5 - Exemplos de blocos de sílico-calcário



**Figura 6 - Exemplo de blocos de solo-cimento**  
Fonte: CONSTRUECOSUL (2014)

## 2.2.2 Argamassa de Assentamento

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos; argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Os objetivos básicos da argamassa de assentamento são: “solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e vento nas edificações.” (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 07).

No Brasil as argamassas de assentamento são comumente constituídas de aglomerantes baseados em cimento e cal, areia como agregado miúdo e água para produzir uma massa com boa trabalhabilidade. As argamassas devem apresentar características específicas a fim de cumprir sua função, dentre as quais podem ser citadas: a resistência mecânica, a compacidade, a impermeabilidade, a aderência, a constância de volume e a durabilidade.

### 2.2.3 Graute

O Graute é um concreto ou argamassa utilizado para o preenchimento de espaços vazios de blocos, com a função de solidarizar armadura e alvenaria ou aumentar a sua capacidade resistente. A sua composição é semelhante ao dos materiais empregados para produzir o concreto convencional: cimento, cal hidratada, agregado miúdo, agregado graúdo e água; sendo a maior diferença o tamanho do agregado graúdo e na relação água/cimento a fim de garantir uma trabalhabilidade maior.

De acordo com Arantes e Cavalheiro (2004), o grauteamento de paredes de alvenaria estrutural não armada tem se mostrado uma prática adotada por alguns calculistas com o objetivo de aumentar a capacidade de carga da alvenaria.

### 2.2.4 Armaduras

As barras de aço são utilizadas juntamente com o graute com a função de combater os esforços de tração. Essa tensão provocada pelos esforços de tração deve ser compatível com a deformação da alvenaria, sendo adotadas tensões bem baixas (MANZIONE, 2004, p.21).

As armaduras de alvenaria estrutural podem ser construtivas, características da alvenaria não armada, ou de cálculo, presentes na alvenaria armada. Estas armaduras são do mesmo tipo das usadas em estruturas concreto armado.

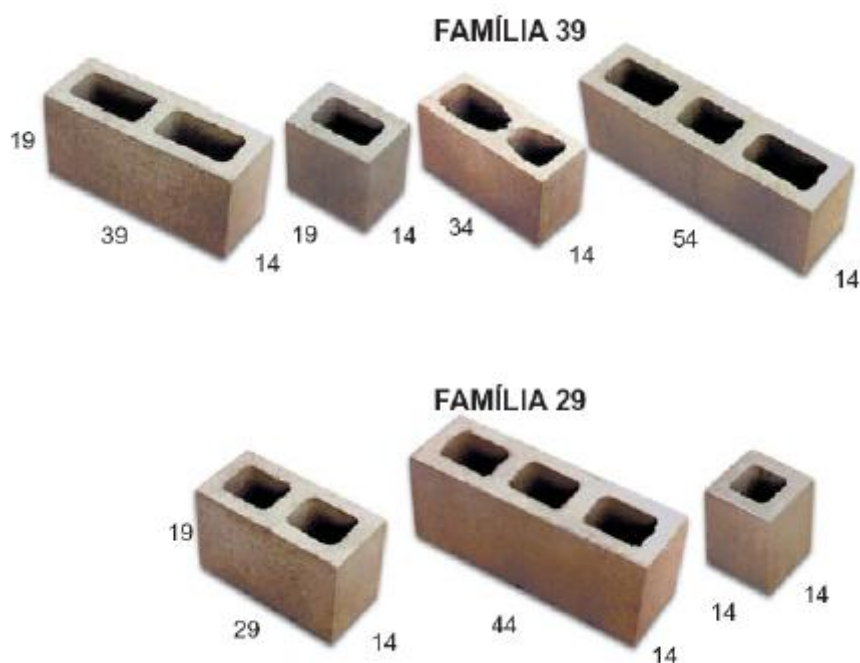
## 2.3 MÉTODO CONSTRUTIVO DA ESTRUTURA

O processo construtivo de alvenaria estrutural é um método específico, portanto desde o anteprojeto deve ser analisada a melhor modulação dos blocos a fim de se evitar desperdícios com recorte de blocos. Somente após esta etapa são elaborados os projetos estruturais e complementares (hidráulico, elétrico, prevenção e combate a incêndio, entre outros), para posteriormente realizar o projeto executivo com os detalhamentos das elevações das paredes.

### 2.3.1 Modulação

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o comprimento e a largura definem o módulo horizontal e a altura define o módulo vertical. No decorrer da modulação do projeto arquitetônico devem adequar suas dimensões em função das dimensões dos blocos, objetivando facilitar a execução e reduzir cortes ou ajustes na edificação.

Tradicionalmente são utilizados os blocos da família 29 e 39 com as seguintes dimensões:



**Figura 7 - Blocos de concreto**  
Fonte: Bastos 2009

### 2.3.2 Amarração

A amarração entre as paredes estruturais tem a função de distribuir as tensões tanto entre as paredes, quanto entre as paredes e a edificação quanto um todo. Esta ligação deve ser projetada e preferencialmente ser realizada através de amarração direta com a interpenetração com os blocos contra-fiados, caso não seja possível utilizar reforço metálico com grampos através de uma amarração indireta.

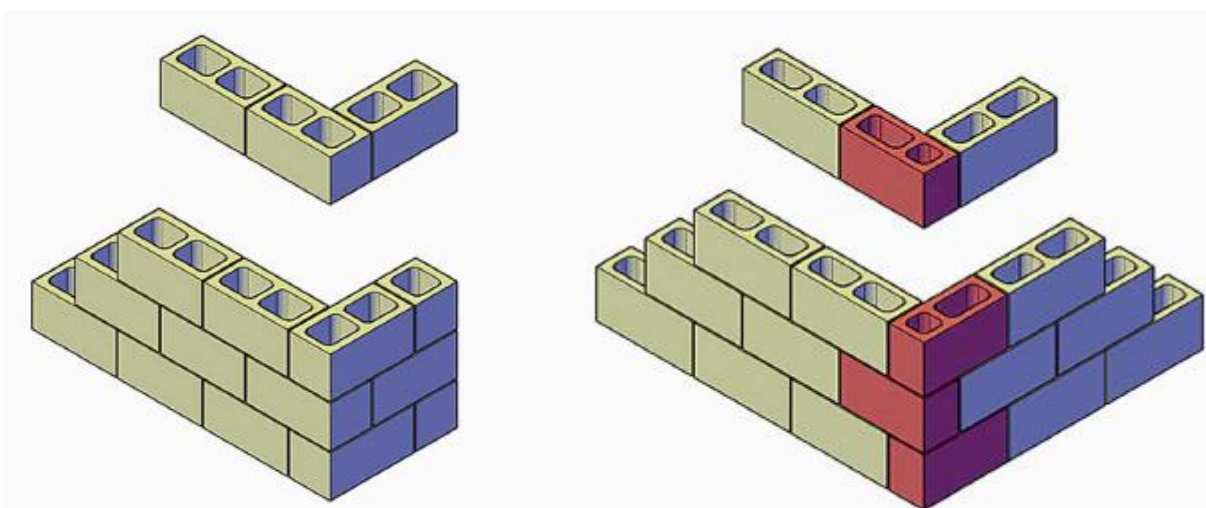
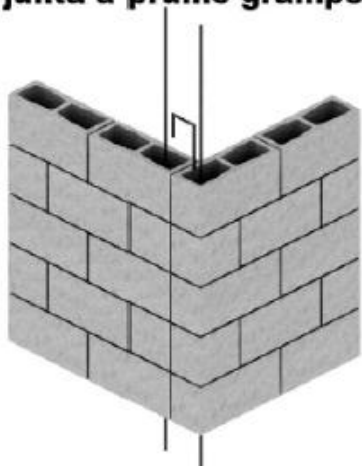


Figura 8 - Exemplo de amarração direta  
Fonte: TAUIL e NESE (2010)

**Encontro de paredes em “L”  
com junta a prumo grampeadas**



**Encontro de paredes em “T”  
com junta a prumo grampeadas**

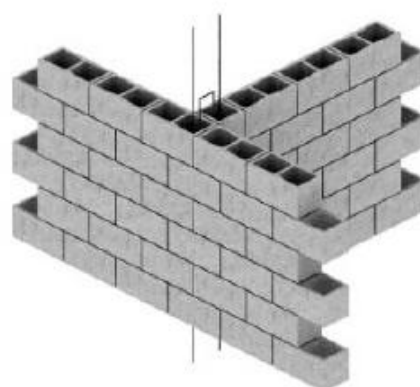
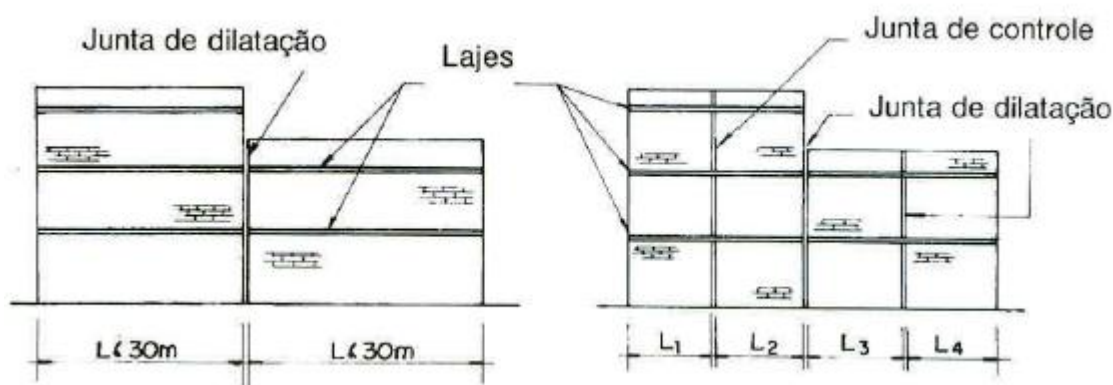


Figura 9 - Exemplo de amarração indireta  
Fonte: Bastos (2009)

### 2.3.3 Juntas de Dilatação e de Controle

A alvenaria estrutural é projetada para absorver e distribuir as forças de compressão aplicadas, produzindo assim tensões (compressão e tração) nos blocos. Essa distribuição de tensões aliada a dilatação causada pela variação térmica, causam deformações na estrutura, e para evitar o aparecimento de fissuras deve-se no projeto prever juntas de dilatação e de controle.

As juntas de controle normalmente são verticais e tem por finalidade limitar as dimensões dos painéis de blocos, enquanto as juntas de dilatação proporcionam a separação entre duas partes da estrutura a fim de permitir movimentações diferenciadas entre elas. A Figura 10 demonstra essa diferença.



**Figura 10 - Juntas de dilatação e de controle**  
Fonte Duarte 1999

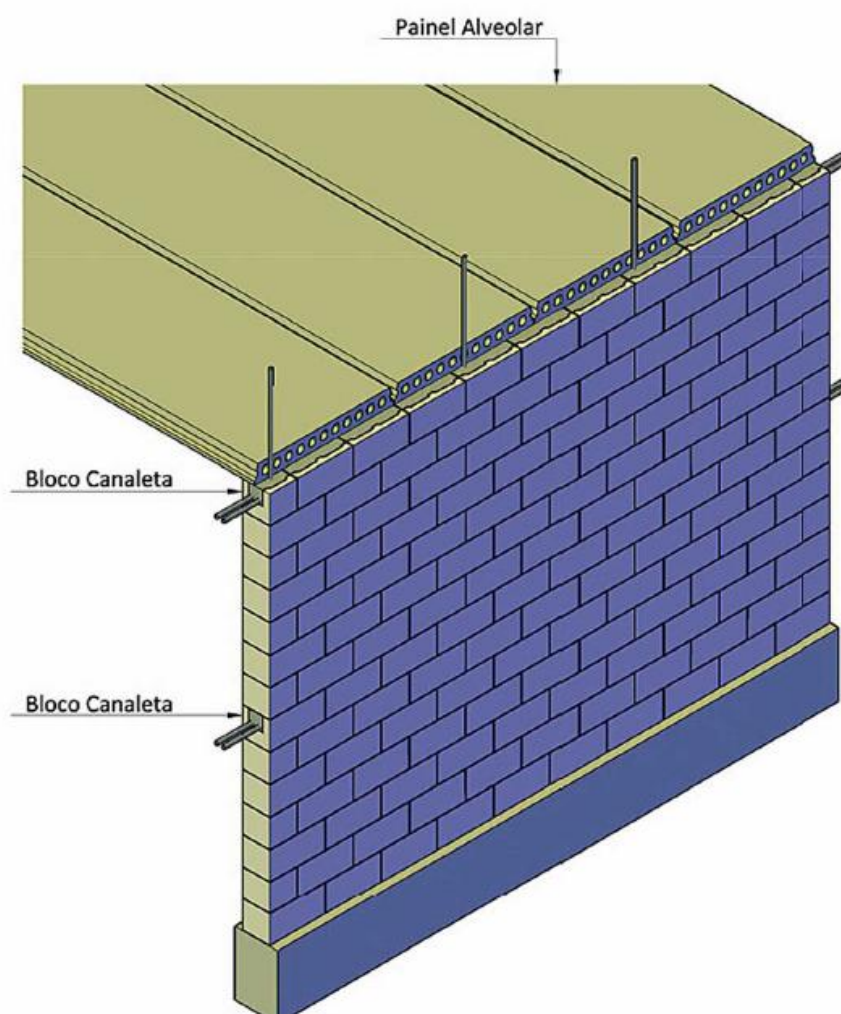
### 2.3.4 Lajes

A laje é um elemento estrutural responsável por transmitir as ações atuantes nela para os painéis de blocos, podendo ser moldadas no local, parcialmente pré-fabricadas ou totalmente pré-fabricadas. Segundo Sabbatini (2003), as lajes devem ser projetadas e executadas considerando não apenas o desempenho estrutural, mas os efeitos de suas deformações.

