

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

**Diego Haas**

**CONTRIBUIÇÕES À PREVENÇÃO DE FISSURAS DE  
ORIGEM TÉRMICA NA ALVENARIA ESTRUTURAL**

Porto Alegre  
junho 2010

**DIEGO HAAS**

**CONTRIBUIÇÕES À PREVENÇÃO DE FISSURAS DE  
ORIGEM TÉRMICA NA ALVENARIA ESTRUTURAL**

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

**Orientador: Luis Carlos Bonin**

Porto Alegre  
junho 2010

**DIEGO HAAS**

**CONTRIBUIÇÕES À PREVENÇÃO DE FISSURAS DE  
ORIGEM TÉRMICA NA ALVENARIA ESTRUTURAL**

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

Porto Alegre, 12 de julho de 2010

Prof. Luis Carlos Bonin  
Mestre pela UFRGS  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Luis Carlos Bonin (UFRGS)**  
Mestre pela UFRGS

**Prof. Ronaldo Bastos Duarte (CIENTEC)**  
Ph. D. pela University of Edinburgh/UK

**Engº Platão Tavares Alves da Fonseca (CEFET)**  
Mestrando pela UFRGS

Dedico este trabalho a minha mãe Maria Amália meu  
irmão Eduardo minha avó, Tereza que sempre me  
apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso  
de Graduação estiveram ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Luis Carlos Bonin, orientador deste trabalho pelos ensinamentos e dedicação.

Agradeço a toda Equipe de Engenharia do Setor de Crédito Imobiliário da GIDUR pelos dois anos de estágio e aprendizado.

Agradeço aos engenheiros Mauro Joel Friederich dos Santos e Everardo da Luz Antunez pelos projetos disponibilizados e pela atenção e dedicação nas entrevistas.

Agradeço às empresas Salis Engenharia Ltda e Titton Brugger Empreendimentos Imobiliários Ltda pela minha formação prática e profissional.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares que me acompanharam e me apoiaram durante todo o meu curso acadêmico.

A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.

*Albert Einstein*

## RESUMO

HAAS, D. **Contribuições à prevenção de fissuras de origem térmica na alvenaria estrutural**. 2010. 63 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia. Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

A alvenaria estrutural é o sistema construtivo mais aplicado em empreendimentos habitacionais de baixa renda financiados pela CAIXA. Nesse sentido, têm sido propostos vários estudos e trabalhos sobre o tema, porém poucos tratam com especificidade o assunto da manifestação patológica mais frequente nas edificações autoportantes, que são as fissuras de origem térmica. No trabalho são apresentadas as soluções técnicas de dois projetistas especialistas para dessolidarizar a laje de cobertura das alvenarias, a fim de permitir a dilatação e contração da mesma. Além do mais, são propostas no trabalho alternativas para que ocorra a ventilação cruzada nos áticos do telhado, amenizando o efeito térmico sobre a laje.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; fissuras térmicas; lajes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: diagrama das etapas do trabalho .....	16
Figura 2: fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical.....	36
Figura 3: fissuração típica nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas.....	37
Figura 4: recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado.....	38
Figura 5: fissuras oriundas de recalque das fundações.....	38
Figura 6: fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento.....	39
Figura 7: fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos.....	39
Figura 8: fissuras em paredes externas, causadas pela retração de lajes intermediárias...	40
Figura 9: fissura horizontal, causada pela retração da laje.....	40
Figura 10: fissuras causadas pela retração da argamassa de revestimento.....	41
Figura 11: fissuras mapeadas do empreendimento do PAR.....	41
Figura 12: movimentações que ocorrem em uma laje de cobertura.....	44
Figura 13: fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura.....	44
Figura 14: juntas deslizantes entre as paredes e as lajes de cobertura.....	45
Figura 15: detalhe do apoio da última laje do beiral.....	46
Figura 16: detalhe do apoio da laje sobre paredes internas.....	47
Figura 17: detalhe do apoio da última laje com empenas.....	48
Figura 18: detalhe do apoio da última laje com empenas utilizando blocos J.....	49
Figura 19: detalhe do apoio das lajes maciças em paredes internas.....	50
Figura 20: detalhe do apoio das lajes maciças em paredes externas.....	51
Figura 21: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes internas.....	52
Figura 22: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes externas com ferragem vindo do 4º pavimento.....	53
Figura 23: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes externas sem ferragem vindo do 4º pavimento.....	54
Figura 24: ventilação típica dos empreendimentos do PAR.....	55
Figura 25: cumeeiras de lanternins espaçadas.....	56
Figura 26: cumeeiras de lanternins próximas.....	56
Figura 27: venezianas de alumínio nas empenas.....	57
Figura 28: restauração da fissura da parede em função da laje de cobertura.....	57
Figura 29: Residencial Eduardo Prado.....	58