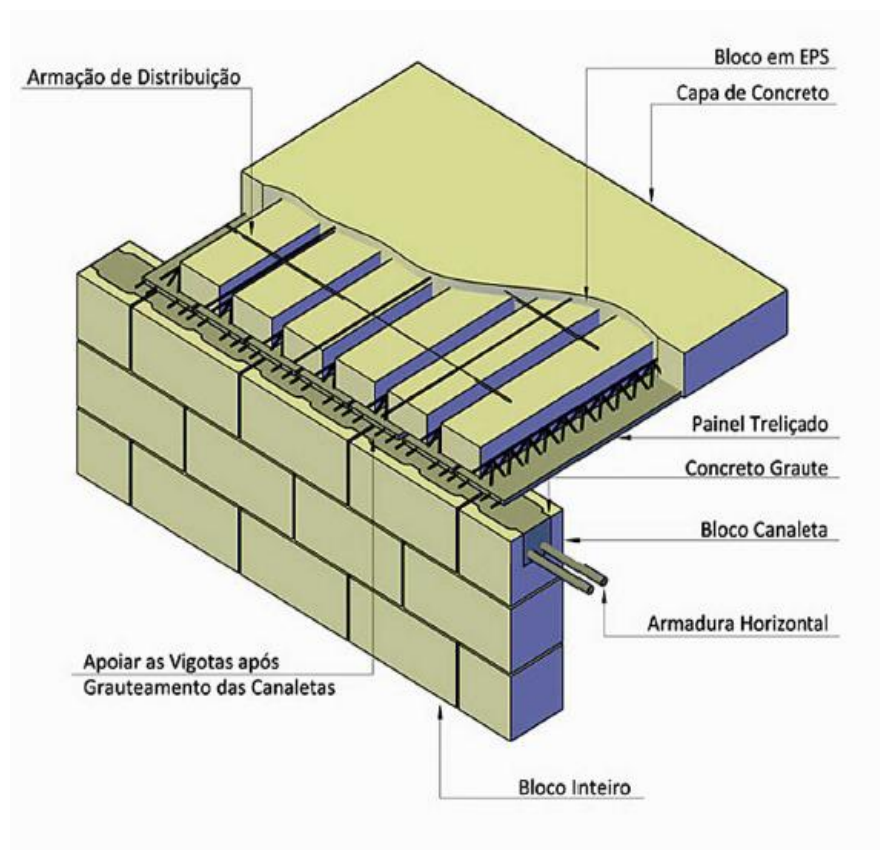
As lajes de cobertura podem se movimentar por efeito de deformações térmicas. Esta movimentação pode ocasionar manifestações patológicas caso não se adote algumas medidas preventivas, tais como a inserção de juntas de movimentação horizontal ou a adoção de apoios deslizantes (neoprene, teflon,

manta asfáltica, camada dupla de manta de PVC, dentre outros) entre a interface da laje de cobertura com a alvenaria (THOMAZ; HELENE, 2000). Além desses materiais podem ser empregadas técnicas para evitar que as lajes seja expostas a variações térmicas, tais como aplicação de isolantes térmicos, ventilação apropriada, ou ainda a alteração do projeto arquitetônico.

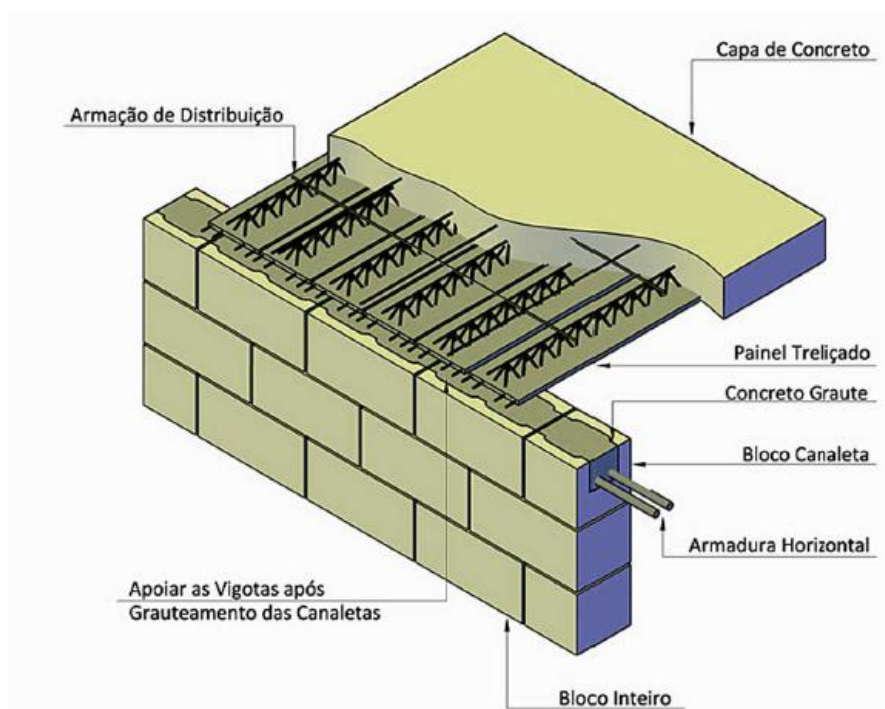
Conforme Tauil e Nese (2010) as principais lajes utilizadas são laje alveolar, laje treliçada mista com EPS, laje em painel treliçada, laje em steel deck, laje treliçada mista e laje maciça bidirecional.



**Figura 11 - Laje alveolar apoiada na parede estrutural**  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

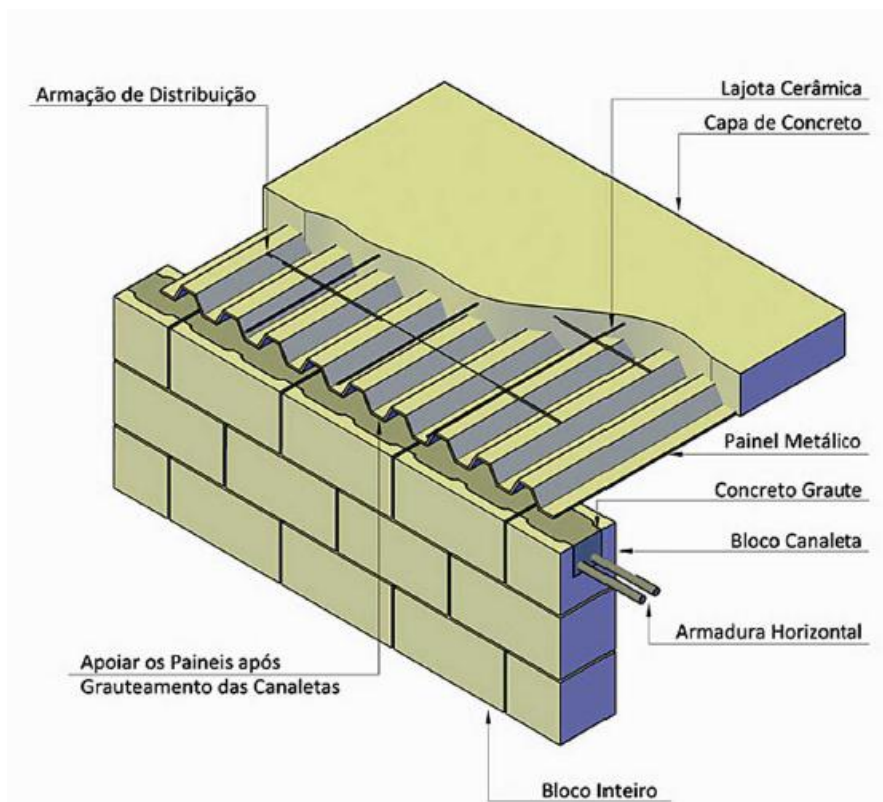


**Figura 12 - Laje treliçada mista com EPS**  
**Fonte: Tauil e Nese (2010)**

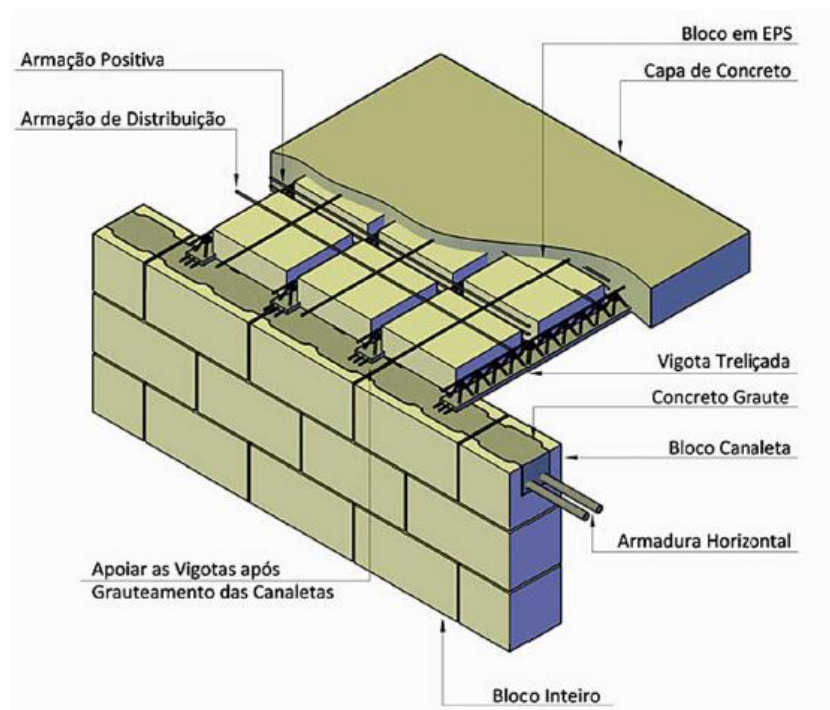


**Figura 13 - Laje em painel treliçada.**  
**Fonte: Tauil e Nese (2010)**

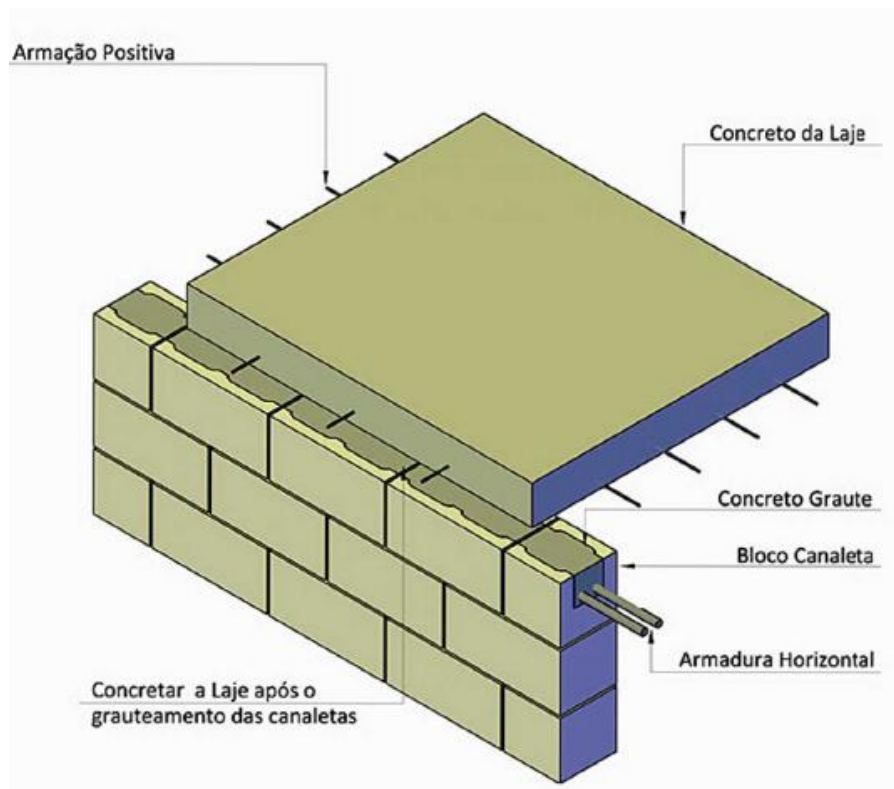




**Figura 14 - Laje em steel deck**  
**Fonte: Tauil e Nese (2010)**



**Figura 15 - Laje treliçada mista**  
**Fonte: Tauil e Nese (2010)**



**Figura 16 - Laje maciça bidirecional**  
Fonte: Taul e Nese (2010)

### 3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

O termo patologia (derivado do grego *pathos*, sofrimento, doença, e *logia*, ciência, estudo) é o estudo das doenças em geral sob aspectos determinados muito utilizado na área medica é atualmente empregado na engenharia civil fazendo uma associação com a medicina, como sendo a parte da engenharia que estuda as anomalias (doenças) das edificações (MATTOS, 2005.)

“Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, o mecanismo, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema. (...)

Os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como se pode estimar suas prováveis consequências. Esses sintomas, também denominados de lesões, defeitos ou manifestações patológicas, podem ser descritos e classificados, orientando um primeiro diagnóstico, a partir de observações visuais. Os sintomas mais comuns, de maior incidência nas estruturas de concreto, podem ser as fissuras, as eflorescências, as flechas excessivas, as manchas no concreto aparente, a corrosão de armaduras e os ninhos de concretagem. Como se nota na figura abaixo, certas manifestações tem elevada incidência, como as manchas superficiais, apesar de que, do ponto de vista das consequências, quanto ao comprometimento estrutural e quanto ao custo da correção do problema, uma fissura de flexão ou a corrosão das armaduras são mais significativas.”<sup>2</sup>

Segundo a NBR 13.752 (Norma Brasileira para perícias de engenharia na construção civil) tem-se os seguintes conceitos quando trata-se de análise de manifestações patológicas:

- **“DEFEITO:** são anomalias que podem causar danos efetivos ou representar ameaça potencial de afetar a saúde ou segurança do dono ou consumidor, decorrentes de falhas do projeto ou execução de um produto ou serviço, ou, ainda, de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção.
- **VÍCIOS:** anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto ou de execução, ou ainda da informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção.

---

<sup>2</sup> HELENE (1992)

- **VÍCIOS REDIBITÓRIOS:** Anomalias que afetam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ao consumidor. Podem decorrer da falha de projeto ou de execução, ou ainda da informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção.”

Dentre as principais manifestações patológicas em alvenaria estrutural, podemos citar como as mais recorrentes as fissuras, eflorescências e infiltrações de água. O termo fissura é bastante abrangente e trata do rompimento de algum material provocado por tensões. As eflorescências são depósitos de sais decorrentes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas, conseqüentemente alterando a aparência superficial do material e podendo ser agressivos ao mesmo. As infiltrações são caracterizadas pela percolação de água através do material, podendo alterar suas características. Neste trabalho são apresentados as principais causas de fissura, uma vez que o estudo de caso depende deste conhecimento teórico.

### 3.1 FISSURA NAS ALVENARIAS

As fissuras são formadas quando as tensões excedem a capacidade do material em resistir estes esforços. Segundo DUARTE (1998), as fissuras são causadas por tensões de tração, podendo ser causadas por esforços de compressão agindo em direção ortogonal, por esforços de cisalhamento ou tração direta.

A sua classificação varia quanto abertura conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação quanto a abertura das fissuras**

<b>Autores</b>	<b>Classificações quanto a abertura</b>
BIDWELL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finas ( &lt; 1,5 mm)</li> <li>• Médias (1,5 mm a 10,0 mm)</li> <li>• Largas ( &gt; 10,0 mm)</li> </ul>
RAINER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muitos Leve ( &lt; 1,0 mm)</li> <li>• Leves (1,0 mm a 5,0 mm)</li> <li>• Moderadas (5,0 mm a 15,0 mm)</li> <li>• Severas ( &gt; 15,0 mm)</li> </ul>
KAMINETZKY	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Negligíveis ( &lt; 1,0 mm)</li> <li>• Muito Leves (0,1 mm a 0,4 mm)</li> <li>• Leves (0,8 mm a 3,2 mm)</li> <li>• Moderadas (3,2 mm a 12,7 mm)</li> <li>• Extensiva (12,7 mm a 25,4 mm)</li> <li>• Muito Extensiva ( &gt; 25,4 mm)</li> </ul>

Fonte: Autor (2014) baseado em Bidwell (1977, *apud* Richter, 2007), Rainer (1983, *apud* Richter, 2007) e Kaminetzky (1985, *apud* Richter, 2007)

### 3.2 FISSURA CAUSADAS POR RECALQUE DA FUNDAÇÃO

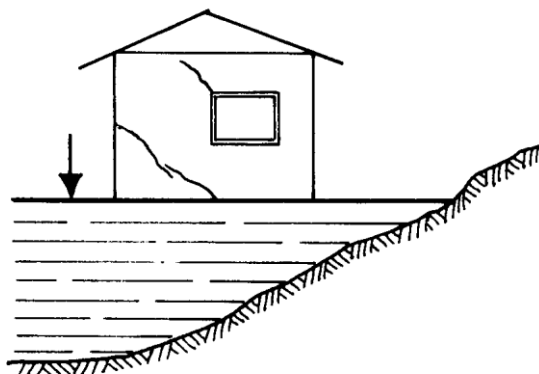
A função da fundação é transmitir ao terreno a carga da edificação, podendo ser superficial ou profunda. O recalque da fundação é a movimentação no plano vertical de toda ou parte (recalque diferencial) da fundação e conseqüentemente da edificação.

As construções em alvenaria estrutural são mais rígidas do que as construções em concreto armado, auxiliando na distribuição das cargas da edificação para a fundação e o terreno. Contudo essa rigidez não permite que a estrutura apresente deformações, uma vez que isso gera o surgimento de fissuras na paredes.

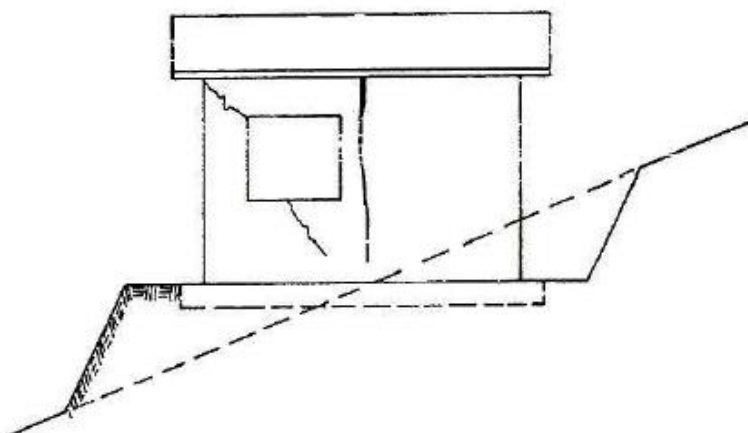
Em geral, a fissuração provocada pela ação de recalques constitui danos arquitetônicos e funcionais, mas não estruturais. Entretanto, deve-se ressaltar que em alguns casos, como o de paredes não-armadas em que os recalques provocam uma configuração deformada da fundação com concavidade para baixo, pode haver colapso devido à falta de impedimento para a propagação das fissuras.

Normalmente essas fissuras se localizam ao redor do pavimento térreo, mas dependendo da amplitude do recalque podem se manifestar nos andares superiores. Segundo o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1983 *apud* Thomaz,

1989) há diversos fatores que podem conduzir aos recalques diferenciados, e conseqüentemente, à fissuração dos edifícios, conforme indicado nas figuras a seguir:



**Figura 17 - Recalque diferenciado por consolidações distintas do aterro carregado**  
Fonte: Thomaz (1989)



**Figura 18 - Fundações assentadas sobre seções de corte e aterro; trincas de cisalhamento nas alvenarias**  
Fonte: Thomaz (1989)

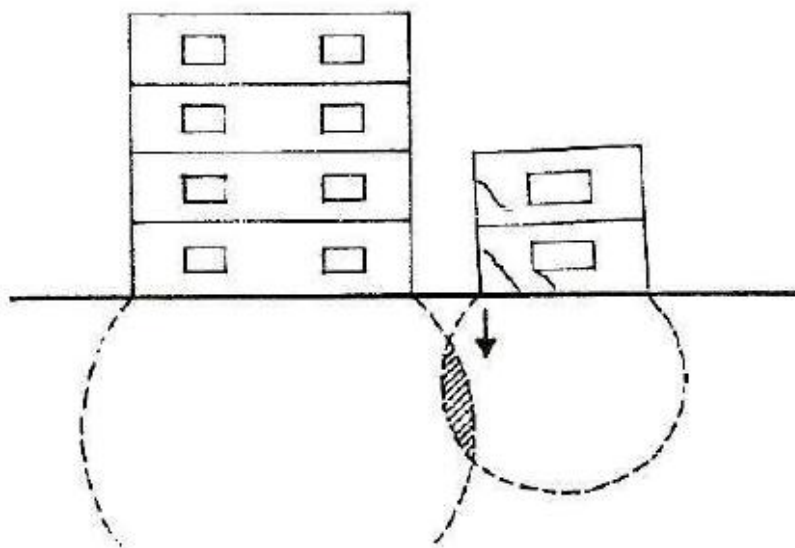


Figura 19 - Recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior

Fonte: Thomaz (1989)

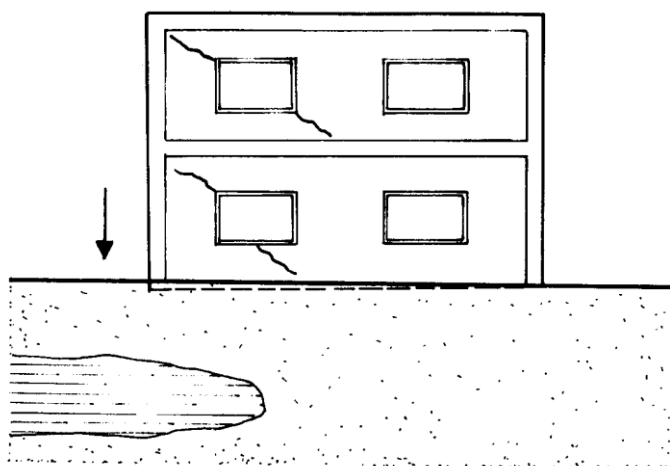
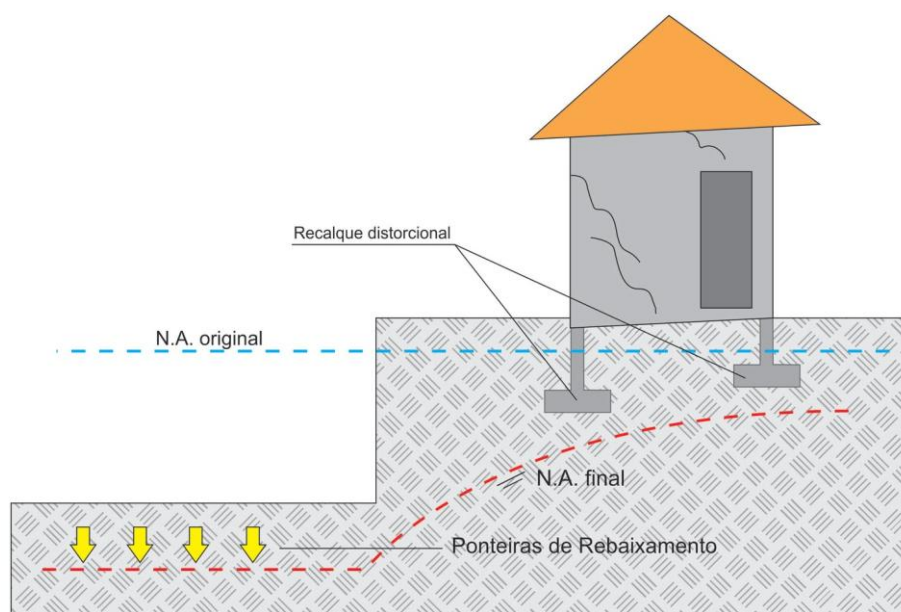


Figura 20 - Recalque diferenciado, por falta de homogeneidade do solo

Fonte: Thomaz (1989)



**Figura 21 - Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático**  
**Fonte: Ramos Engenharia (2014)**

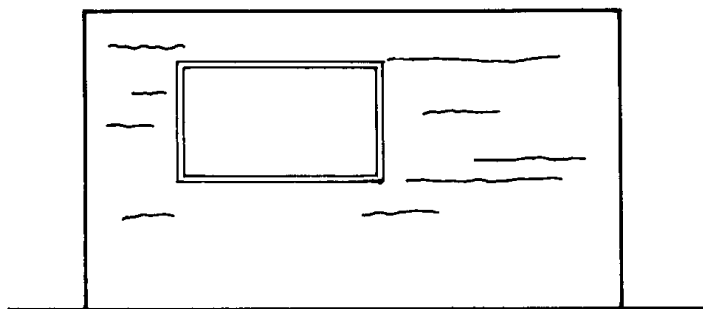
### 3.3 FISSURA CAUSADAS POR REAÇÃO QUÍMICA

Segundo Bertolini (2010), nas condições de uso nas construções os materiais também estão sujeitos às ações físico-químicas do ambiente com o qual estão em contato. Esta interação podem levar o material a apresentar uma perda de desempenho ou até mesmo a sua função.

As reações químicas, principalmente as dos sais com presença de umidade, podem sofrer reações expansivas provocando fissuras nas paredes. Estas reações tendem a se agravar em ambientes agressivos, tais como regiões industriais ou regiões litorâneas com exposição a maresia.

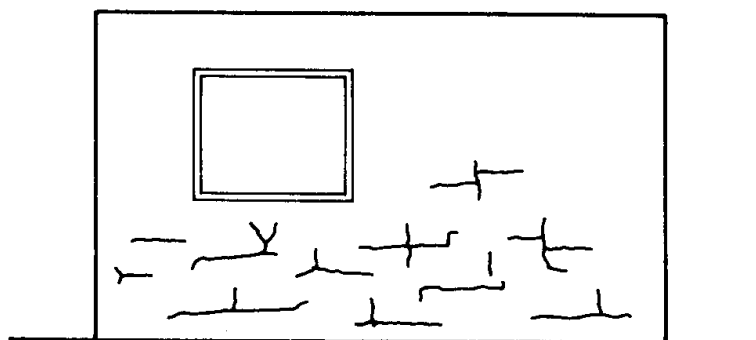
Conforme Thomaz (1989), as principais reações e as características das fissuras são as demonstradas nas Figura 22 e Figura 23:





**Figura 22 - Fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento**

**Fonte: Thomaz (1989)**



**Figura 23 - Fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos**

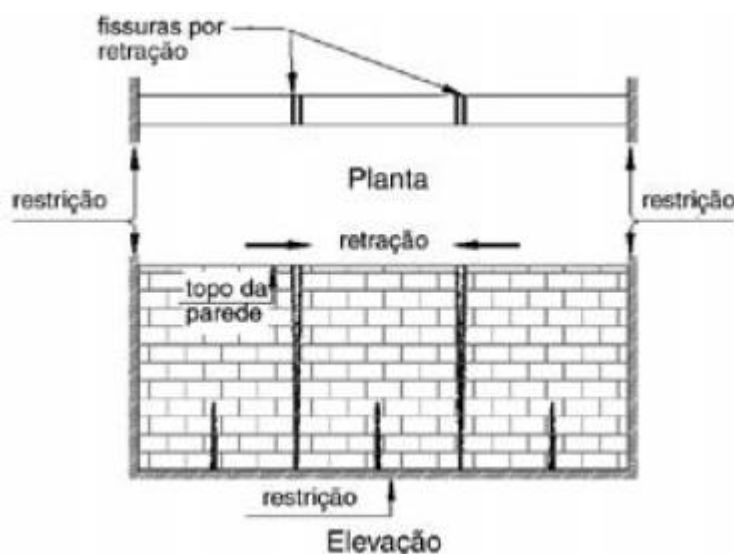
**Fonte: Thomaz (1989)**

### 3.4 FISSURA CAUSADAS POR RETRAÇÃO

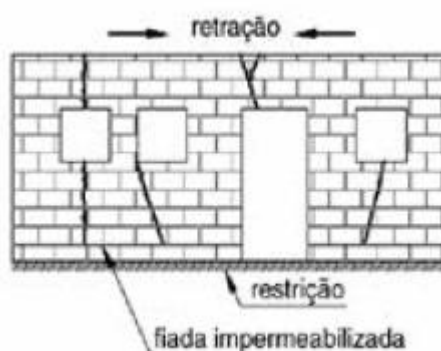
A retração é uma característica física de contração do material. Nas edificações os blocos de concreto ou a argamassa podem diminuir suas dimensões causando variações de volume nas paredes.