Figura 30: manta sob telhado e ventilação frontal junto ao beiral.....	59
Figura 31: ventilação frontal junto ao beiral.....	59
Figura 32: clarabóia.....	60

## **LISTA DE SIGLAS**

CAIXA: Caixa Econômica Federal

GIDUR/PO: Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre

PAR: Programa de Arrendamento Residencial

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2 MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA .....	14
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	14
<b>2.2.1 Objetivo principal</b> .....	14
<b>2.2.2 Objetivos secundários</b> .....	14
2.3 PRESSUPOSTOS .....	15
2.4 PREMISSAS .....	15
2.5 DELIMITAÇÕES .....	15
2.6 LIMITAÇÕES .....	15
2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA .....	15
<b>3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	18
3.1 CONTEXTO HISTÓRICO .....	18
3.2 ALVENARIA ESTRUTURAL: VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	19
<b>3.2.1 Vantagens do sistema construtivo</b> .....	19
<b>3.2.2 Limitações do sistema construtivo</b> .....	20
<b>4 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL</b> .....	22
4.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ALVENARIA .....	22
<b>4.1.1 Blocos estruturais</b> .....	22
4.1.1.1 Unidades cerâmicas .....	22
4.1.1.2 Unidades de concreto .....	22
4.1.1.3 Unidades de sílico-calcária .....	23
<b>4.1.2 Argamassa de assentamento</b> .....	23
<b>4.1.3 Graute</b> .....	24
<b>4.1.4 Armaduras</b> .....	24
4.2 PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL .....	25
<b>4.2.1 Coordenação de projetos</b> .....	25
<b>4.2.2 Projeto arquitetônico</b> .....	26
4.2.2.1 Simetria .....	26
4.2.2.2 Modulação .....	26
<b>4.2.3 Instalações hidráulicas</b> .....	27
<b>4.2.4 Instalações elétricas</b> .....	28
<b>4.2.5 Instalações telefônicas</b> .....	29

<b>4.2.6 Projeto e elementos estruturais .....</b>	<b>29</b>
4.2.6.1 Lajes .....	30
4.2.6.2 Contravergas .....	30
4.2.6.3 Vergas .....	31
4.2.6.4 Cinta de respaldo .....	31
4.2.6.5 Juntas de controle ou de movimentação .....	31
4.2.6.6 Juntas de dilatação .....	31
<b>4.2.7 Execução da alvenaria .....</b>	<b>31</b>
4.2.7.1 Marcação da alvenaria .....	32
4.2.7.2 Elevação da alvenaria .....	32
<b>5 FISSURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>34</b>
5.1 MECANISMOS DE FORMAÇÃO DAS FISSURAS EM ALVENARIA .....	35
5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS .....	35
<b>5.2.1 Fissuras causadas por excessivo carregamento de compressão .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2.2 Fissuras causadas por recalques de fundação .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.3 Fissuras causadas por reações químicas .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.4 Fissuras causadas por retração .....</b>	<b>40</b>
<b>5.2.5 Fissuras causadas por efeito térmico .....</b>	<b>42</b>
5.3 LAJES DE COBERTURA SOBRE PAREDES AUTOPORTANTES .....	43
<b>6 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA EVITAR OS EFEITOS TÉRMICOS DAS LAJES DE COBERTURA SOBRE AS ALVENARIAS.....</b>	<b>46</b>
6.1 SOLUÇÕES DO ENGENHEIRO EVERARDO DA LUZ ANTUNEZ.....	46
6.2 SOLUÇÕES DO ENGENHEIRO MAURO JOEL FRIEDERICH DOS SANTOS .	49
<b>7 PROPOSTAS DE VENTILAÇÃO DOS ÁTICOS.....</b>	<b>55</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>61</b>
REFERÊNCIAS .....	63