Quando essa variação volumétrica não é impedida, poucos efeitos serão observados na alvenaria: esta apenas diminui seu tamanho, sendo essa variação muito pequena e imperceptível a um observador comum. Entretanto, na grande maioria dos casos, as construções em alvenaria introduzem restrições a essa variação, seja pelo intertravamento das faces laterais com outro painel de alvenaria, seja pelo travamento inferior ou superior por lajes. O impedimento da retração provoca o aparecimento de tensões de tração. Dependendo da combinação de sua intensidade com a

resistência à tração e o módulo de deformação da argamassa ou do concreto, pode ocorrer fissuração.<sup>3</sup>



**Figura 24 - Condição típica para o aparecimento de fissura por retração**  
 Fonte: Curtin *et al.* (1982, *apud* Parkesian *et al.*, 2014)



**Figura 25 - Fissuras comuns em alvenaria**  
 Fonte: Curtin *et al.* (1982, *apud* Parkesian *et al.*, 2014)

A principal causa da retração é a perda de água que não está quimicamente ligada ao interior do concreto. Segundo Thomaz (1989) existem três formas de retração que ocorrem em produtos preparados com cimento no estado endurecido ou em processo de endurecimento:

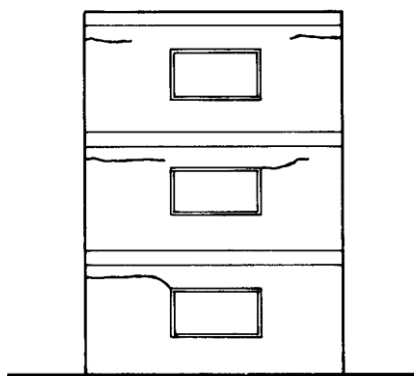
- a) Retração química: a reação química entre o cimento e a água se dá com redução de volume, devido às grandes forças interiores de

<sup>3</sup> PARKESIAN *et al.* (2014)

coesão, a água combina quimicamente (22 a 32%) e sofre uma contração de cerca de 25% de seu volume original;

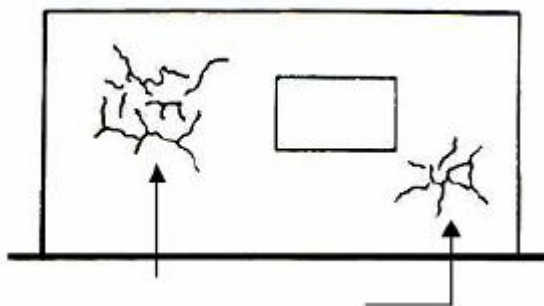
- b) Retração de secagem: a quantidade excedente de água empregada na preparação do concreto ou argamassa, permanece livre no interior da massa, evaporando-se posteriormente. Tal evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo a redução do seu volume;
- c) Retração por carbonatação: a cal hidratada liberada nas reações de hidratação do cimento reage com gás carbônico presente no ar, formando carbonato de cálcio. Esta reação é acompanhada de uma redução de volume, gerando a chamada retração por carbonatação.

A configuração das fissuras provocadas pela retração são tipicamente horizontais e mais presentes nos últimos andares das edificações, pois a retração das lajes dos últimos andares se associa a movimentações causadas pela variação térmica. Esse tipo de fissura se manifesta principalmente abaixo das lajes ou na aresta superior das aberturas, conforme Figura 26.



**Figura 26 - Fissuras em parede externa, causadas pela retração de lajes intermediárias.**

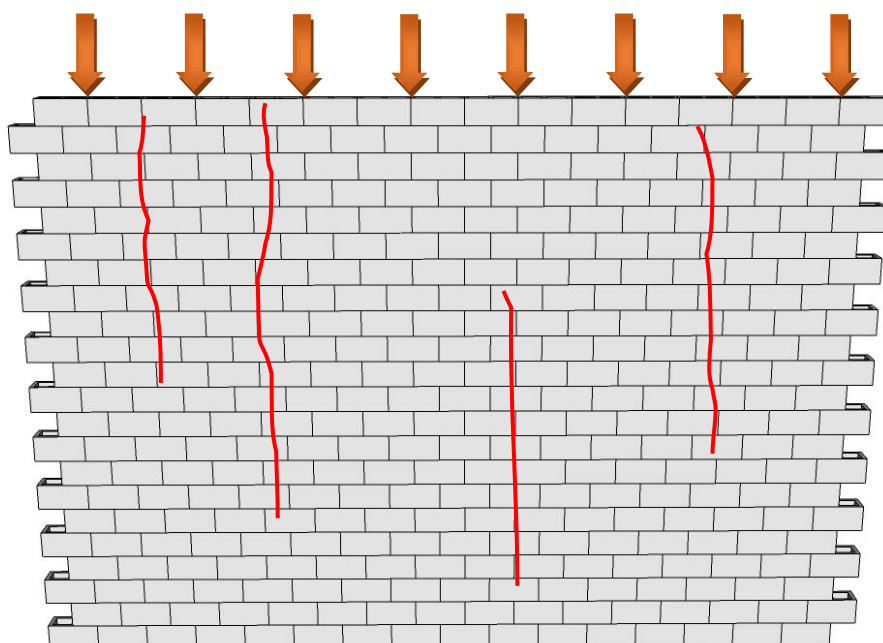
Quando a retração se dá na argamassa de revestimento, as fissuras se apresentam de forma irregular, conhecida também como fissura mapeada. A retração é fruto de excesso de finos no traço dos aglomerantes ou agregados, podendo ser causadas também pelo excesso de desempenamento.



**Figura 27 - Fissura mapeada, causadas pela retração da argamassa de revestimento**  
Fonte: Thomaz (2.000)

### 3.5 FISSURA CAUSADAS CARREGAMENTO EXCESSIVO

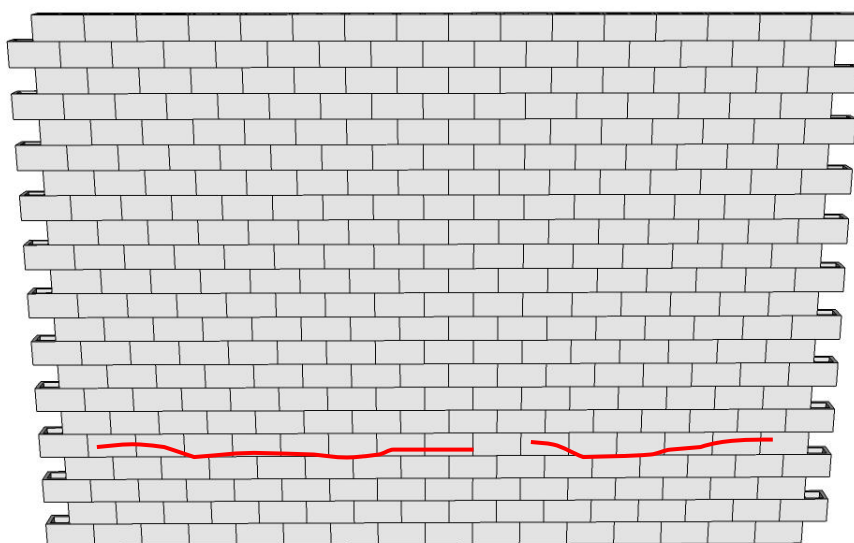
A atuação de sobrecargas, previstas ou não em projetos, pode produzir fissuras nos elementos estruturais e de vedação. Segundo Bauer (2014), “sob ação de cargas uniformemente distribuídas, em função principalmente da deformação transversal da argamassa de assentamento e da eventual fissuração de blocos ou tijolos por flexão local, as paredes em trechos contínuos apresentam fissuras tipicamente verticais”, conforme Figura 28.



**Figura 28 - Fissuras verticais causadas por sobrecarga verticais**  
Fonte: Autor (2014)

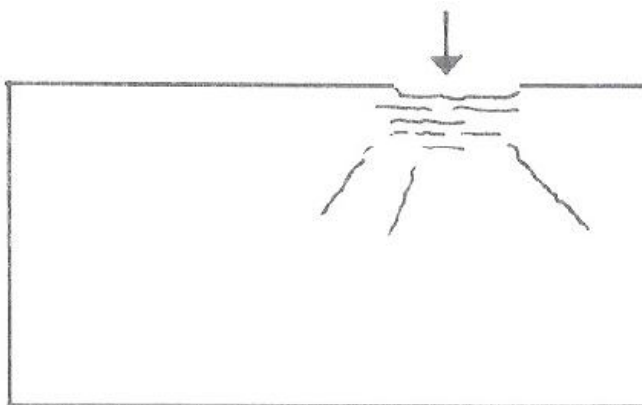
De acordo com Thomaz (1989), existem dois tipos de características de fissuras causadas por sobrecarga uniformemente distribuídas:

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



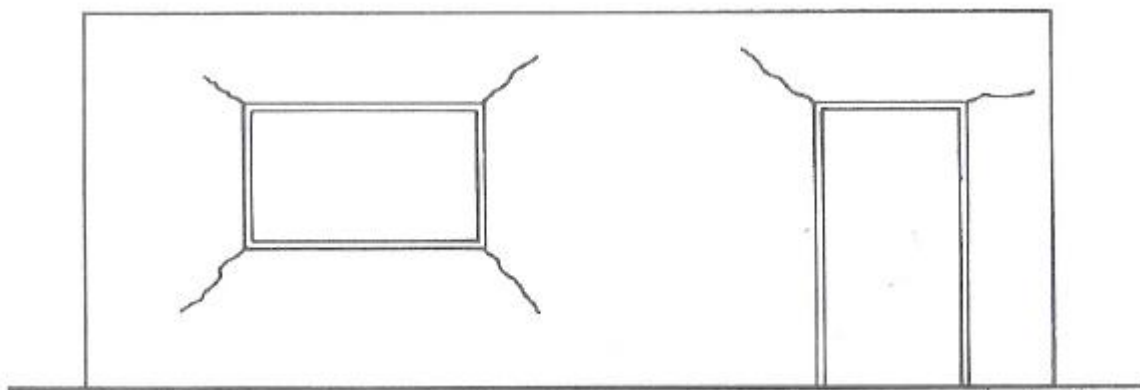
**Figura 29 - Fissuras horizontais na alvenaria**  
Fonte: Autor (2014)

Caso as ações de sobrecarga sejam pontuais ou concentradas, pode ocorrer a ruptura do componente que recebe os esforços, e, conforme Thomaz (1989), pode provocar ruptura dos componentes de alvenaria e aparecimento de fissuras inclinadas a partir do ponto de aplicação, conforme Figura 30.



**Figura 30 - Ruptura localizada da alvenaria sob o ponto de aplicação da carga e propagação de fissuras a partir desse ponto**  
Fonte: Thomaz (1989)

Em trechos com a presença de aberturas (janelas, portas, etc.) ocorrerá concentração de tensões entorno do vão. Segundo Bauer (2014), “No caso da inexistência ou subdimensionamento de vergas e contravergas, as fissuras se desenvolverão a partir dos vértices das aberturas”, segundo Thomaz (1989) as configurações dessas fissuras podem se manifestar de diversas maneiras, sendo a mais comum a forma apresentada na Figura 31.



**Figura 31 - Fissuração típica (real) nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecarga**  
Fonte: Thomaz (1989)

### 3.6 FISSURA CAUSADAS POR MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA

As edificações estão em contato com o meio ambiente e sujeitas às variações de temperatura diárias e sazonais, gerando movimento de contração e dilatação nos diferentes materiais que a compõe. Apesar da temperatura atuar de forma igualitária sobre esses diferentes materiais, o comportamento de cada um depende de suas propriedades físicas e seus coeficiente de dilatação. Essa movimentação diferenciada entre materiais diferentes ou o mesmo material com incidência de diferentes temperaturas é a principal causa de formação de fissuras nas edificações. Segundo Thomaz (1989) as principais movimentações diferenciadas ocorrem em função de:

“- junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, sujeito às mesmas variações de temperatura (por exemplo, movimentações diferenciadas entre argamassa de assentamento e componentes de alvenaria);

- exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação as paredes de uma edificação);

- gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente (por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura).”

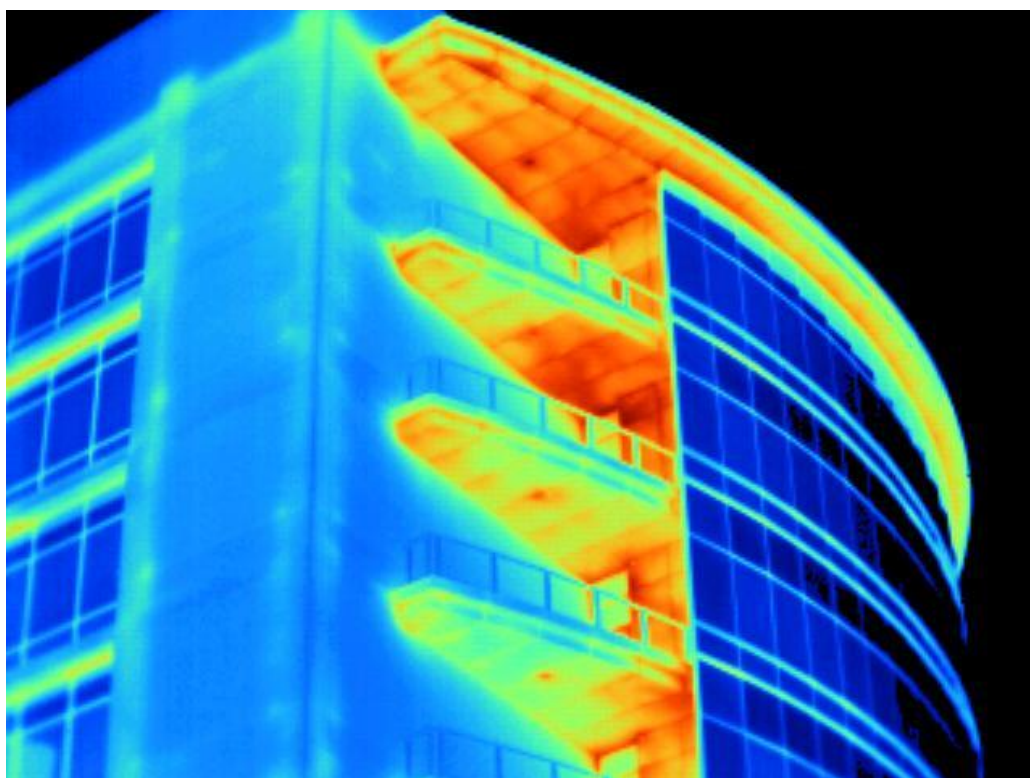
Segundo o mesmo autor a amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente dependem, além da intensidade da radiação (direta e difusa), das seguintes propriedade dos materiais ou de sua superfície: absorbância, emitância, condutância térmica superficial, calor específico, massa específica e coeficiente de condutibilidade térmica. É importante salientar que além da amplitude da dilatação o tempo que ela dura também pode gerar fissuras, uma vez que um corpo pode levar mais tempo para resfriar e voltar a dimensões normais, em comparação com outro corpo que esteja vinculado a ele.

As fissuras com origem na variação de temperatura ocorrem de maneira mais comum na alvenaria do último pavimento, quando existe solidarização com a laje de cobertura. Duarte (1998) ressalta essa característica:

Os materiais de construção se dilatam e se contraem devido a variações de temperatura. É obvio que esta movimentação é mais sensível no envelope do prédio do que no seu interior. Paredes de fachada e lajes de cobertura aquecem-se durante o dia e resfriam durante a noite, com conseqüente movimentos de dilatação e contração. Quanto mais escuro for o elemento construtivo, maior o aumento de temperatura durante o período de insolação, por conseqüência, maior será a dilatação. Durante a noite, o

elemento construtivo perde calor para o ambiente, ocorrendo uma contração. Obviamente, as propriedades térmicas, dos materiais, notadamente o calor específico e o coeficiente de dilatação térmica, são importantes para se estimar a variação dimensional devido à variação de temperatura. Esta movimentação na direção horizontal não é livre, há sempre alguma forma de restrição devido à ligação de paredes com outras paredes, ou paredes com a estrutura do prédio ou o atrito das paredes com as lajes. Estas restrições induzem ao surgimento de tensões localizadas causando fissuras.

A medição de temperatura sem contato é uma medição óptica baseada na propriedade de todos os materiais de emitir radiação infravermelha. O termômetro infravermelho utiliza esta radiação para determinar sua temperatura. Conforme pode-se analisar na Figura 32, através de uma medição de temperatura com um termômetro infravermelho, uma mesma edificação possui diferentes temperaturas, sendo que quanto mais quente mais vermelha é a imagem. Observa-se que os últimos pavimentos das Figura 32 e Figura 33 possuem a maior temperatura, inclusive em temperaturas baixas como da Figura 33 que varia entre  $-11,11\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-1,11\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 32 - Exemplo 1 de variação de temperatura em edificação analisada através de medição infravermelha**

**Fonte: *Home Inspection KC* (2014)**



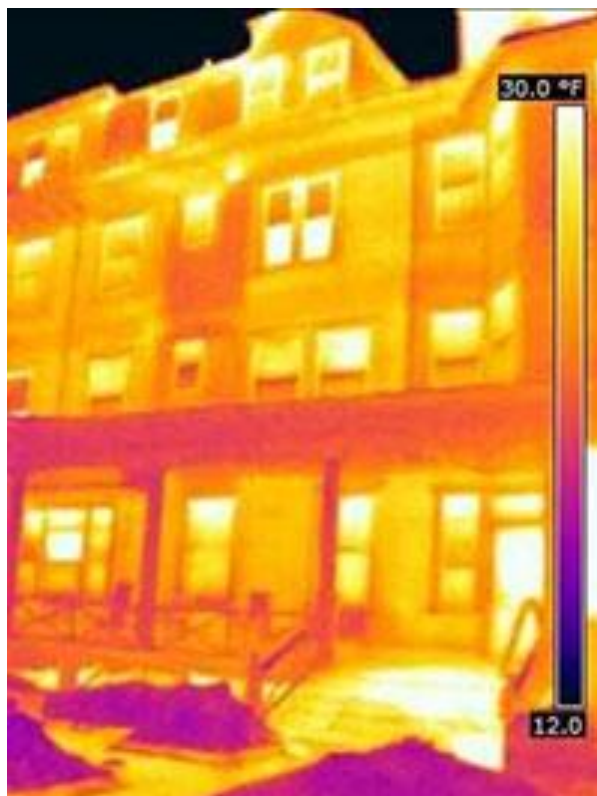


Figura 33 - Exemplo 2 de variação de temperatura em edificação analisada através de medição infravermelha

Fonte: *National Park Service* (2014)

Segundo Thomaz (1989), na lajes, teoricamente, as tensões são nulas nos pontos centrais e crescem proporcionalmente em direção aos bordos onde atingem seu ponto máximo, conforme apresentado na Figura 34.

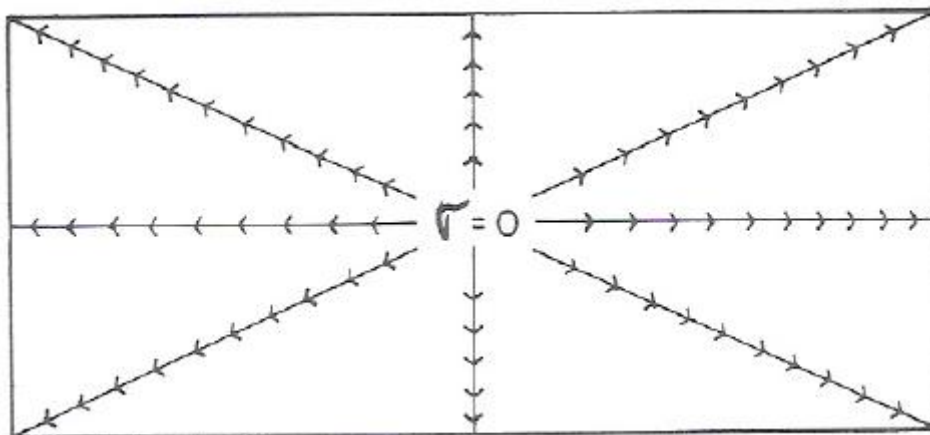


Figura 34 - Propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados devida a efeitos térmicos.

Fonte: Thomaz (1989)

As lajes de cobertura são as que sofrem os maiores efeitos da variação térmica dos materiais, uma vez que podem estar diretamente em contato com os raios solares ou, como é comumente utilizada, abaixo de um telhado, o qual acaba por formar um volume de ar aquecido por radiação do sol nas telhas. O aquecimento desse volume de ar entre as telhas e a laje faz com que a última apresente uma dilatação térmica, sendo que nos dias de frio o inverso também ocorre, ou seja, o ar frio entre telhado e laje faz com que a laje se contraia.

Devido as lajes de cobertura estarem vinculadas às paredes de sustentação, quando a laje apresenta dilatação térmica, surgem tensões tanto no corpo da parede quanto nas lajes. Segundo Thomaz (1989), a dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperatura introduzem tensões de tração e cisalhamento nas paredes das edificações, conforme Figura 35, gerando fissuras conforme Figura 36 e Figura 37.

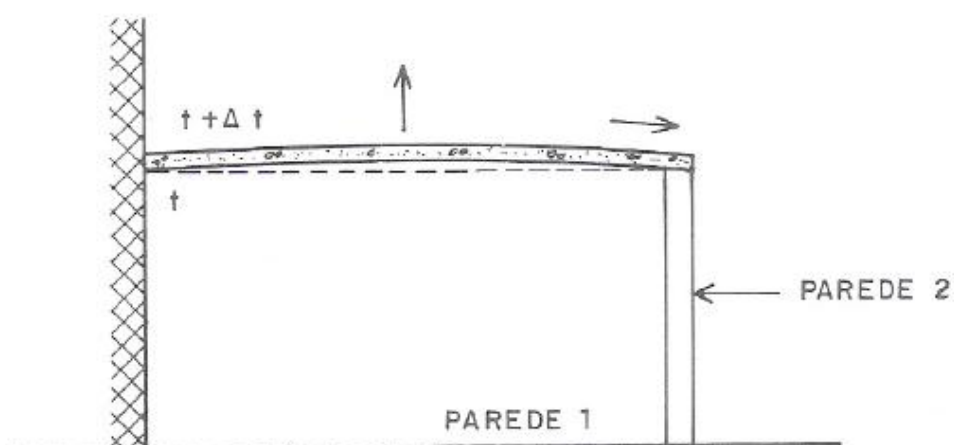


Figura 35 - Movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação da elevação da temperatura.

Fonte: Thomaz (1989)

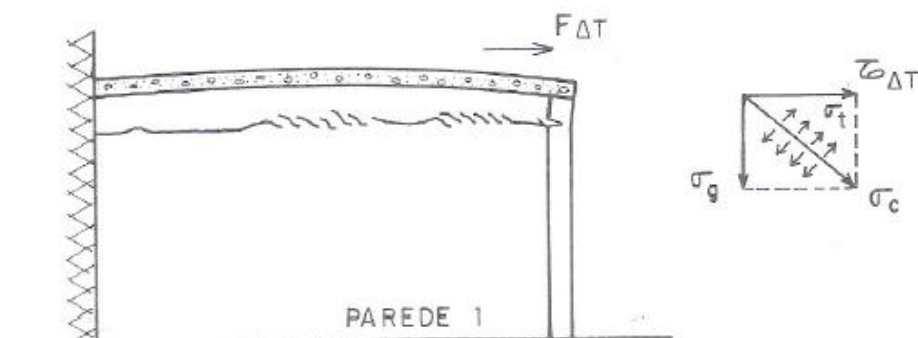
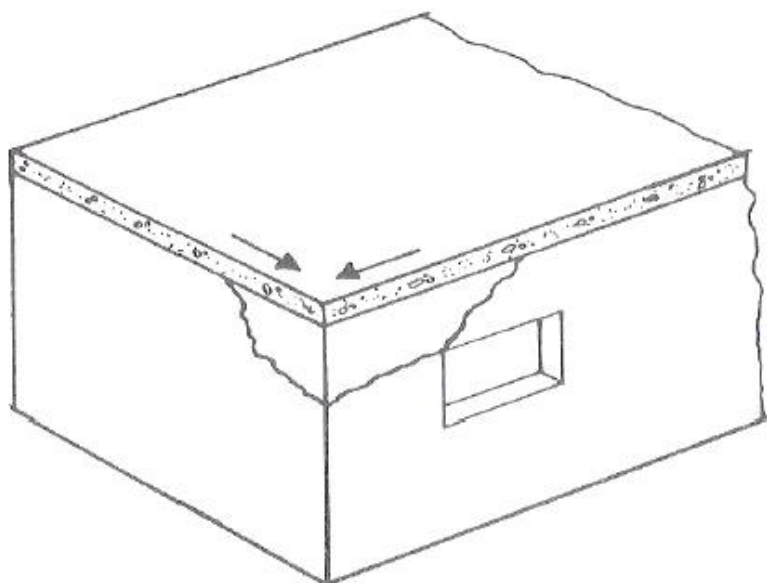


Figura 36 - Trinca típica presente no topo da parede paralela ao comprimento da laje.

Fonte: Thomaz (1989)



**Figura 37 - Fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.  
Fonte: Thomaz (1989)**

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho tem como finalidade o levantamento visual de anomalias e falhas no imóvel escolhido como estudo de caso deste trabalho, registrando-se estas irregularidades através de descrição circunstanciada e relatório fotográfico. Como a análise se fundamenta na verificação visual dos problemas existentes, são fornecidas informações a respeito de prováveis motivos das causas destes danos

### 4.1 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para atingir os objetivos do presente trabalho foi fundamentada a partir das notas de aula do Professor Wellington Mazzer (2013), o qual preconiza que a inspeção se baseia em levantamento de dados, análise dos mesmos, criação de hipóteses, comprovação das mesmas para o diagnóstico final, conforme Figura 38.

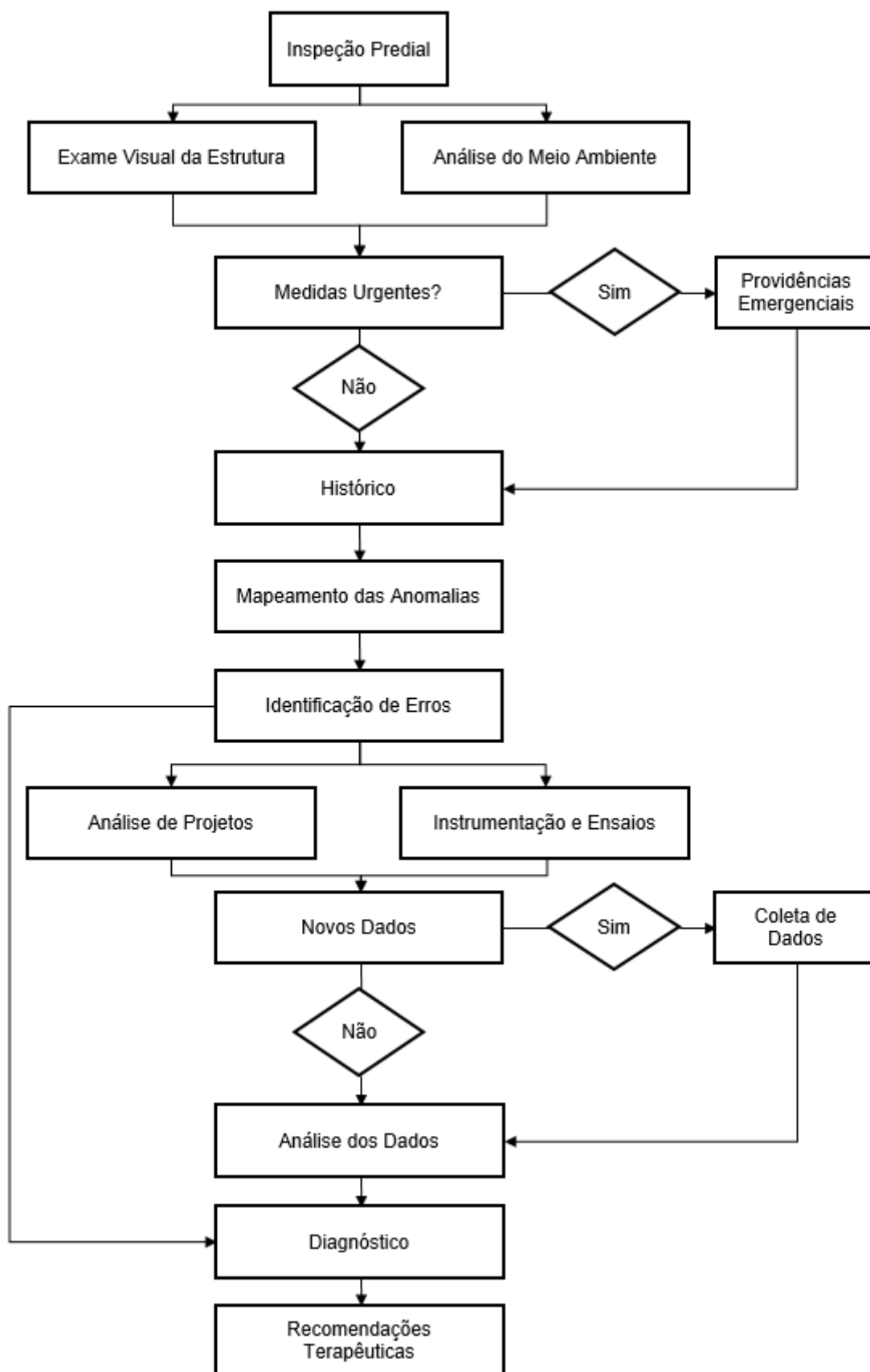
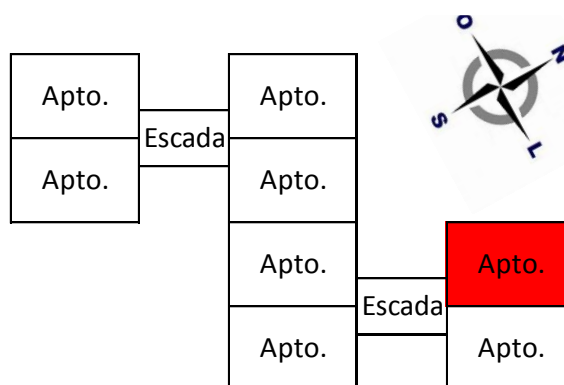