## 1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil está cada vez mais competitivo e com isso vem mostrando aos construtores a necessidade de ampliar seus domínios em novas soluções construtivas, a fim de minimizar o custo, sem perder a qualidade do produto final. Nesse sentido, a alvenaria estrutural tem sido amplamente empregada em empreendimentos para população de baixa renda. Com o advento do aumento significativo de incentivos do Governo Federal para financiamentos de obras populares, esse modelo construtivo tornou-se o foco de muitas construtoras e incorporadoras. Entretanto, a alvenaria estrutural deve ser compreendida como um sistema construtivo completo, com alta compatibilização de todos os subsistemas da edificação, para chegar a uma racionalidade significativa e, conseqüentemente, baixar o custo de produção.

Devido ao tempo disponibilizado para projeto e execução de obras ser muitas vezes muito menor o que deveria, as obras não são planejadas como deveriam e não são tomados os devidos cuidados, por exemplo, com as alvenarias. Isso acarreta uma quantidade excessiva de manifestações patológicas, causando retrabalhos e custos muitas vezes não previstos nos orçamentos pelas construtoras. Em função do aumento da demanda de empreendimentos de habitação de interesse social incentivado pelo Governo Federal, pelo Programa Minha Casa, Minha Vida, promovido pela Caixa Econômica Federal, estudou-se nesse trabalho o comportamento das alvenarias estruturais e os mecanismos que levam ao surgimento de fissuras das mesmas. Pretendeu-se nesse trabalho diagnosticar os problemas e propor soluções com os respectivos tratamentos para poder melhorar as condições de habitabilidade das moradias populares e, dessa forma, investir com responsabilidade os recursos financeiros disponibilizados.

No estado do Rio Grande do Sul, devido a sua localização geográfica, ocorrem muitos efeitos de fissuração nas alvenarias estruturais, por causa das variações térmicas que provocam dilatação e contração das paredes e dos elementos construtivos, como as argamassas, os blocos e as lajes. Assim, optou-se nesse trabalho em focar nas fissuras causadas por variações térmicas, devido a sua grande recorrência em empreendimentos de baixa renda financiados pela CAIXA.

O trabalho é estruturado em seis capítulos. No capítulo 1 é destacado o contexto global que está inserido o assunto. No capítulo 2, são abordados a questão de pesquisa, os objetivos principal e secundários, os pressupostos, as premissas, a delimitações, as limitações e o delineamento do trabalho. No capítulo 3, é apresentado o contexto histórico da alvenaria estrutural e suas vantagens e desvantagens como sistema construtivo. O capítulo 4 é todo estruturado nos componentes que fazem da alvenaria estrutural, nos projetos e na execução das alvenarias autoportantes.

O capítulo 5 aborda as principais fissuras e os mecanismos de formação das mesmas nas paredes autoportantes. No capítulo 6, é aprofundado o assunto das fissuras térmicas, principalmente em função da laje de cobertura com detalhamentos de projetos. O capítulo 7 aborda a ventilação cruzada dos áticos do telhado. No capítulo 8, encontra-se a conclusão do trabalho.

## **2 MÉTODO DE PESQUISA**

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa deste trabalho é: como evitar a fissuração térmica nas alvenarias portantes na região de Porto Alegre?