Figura 38 - Organograma de inspeção predial  
 Fonte: Autor (2014), baseado em Wellington Mazer (2013)

## 4.2 VISTORIA

A vistoria do imóvel em questão foi realizada das 16h00min às 16h40min do dia 21 de Março de 2013, em companhia do proprietário. Nesta ocasião foi identificada a localização do imóvel e verificados os problemas encontrados, efetuando-se a coleta de dados e buscando-se as informações necessárias à elaboração deste trabalho. O imóvel está localizado no bairro Fazendinha, na cidade de Curitiba, no estado do Paraná.

O condomínio é composto por 12 blocos em alvenaria estrutural com 4 pavimentos e 4 apartamentos/andar, totalizando 192 unidades residenciais. O imóvel vistoriado está localizado no 4º pavimento (último), possui a maior face virada para o Noroeste, conforme indicado na Figura 39.



**Figura 39 - Croqui da localização do apartamento**

O local é tipicamente residencial de classe baixa e média, sendo que o logradouro apresenta um baixo fluxo de automóveis e está a aproximadamente 170,00 metros da margem do Rio Barigui. A região já apresenta grande parte da sua área consolidada com construções de prédios e sobrados residenciais.

A classificação da agressividade do meio ambiente está diretamente ligada com às ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura. De acordo com a ABNT NBR 6118:2007 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos, o ambiente do imóvel objeto deste estudo é classificado como de agressividade moderada, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>1), 2)</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>1)</sup>	Grande
		Industrial <sup>1), 2)</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>1), 3)</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>1)</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>2)</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

<sup>3)</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Na inspeção predial foram detectadas algumas fissuras nas paredes internas do apartamento, as quais visualmente não representam perigo iminente para a solidez da estrutura e segurança dos seus ocupantes. Por esse motivo não foi necessária adoção de medidas urgentes.

#### 4.3 HISTÓRICO

Foi realizado uma breve anamnese com o morador do imóvel com o intuito de descobrir os comportamentos e datas de origem das fissuras encontradas. O entrevistado relatou que foi o primeiro morador do imóvel, desde de 2002, e que as fissuras apareceram após 3 anos de moradia. Como tratamento, foram reparadas duas vezes com massa corrida e pintura, no entanto reapareceram após algum tempo.

Não foi possível obter projetos da edificação uma vez que a incorporadora e construtora responsável pela construção do empreendimento não existem mais, pois entraram com pedido de falência na mesma época da construção. A única informação angariada na prefeitura, condiz com o que o entrevistado relatou, ou seja o ano de início de construção do prédio foi 2001 e ano de término foi 2002.

#### 4.4 MAPEAMENTO DAS ANOMALIAS

No dia da vistoria foram verificadas algumas fissuras em forma escalonada, com espessuras entorno de 1,5 mm, ou seja consideradas muito leves conforme classificação de Kaminetzky (1985, *apud* Richter, 2007). As fissuras tem origem no teto e descem até meia altura das parede entre o dormitório 1 e dormitório 2, conforme croqui de mapeamento das fissuras apresentado na Figura 40 e na Figura 41.

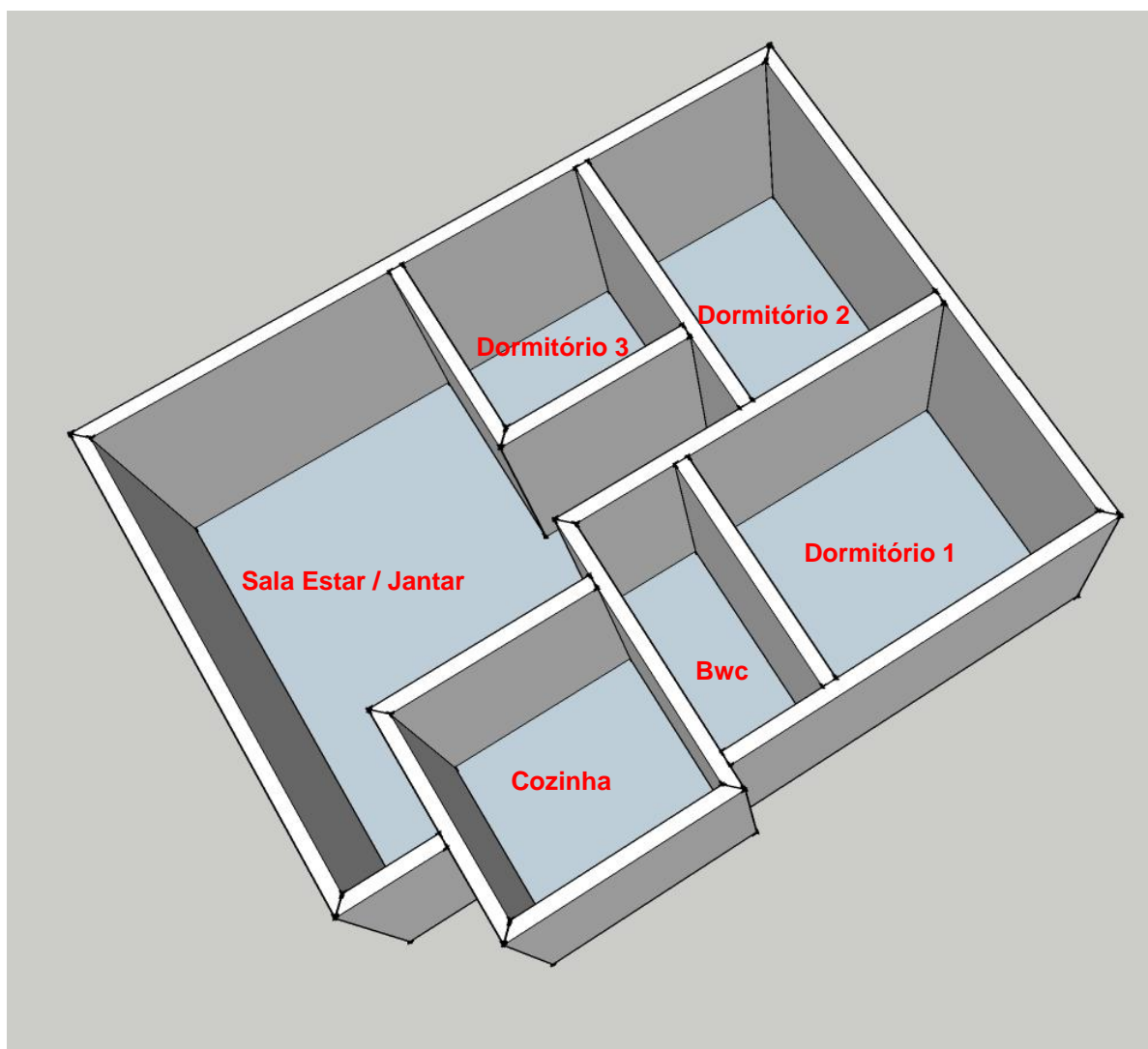
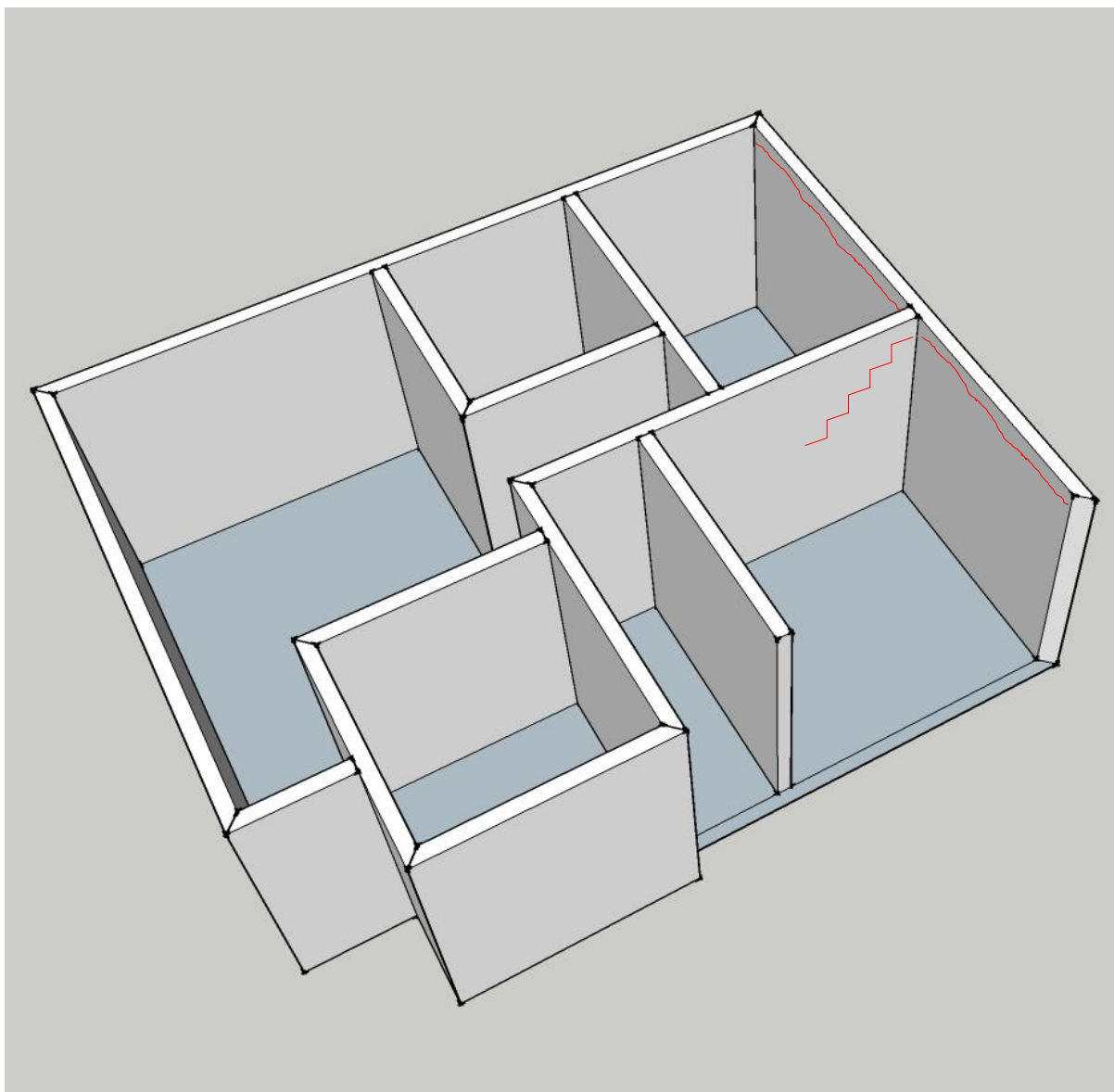


Figura 40 - Planta esquemática





**Figura 41 - Mapeamento das fissuras**

As fissuras escalonadas apresentam medidas aproximadas de 19 cm na horizontal e de 16 cm na vertical, conforme fotos:



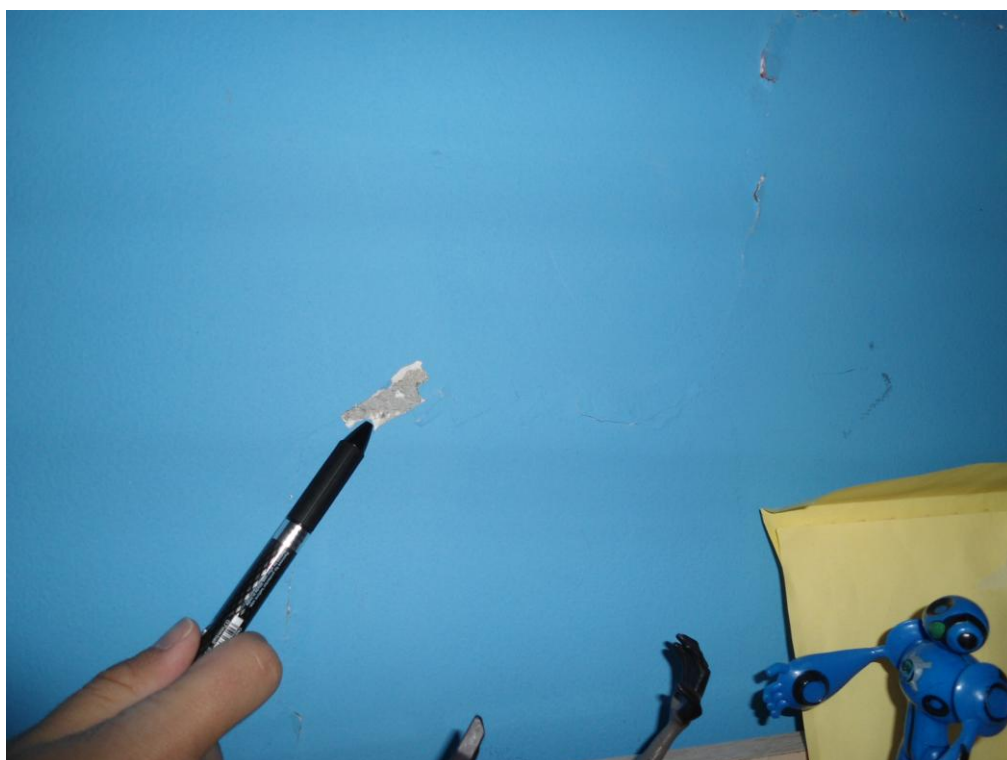
**Foto 1 - Apartamento inspecionado**



**Foto 2 - Vista da posição do apartamento**



**Foto 3 - Acesso aos dormitórios aonde a anomalia é visível**



**Foto 4 - Dormitório 1 - Fissuras**



Foto 5 - Dormitório 1 - Fissuras

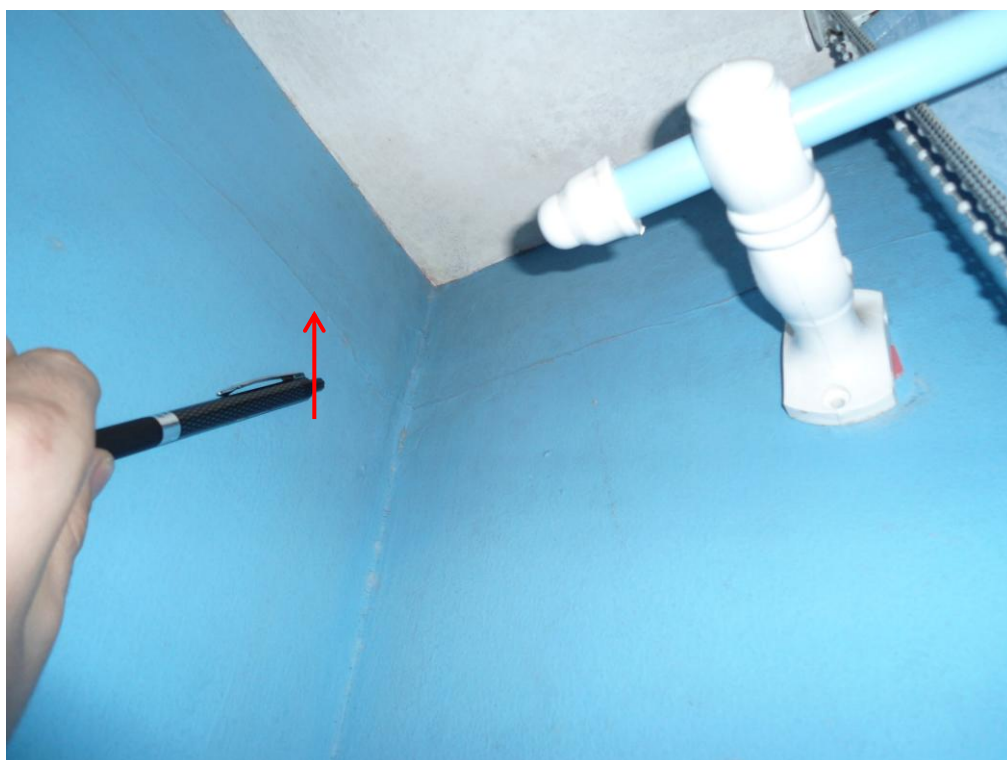
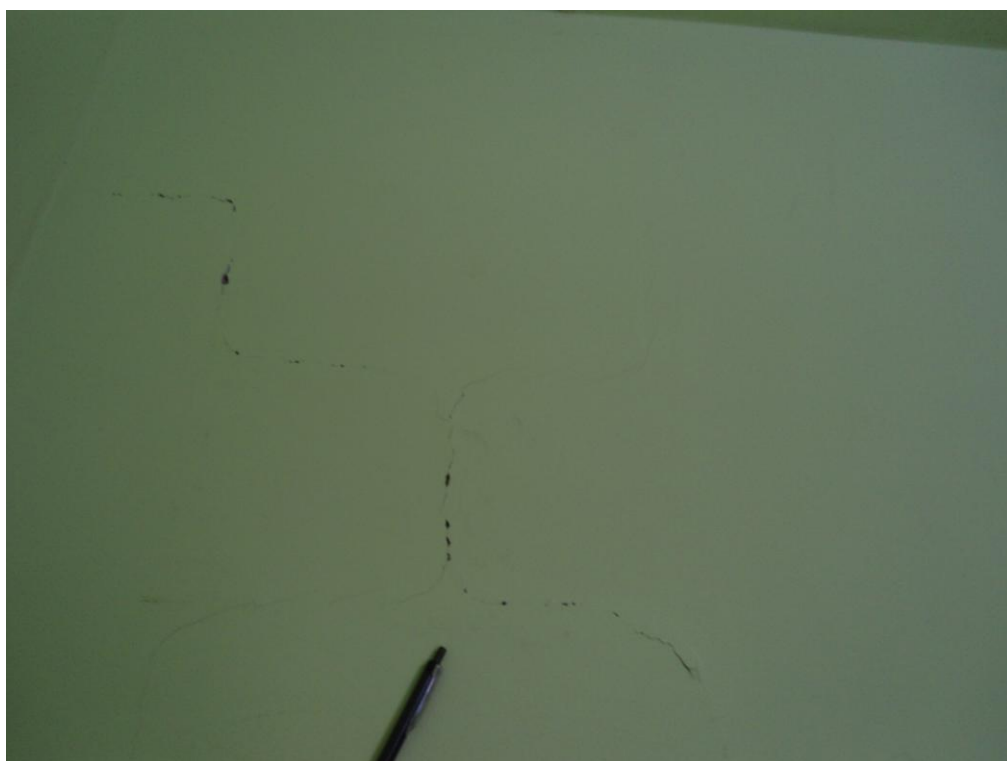


Foto 6 - Dormitório 1 - Fissuras



**Foto 7 - Dormitório 2 - Fissuras**



**Foto 8 - Dormitório 2 - Fissuras**

#### 4.5 IDENTIFICAÇÃO DE ERROS E DIAGNÓSTICO

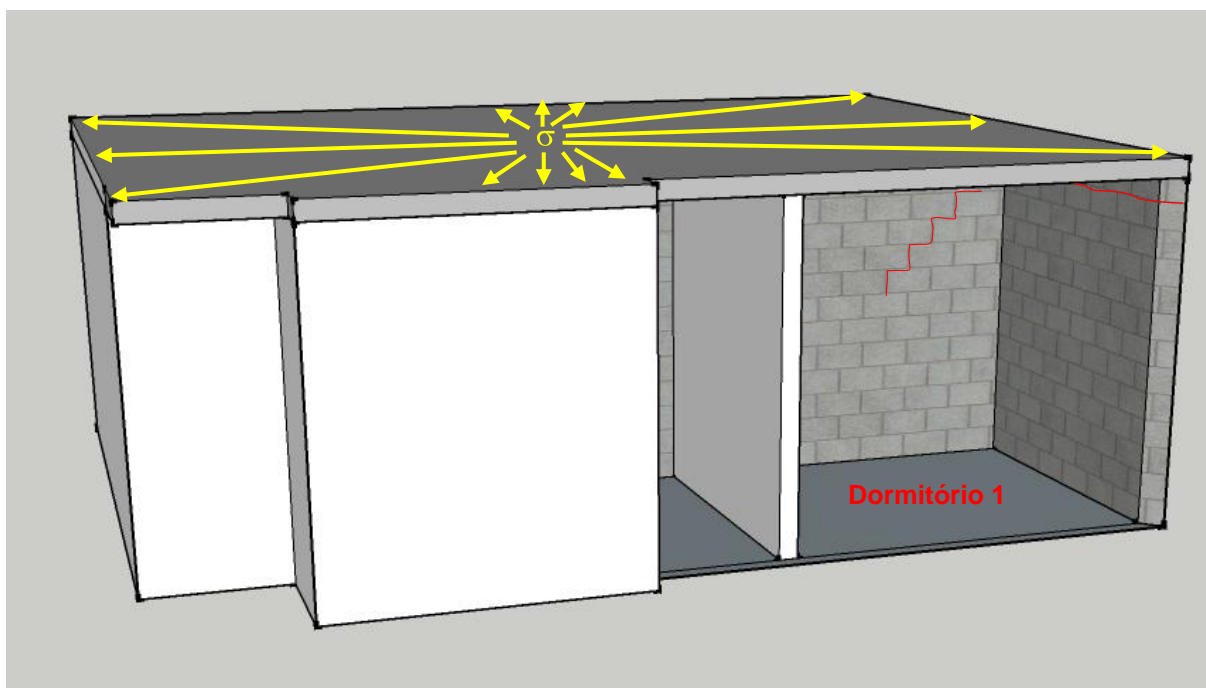
Reunindo as informações coletadas através da anamnese e da vistoria do local, pode-se resumir as seguintes características da manifestação patológica:

- Fissuras de forma escalonada na parede interna;
- Fissuras horizontal próxima ao teto nas paredes externas;
- As fissuras são recorrentes, mesmo após reparos anteriores;
- As fissuras ainda estão ativas, ou seja, apresentam movimentação; e
- As fissuras só estão presentes na unidade vistoriada, a qual está no último pavimento da edificação.

Através da revisão bibliográfica e características relacionadas da manifestação patológica, pode-se concluir que as fissuras observadas no imóvel são fruto de movimentação térmica da laje de cobertura.

As fissuras orientam-se pelas juntas dos blocos por ser a interface bloco-argamassa a região mais frágil para a ocorrência desta movimentação, uma vez que as fissuras de destacamento entre os blocos da alvenaria nas paredes possui relação com a rigidez do sistema estrutural do último pavimento. Em geral o último pavimento das edificações verticais estão mais expostas às mudanças térmicas naturais do que os paramentos verticais dos edifícios. Além disso, podem ser mais intensificados pelas diferenças nos coeficientes de expansão térmica dos materiais construtivos desses componentes. Outro aspecto importante a ser levado em conta é que mesmo lajes sombreadas sofrem os efeitos desses fenômenos, parte da energia calorífica absorvida pelas telhas é irradiada para a laje.

Como pode-se observar na Figura 42, através da representação da teoria de Thomaz (1989) da propagação das tensões numa laje de cobertura com bordos vinculados, devido a efeitos térmicos e uma teórica disposição dos blocos teria-se fissuras assim como foram encontradas no apartamento vistoriado.



**Figura 42 - Distribuição das tensões na laje de cobertura e as fissuras observadas**

Esse tipo de manifestação patológica é decorrente de uma falha no projeto e na execução da edificação, pois para se evitar a fissuração, são desvinculadas as lajes da alvenaria nestes locais, tornando estas um apoio móvel (fixo em uma direção). Por este motivo, muitas vezes é utilizado sobre o apoio uma borracha ou almofadas com neoprene, para a posterior concretagem da laje, permitindo desta forma a dilatação natural do elemento.

## 5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As construções estão em constante uso e a mercê dos efeitos do ambiente, por esse motivo ao longo do tempo apresentam uma progressiva decadência do seu desempenho. As estruturas devem ser projetadas, construídas e utilizadas de modo que sob as condições ambientais previstas e respeitadas as condições de manutenção preventivas e corretivas especificadas no projeto, conservem sua segurança, estabilidade, aptidão em serviço e aparência aceitável, durante um período pré-fixado de tempo, sem exigir medidas extras de manutenção e reparo. Ou seja, entende-se que vida útil é um período no qual a estrutura deve desempenhar as funções para as quais foi projetado sem necessidade de intervenção durante um tempo definido no projeto. A norma técnica brasileira ABNT NBR 15575-1:2013 - Edificações Habitacionais - Desempenho, prevê os seguintes conceitos de vida útil:

Vida útil (VU): período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

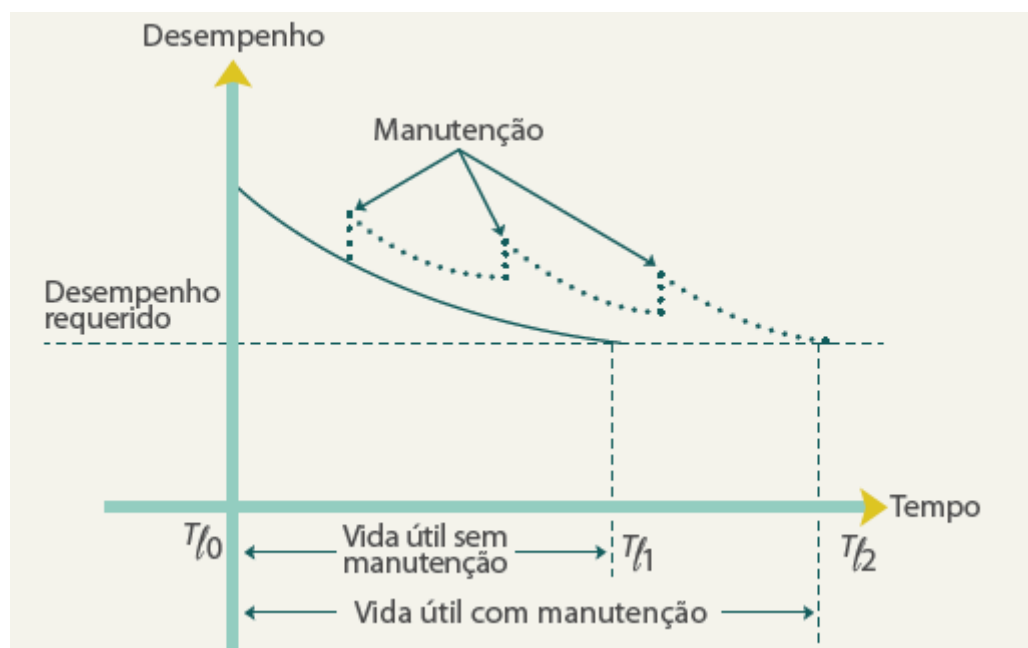
Nota - Interferem na vida útil, além da vida útil projetada, das características dos materiais e da qualidade da construção como um todo, o correto uso e operação da edificação e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra, mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana), etc. O valor real de tempo de vida útil será uma composição do valor teórico de Vida Útil Projetada devidamente influenciado pelas ações da manutenção, da utilização, da natureza e da sua vizinhança. As negligências no cumprimento integral dos programas definidos no manual de operação, uso e manutenção da edificação, bem como ações anormais do meio ambiente, irão reduzir o tempo de vida útil, podendo este ficar menor que o prazo teórico calculado como Vida Útil Projetada.