### **2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal deste trabalho é a indicação de soluções para os problemas de fissuração térmica em alvenarias estruturais na região de Porto Alegre em empreendimentos para população de baixa renda.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) descrição do sistema construtivo alvenaria estrutural;
- b) descrição dos mecanismos relacionados aos fenômenos da fissuração nas alvenarias;
- c) identificação das principais causas da fissuração por efeito térmico na alvenaria com função estrutural



## 2.3 PRESSUPOSTOS

As fissuras são as patologias mais recorrentes nos empreendimentos construídos em alvenaria estrutural.

## 2.4 PREMISSAS

Mesmo tendo um elevado número de estudos sobre o assunto, ainda ocorrem com muita frequência às fissuras nas alvenarias portantes.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

A pesquisa de dados deste trabalho se limitou à região de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, em empreendimentos financiados pela CAIXA nos programas tipo PAR e Imóvel na Planta.

## 2.6 LIMITAÇÕES

Abaixo são apresentadas as limitações relativas deste trabalho:

- a) o presente trabalho se limitou na análise de Habitações de Interesse Social;
- b) o trabalho se limitou ao acompanhamento de apenas uma obra em execução e na avaliação de dois projetistas de alvenaria estrutural.

## 2.7 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento do trabalho foi abordado da seguinte forma:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) levantamento de fotos dos arquivos da CAIXA;
- c) acompanhamento de uma obra em execução de alvenaria estrutural;
- d) entrevista com dois projetistas de alvenaria estrutural;
- e) entrevista com os técnicos da engenharia do crédito imobiliário da CAIXA;
- f) análise e avaliação das principais causas do aparecimento de fissuras térmicas na alvenaria estrutural;

- g) relatório das técnicas recomendadas para as construtoras para evitar o aparecimento das fissuras e das trincas térmicas nas alvenarias estruturais.

O trabalho foi realizado conforme o diagrama apresentado na figura 1 e, posteriormente, cada etapa é detalhada.

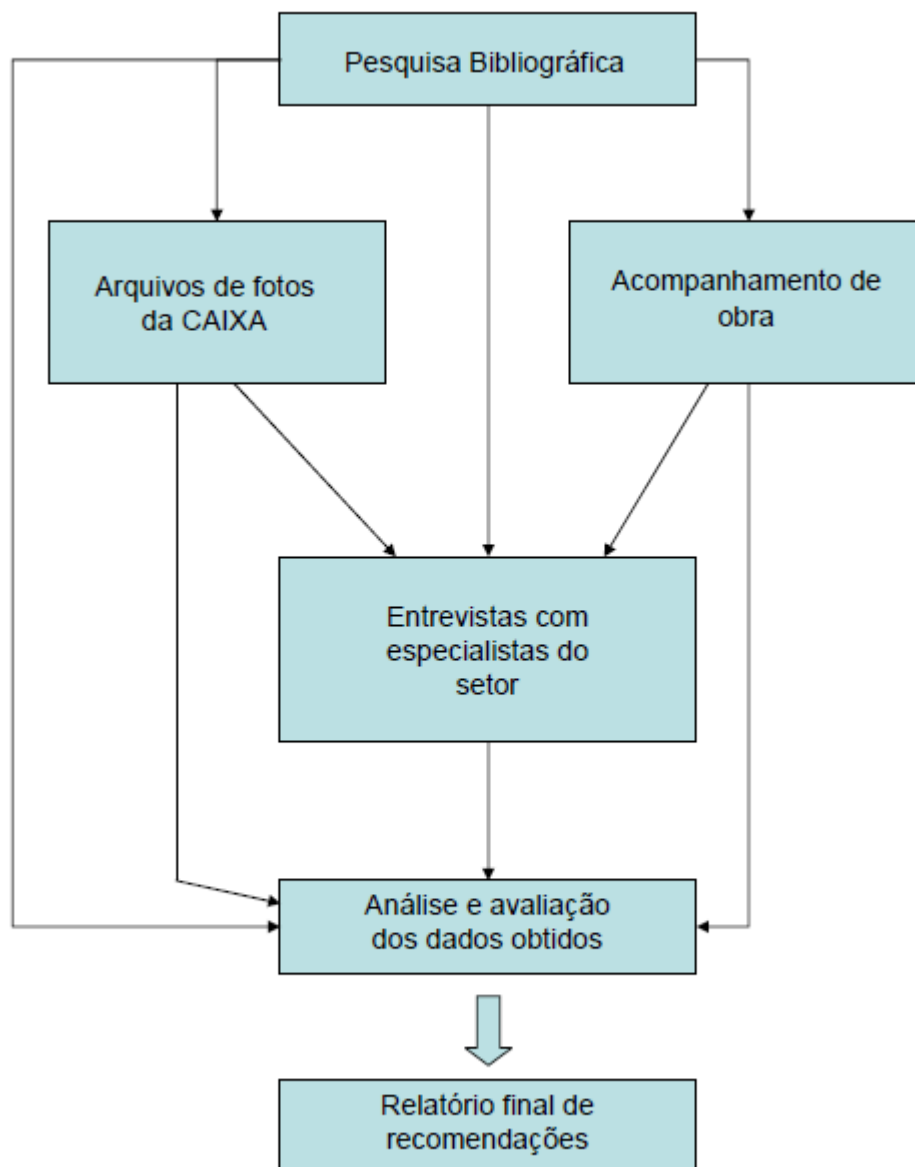


Figura 1: diagrama das etapas do trabalho

A **pesquisa bibliográfica** consistiu na revisão da literatura, de revistas técnicas, de trabalhos acadêmicos e de catálogos de fabricantes, entre outras fontes relacionadas com o assunto

abordado, sendo desenvolvida ao longo do trabalho. Na etapa seguinte, foi disponibilizado pelos técnicos da CAIXA um arquivo de fotos da obras financiadas pela CAIXA com um **levantamento das principais fissuras térmicas** ocorridas nos empreendimentos para baixa renda. Posteriormente, acompanhou-se o **andamento de uma obra de alvenaria estrutural**, financiada pela CAIXA, no período de três meses com visitas semanais para diagnosticar os métodos adotados de prevenção da fissuração das paredes portantes.

Na fase seguinte, foram realizados **entrevistas com dois especialistas em projeto** sobre as principais dificuldades encontradas ao se projetar a alvenaria estrutural e as melhores soluções encontradas para evitar patologias futuras de origem térmica.

Posteriormente, também um foi realizado uma **entrevista com os técnicos da GIDUR/PO** do crédito imobiliário sobre as principais recomendações dadas pelos técnicos da CAIXA para as empresas sobre as fissuras térmicas nas alvenarias estruturais. E por último, foi avaliado todo o material obtido com as fotos, com as entrevistas e com o acompanhamento de uma obra em execução, para assim concluir quais são as principais causas do aparecimento de fissuras de origem térmicas nas paredes portantes e as melhores soluções encontradas para amenizar esses efeitos.

### 3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nesse capítulo serão apresentados um breve histórico da alvenaria estrutural e os aspectos positivos e negativos do sistema construtivo.

#### 3.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A alvenaria é um sistema construtivo tradicional, tendo sido muito utilizada desde o início da atividade humana de executar estruturas para os mais variados fins. Com a utilização de blocos de diversos materiais, como argila, pedra e outros, foram produzidas obras que desafiaram o tempo, atravessando séculos ou mesmo milênios e chegando até nossos dias (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2).

O edifício Monadnock em Chicago, com 16 pavimentos e 65 m de altura, tornou-se, na época que foi construído, um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural, pois foi considerada uma obra ousada para os parâmetros vigentes na época. Entretanto, devido aos métodos empíricos de dimensionamento empregados até então, as paredes foram superdimensionadas para os métodos atuais, tendo as paredes na base 1,80 m de espessura. Hoje, se fosse dimensionado nas mesmas circunstâncias, essa espessura seria inferior a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 4).