Vida Útil de Projeto (VUP): Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a VUP não deve ser confundida com tempo de vida útil, durabilidade, prazo de garantia legal e certificada).

Nota: A VUP é uma estimativa teórica de tempo que compõe o tempo de vida útil. O tempo de VU pode ou não ser confirmado em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc.



A mesma norma define que durabilidade é o período esperado de tempo em que um produto tem potencial de cumprir as funções a que foi destinado, num patamar de desempenho igual ou superior àquele definido. Para isso se faz necessário a correta utilização e manutenções periódicas conforme preconiza o fabricante. É importante salientar que as manutenções devem recuperar parcialmente a perda de desempenho da estrutura, conforme indicado na Figura 43.



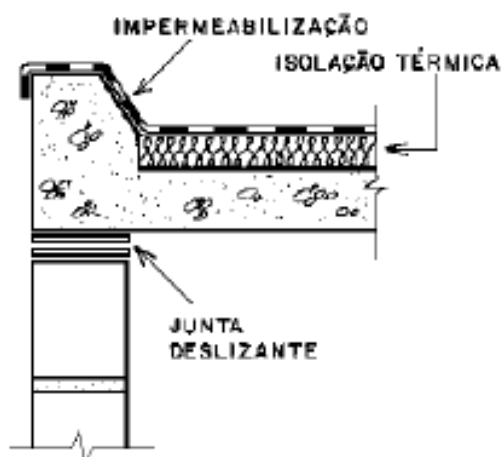
**Figura 43 - Recuperação do desempenho por ações de manutenção**  
**Fonte: CBIC (2013)**

A manifestação patológica presente neste estudo tem origem na falha de projeto e execução do produto, que nesse caso, trata-se de um apartamento. Apesar das fissuras de origem de movimentação térmica não representarem, nesse caso, um risco para a estabilidade e solidez da edificação, interferem na estética e sensação de conforto que a edificação deve passar para seus usuários.

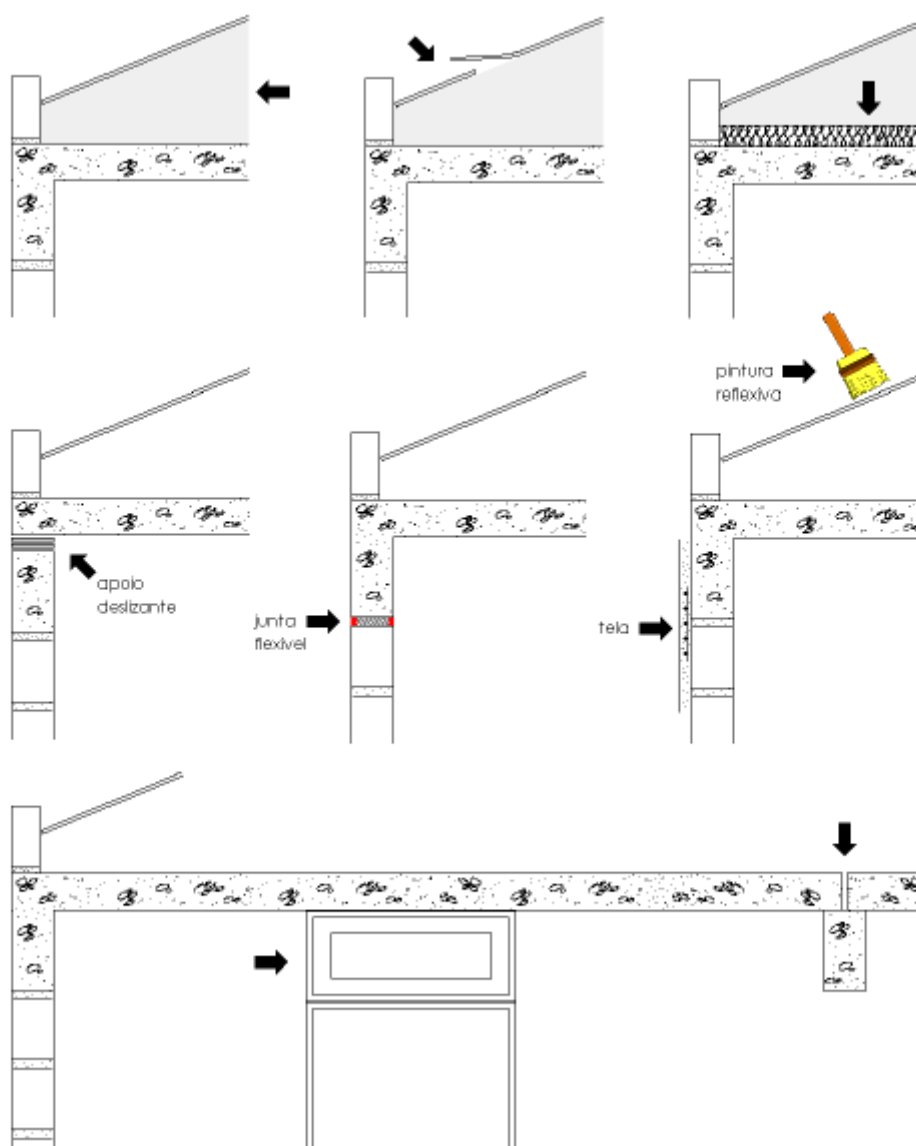
Para sanar as fissuras encontradas no estudo de caso, é necessário a priori evitar que o movimento térmico da laje de telhado interfira nas paredes vinculadas. Para isso Thomaz e Helene (2000) elencam as principais formas de fazer isso, utilizando técnicas para sombrear, ventilar, isolar termicamente e permitir as movimentações da laje:

- a) Sombreamento da laje;
- b) Ventilação do ático;

- c) Pintura da face superior das telhas com tinta branca ou reflexiva;
- d) Isolação térmica da laje de cobertura;
- e) Inserção de juntas de dilatação na laje (solução mais eficiente);
- f) Dimensionamento de cintamentos em concreto armado (antieconômicos);
- g) Adoção de armaduras nas juntas de assentamento das últimas fiadas;
- h) Adoção de reforços mais eficientes nos vértices dos vãos de janelas;
- i) Emprego de rejuntamento flexível entre alvenaria e estrutura;
- j) Inserção de juntas de controle nas paredes do último pavimento (portas com bandeira);
- k) Inserção de tela metálica no revestimento, no encontro alvenaria / estrutura; e
- l) Adoção de apoios deslizantes entre laje de cobertura e vigamento.



**Figura 44 - Apoio deslizante em laje de cobertura com impermeabilização e isolação térmica**  
Fonte: Thomaz e Helene (2000)



**Figura 45 - Último pavimento: detalhes construtivos para evitar ocorrências de fissuras**  
**Fonte: Thomaz e Helene (2000)**

Nota-se que a maioria das soluções apresentadas devem ser executadas no período de projeto e execução da edificação, por esse motivo para o estudo de caso o mais indicado seria aplicar tratamentos para tentar evitar que temperatura da laje apresente uma variação grande, através de pintura das telhas, isolamento térmico da cobertura, e, caso ainda não surta efeito, uma completa remodelação do telhado. Apesar de não ser indicado pelos autores citados, algumas construtoras tem adotado métodos para maquiar essas fissuras cobrindo as alvenarias dos últimos pavimentos com chapas de drywall, evitando assim que o usuário note a formação dessas manifestações patológicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR-13752**: Perícias de engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR-15575-1**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR-15961-1**: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR-15961-2**: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ACTIVE RAIN. **Huntsman Cancer Institute infrared image from roof of Univ Hospital**. Disponível em: <<http://activerain.com/blogsview/3601433/huntsman-cancer-institute-infrared-image-from-roof-of-univ-hospital>>. Acesso em 10/01/2014,

ARAÚJO, A. B.; LOPES, J. R. **Quadros orientativos para o diagnóstico de patologias em estruturas**. Disponível em: <<http://ricardodolabella.com/downloads/patologia.pdf>>. Acesso em: 21/01/2014.

AL-HOMOUD, M. S. **Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials**. Building and Environment nº 40. Arábia Saudita, 2005. p. 353-366.

AL-SANEA, S. A. **Thermal performance of building roof elements**. Building and Environment nº 37. Arábia Saudita, 2002. p. 665-675.

BALARAS, C. A.; ARGIRIOU, A. A. **Infrared thermography for building diagnostics**. Energy and Buildings nº 34. Grécia, 2002. p. 171-183.

BASTOS, P. S. S. **Alvenaria estrutural – Modulação**. Apresentação de aula – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2009.

BAUER, R. J. F. **Patologia em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. In: Materiais de Construção, capítulo 16. Disponível em: <<http://www2.grupogen.com.br/LTC/erratas/9788521612490.pdf>>. Acesso em: 07/01/2014.

\_\_\_\_\_. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.** In: Revista Prisma: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural. Editora Mandarin. Disponível em: <[www.mandarim.com.br/download.asp?arquivo=2052008144143.pdf](http://www.mandarim.com.br/download.asp?arquivo=2052008144143.pdf)>. Acesso em: 21/01/2014.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação e prevenção.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CANO, R. M. **Patologia em alvenaria estrutural.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil com ênfase Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2005.

CARMINATTI JUNIOR, R.; FERNANDES, F. **Análise da patologia da Igreja de São José de Taiaçu.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdades unificadas da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2007.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais. Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** Brasília, 2013.

CONSTRUECOSUL. Tijolo ecológico: Tire suas dúvidas. Disponível em <<http://construecosul.blogspot.com.br/>>. Acesso em 25/01/2014.

CORRÊA, E. S. **Patologias decorrentes de alvenaria estrutural.** Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia. Belém, 2010.

CORRÊA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. **Fissuras em paredes de alvenaria estrutural sob lajes de cobertura de edifícios.** In: Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 14, n. 62, p. 71-80, 2012.

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

GUILHERME, A. E. S. ROCHA, E. A. **Patologias em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.** Monografia (Graduação em Tecnologia em Concreto) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

NASCIMENTO, R. G. (Defesa Civil Espírito Santo). **Noções de Avaliação de Risco Estrutural.** Apresentação. Disponível em: <[http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/apostila\\_avaliacao\\_de\\_risco\\_estrutural.pdf](http://www.defesacivil.es.gov.br/files/pdf/apostila_avaliacao_de_risco_estrutural.pdf)>. Acesso em: 10/01/2014.

IDT, A. L. **Manifestações patológicas provenientes de movimentações em alvenaria estrutural de blocos: dispositivos de prevenção utilizados na região metropolitana de Porto Alegre.** Monografia (graduação em engenharia civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

HAAS, D. **Contribuições à prevenção de fissuras de origem térmica na alvenaria estrutural**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

HALWATURA, R. U.; JAYASINGHE, M. T. R. **Thermal performance of insulated roof slabs in tropical climates**. Energy and Buildings nº 40. Sri Lanka, 2008. p. 1153-1160.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2 ed. São Paulo: Ed. Pini, 1992

HIRT, E; MARANGONI, K. P. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da Região Metropolitana de Curitiba**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

HOME INSPECTION KC. **Infrared thermal imaging inspection applications**. Disponível em: <<http://www.homeinspectionkc.com/inspection-services/thermal-imaging-inspection>>. Acesso em: 10/01/2014.

NATIONAL PARK SERVICE. U. S. Department of the Interior. **Improving energy efficiency in historic buildings**. Disponível em: <<http://www.nps.gov/tps/how-to-preserve/briefs/3-improve-energy-efficiency.htm>>. Acesso em: 10/01/2014.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PARSEKIAN, G. A.; DEANA, D. F.; BARBOSA, K. C.; INFORSATO, T. B. **Retração em alvenaria de blocos de concreto**. In: Revista Prisma: Caderno Técnico Alvenaria Estrutural. Editora Mandarim. Disponível em: <[www.mandarim.com.br/download.asp?arquivo=2052008144109.pdf](http://www.mandarim.com.br/download.asp?arquivo=2052008144109.pdf)>. Acesso em: 21/01/2014.

RAMOS ENGENHARIA PERICIAS, AVALIAÇÕES, PROJETOS E CONSULTORIA. **Patologias causadas por rebaixamento de lençol freático**. Disponível em: <<http://ramosenharia.blogspot.com.br/2011/09/patologias-causadas-por-rebaixamento-de.html>>. Acesso em: 10/01/2014.

RICHTER, C. **Alvenaria estrutural: processo construtivo racionalizado**. Apostila (Curso de extensão – Área de Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2007.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília: Caixa Econômica Federal, mar. 2003. Disponível em:

<[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/inovacoestecnologicas/manualvest/ALVENARIA ESTRUTURAL.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/inovacoestecnologicas/manualvest/ALVENARIA ESTRUTURAL.pdf)>. Acesso em: 12/12/2013.

SERÔDIO, P. **Coberturas em terraço**. Apresentação. Disponível em: <<http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-pb/20%20Coberturas%20em%20terra%C3%A7o%20-%2021%C2%AA%20aula%20te%C3%B3rica.pdf>>. Acesso em: 15/01/2014.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.

TAUIL, C. A. NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural: metodologia do projeto, detalhes, mão de obra e normas e ensaios**. São Paulo: Pini, 2010.

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

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 2000.

UNIVERSIDADE CORPORATIVA CAIXA. **Análise de Alvenaria Estrutural: Introdução, materiais, projetos e obras**. (Apostila). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABK5UAD/analise-alvenaria-estrutural>>. Acesso em: 21/01/2014.

UTAH INFRARED INSPECTIONS. **Infrared home and building inspections save energy and save you money**. Disponível em: <<http://ogdenutahhomeinspection.com/post/1888711/infrared-home-and-building-inspections-save-energy-and-save-you-money->>. Acesso em: 10/01/2014.

VALLE, J. B. S. **Patologia das alvenarias: causa, diagnóstico e previsibilidade**. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.