Já no Brasil, as técnicas de cálculo e execução com alvenaria estrutural são relativamente recentes (final dos anos 60) e até hoje pouco conhecidas da maioria dos profissionais da Engenharia Civil. No entanto, a abertura de novas fábricas de materiais, assim como o surgimento de grupos de pesquisa sobre o tema fazem com que, a cada dia, mais construtores utilizem e se interessem pelo sistema (ROMAN et al., 1999, p. 13).

A cronologia das edificações realizadas em alvenaria estrutural no Brasil com blocos vazados estruturais é um pouco controversa, mas pode-se supor que os primeiros edifícios surgiram em 1966, em São Paulo. Foram executados com blocos de concreto e tinham apenas quatro pavimentos. Em 1972, foram construídos, também em São Paulo, edifícios mais esbeltos com 12 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5).

No Brasil o sistema se consolidou como uma alternativa eficiente e econômica. Com a estabilização da economia, a concorrência tem feito com que um número crescente de empresas passe a se preocupar mais com os custos, acelerando as pesquisas e a utilização de novos materiais (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 5-6). Segundo os mesmos autores, dentro do sistema de alvenaria estrutural, a alvenaria não armada de blocos vazados de concreto parece ser um dos mais promissores, tanto pela economia proporcionada como pelo número de fornecedores existentes, sendo sua utilização mais indicada em edificações residenciais de padrão baixo ou médio com até 12 pavimentos.

Hoje, na maioria dos casos, a alvenaria estrutural é praticada parcialmente, apenas como uma forma de substituir uma estrutura convencional e sem o aproveitamento total do potencial do sistema. Quando utilizada integralmente, a alvenaria estrutural gera maior economia e propicia facilidades na própria construção (MANZIONE, 2004, p. 13).

### 3.2 ALVENARIA ESTRUTURAL: VANTAGENS E DESVANTAGENS

Nesse item serão apresentados os aspectos positivos e negativos do sistema construtivo alvenaria estrutural.

#### 3.2.1 Vantagens do sistema construtivo

Enquanto no sistema construtivo tradicional, os pilares, as vigas, as lajes e a alvenaria de vedação são os principais elementos, na alvenaria estrutural as paredes cumprem a função de integrar a vedação e a estrutura. Por cumprir esta dupla função (a de vedação e a de suporte da edificação), há uma redução significativa nas etapas e no tempo de execução da alvenaria estrutural, já que toda a estrutura convencional é eliminada (MANZIONE, 2004, p. 13-14).

Contudo, conforme Ramalho e Corrêa (2003, p. 9), nesse caso, a alvenaria precisa ter sua resistência controlada, de forma a se garantir a segurança da edificação. Essa necessidade demanda a utilização de materiais mais caros e também uma execução mais cuidadosa, o que aumenta seu custo de produção em comparação a uma alvenaria de vedação. Segundo os mesmos autores, esse acréscimo de custo para produção da alvenaria estrutural compensa com folga a economia que se obtém com a retirada dos pilares e vigas.

Além desses pontos positivos, Ramalho e Corrêa (2003, p. 11) apresentam cinco principais vantagens da alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais de concreto armado, em ordem decrescente de importância:

- a) economia de fôrmas: quando existem, as fôrmas se limitam às necessárias para a concretagem das lajes. São, portanto, fôrmas lisas, baratas e de grande reaproveitamento;
- b) redução significativa nos revestimentos: por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa;
- c) redução nos desperdícios de material e mão de obra: o fato de as paredes não admitirem intervenções posteriores significativas, como rasgos ou aberturas para a colocação de instalações hidráulicas e elétricas, é uma importante causa da eliminação de desperdícios. Assim, o que poderia ser encarado como uma desvantagem, na verdade implica a virtual eliminação da possibilidade de improvisações, que encarecem significativamente o preço de uma construção;
- d) redução do número de especialidades: deixam de ser necessários profissionais como armadores e carpinteiros;
- e) flexibilidade no ritmo de execução da obra: se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado.

Roman et al. (1999, p. 20-21) apresentam uma vantagem da alvenaria estrutural na execução dos projetos, visto que o sistema permite devido à coordenação modular, que os projetos sejam mais fáceis de detalhar, possibilitando a elaboração de um projeto executivo de simples compreensão pela mão de obra. Há também a possibilidade de se trabalhar com soluções combinadas e sistêmicas, como, por exemplo, *kits* hidráulicos ou *kits* de telhados.

### **3.2.2 Limitações do sistema construtivo**

Apesar de todas essas vantagens, a alvenaria estrutural tem algumas desvantagens em relação às estruturas convencionais. Segundo Manzione (2004, p. 16), as desvantagens são as listadas a seguir:

- a) índice elevado de esbeltez do edifício: requer muita armadura, o que torna a aplicação do sistema antieconômica;
- b) tamanho dos vãos: grandes vãos geram um aumento das cargas nas paredes, necessitando de blocos de resistência muito elevada;

- c) balanços excessivos: requererem muita armadura para combater esforços de flexão;
- d) impossibilidade de eliminação de parede: não há possibilidade de remoção, a não ser que esta seja prevista rigorosamente no projeto;
- e) altura econômica do edifício: considera-se economicamente viável a aplicação do sistema de alvenaria estrutural em edificações com altura até 15 pavimentos; a partir daí, é sempre recomendado efetuar estudos comparativos com a estrutura convencional de concreto armado.

Além dessas cinco limitações, Ramalho e Corrêa (2003, p. 12) apresentam duas outras desvantagens de grande relevância na alvenaria estrutural. Sendo essas, listadas a seguir:

- a) interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações: a interferência entre os projetos é muito grande quando se trata de uma obra em alvenaria estrutural. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto arquitetônico e a impossibilidade de se furar paredes, sem um controle cuidadoso desses furos, condicionam de forma marcante os projetos de instalações elétricas e hidráulicas;
- b) necessidade de mão de obra qualificada: a alvenaria estrutural exige uma mão de obra qualificada e apta a fazer uso de instrumentos adequados para sua execução. Isso significa um treinamento prévio da equipe contratada para sua execução. Caso contrário, os riscos de falhas que comprometam a segurança da edificação crescem sensivelmente.

## **4 SISTEMA CONSTRUTIVO ALVENARIA ESTRUTURAL**

Neste capítulo são apresentados os principais componentes da alvenaria estrutural e as recomendações técnicas na fase de projeto e de execução das alvenarias autoportantes.

### **4.1 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ALVENARIA**

Neste item são apresentadas algumas características dos principais componentes da alvenaria estrutural.

#### **4.1.1 Blocos estruturais**

As unidades de alvenaria classificam-se em: cerâmicas, de concreto e sílico-calcárias. Estes tipos de unidades são tratados nos próximos itens.

##### **4.1.1.1 Unidades cerâmicas**

Segundo Sabbatini (2003, p. 9), os blocos cerâmicos são constituídos de material cerâmico, obtido pela queima em alta temperatura ( $>800^{\circ}\text{C}$ ) de argilas, moldados por extrusão. Por sua vez, Roman et al. (1999, p. 22) comentam que as resistências dos blocos cerâmicos variam desde 0,1 até 70 MPa, necessitando, dessa forma, a realização de ensaios de caracterização das unidades.

##### **4.1.1.2 Unidades de concreto**

Atualmente, há diversas fábricas no mercado que disponibilizam unidades de concreto. São blocos com agregados inertes e cimento Portland, com ou sem aditivos, moldados em prensas vibratórias (SABBATINI, 2003, p. 9). Roman et al. (1999, p. 23) comentam que os blocos comumente utilizados apresentam resistência à compressão de 6 a 15 MPa, podendo chegar até, em casos especiais, resistências de até 20 MPa.



#### 4.1.1.3 Unidades sílico-calcárias

Os blocos sílico calcários são unidades de alvenaria compostas por uma mistura homogênea e adequadamente proporcionada de cal e areia quartzosa moldadas por prensagem e curadas por vapor de pressão (ROMAN et al., 1999, p. 22). Os mesmos autores citam que no Brasil, as unidades fabricadas apresentam resistências de 6 a 20 MPa, mas não são comumente utilizadas.

### 4.1.2 Argamassa de Assentamento

A argamassa de assentamento possui as funções de solidarizar as unidades, de transmitir e de uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria. Além disso, tem a função de absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações. Usualmente composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa deve reunir boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade para ter um desempenho satisfatório de suas funções básicas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 7-8).

Conforme Sabbatini (2003, p. 16), a argamassa de assentamento dos blocos deve promover uma aderência entre blocos e auxiliar na dissipação de tensões, para evitar o surgimento de fissuras na interface bloco-argamassa, e garantir o desempenho estrutural. Segundo o mesmo autor, o aparecimento de fissuras na alvenaria e nos revestimentos no prazo de até cinco anos, a contar da entrega da obra, será de responsabilidade e deverá ser recuperada pela construtora.

Quanto à resistência da argamassa, ela deve ser da mesma ordem de grandeza da resistência do bloco. Recomenda-se a utilização de argamassas industrializadas para o assentamento de blocos, mas é bom lembrar que, neste caso, deverão ser adotadas argamassadeiras de eixo horizontal em vez de betoneiras convencionais, uma vez que as primeiras permitem a incorporação adequada de ar (MANZIONE, 2004, p. 20).

Segundo Thomaz e Helene (2000, p. 10) não se recomendam a adoção de **juntas secas** nas alvenarias estruturais, ou seja, a ausência de preenchimento das juntas verticais repercute em maiores ou menores prejuízos a resistência ao cisalhamento da alvenaria, à resistência ao fogo, ao desempenho termoacústico, à resistência a cargas laterais e à capacidade de redistribuição das tensões desenvolvidas nas paredes. Os mesmos autores comentam também

que nas fachadas o frisamento das juntas, além de criar depressões que favorecem o descolamento das lâminas de água, promove uma melhor compactação da argamassa, que favorece a impermeabilização das juntas.

### 4.1.3 Graute

O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos com função de aumentar a área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios. Dessa forma, pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 8).

Sua resistência é determinada pelo profissional responsável pelo dimensionamento da estrutura, de acordo com a resistência do bloco. Assim, o graute deve ter sua resistência característica duas vezes maior que a resistência do bloco. Logo, um bloco de 4,5 MPa irá requerer um graute de 9 MPa (MANZIONE, 2004, p. 21). Segundo o autor, não se deve confundir grauteamento com execução de pilaretes convencionais.

Roman et al. (1999, p. 31) comentam que o graute deve ter *slump test* com abatimento entre 20 e 28 cm e a relação água/cimento deve estar entre 0,8 e 1,1, dependendo do módulo de finura da areia. Conforme os mesmos autores, a fixação do *slump* nesta faixa dependerá fundamentalmente da taxa de absorção inicial das unidades e da dimensão dos alvéolos e, quanto mais absorventes forem as unidades e menores forem seus alvéolos, maior deverá ser o *slump* da mistura.

### 4.1.4 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).

## 4.2 PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Alguns conceitos adotados em projeto são fundamentais para o desempenho adequado da alvenaria estrutural. Nos próximos itens são apresentadas algumas recomendações que devem ser previstas nos projetos executivos da alvenaria estrutural.

### 4.2.1 Coordenação de projetos

A fim de obter um planejamento adequado, é necessária a formação de uma equipe responsável pela coordenação dos projetos desde o início do processo, para evitar retrabalhos futuros. Roman et al. (1999, p. 39) citam quatro principais objetivos da coordenação para elevar a qualidade do projeto global e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da construção:

- a) promover a integração entre os participantes do projeto, garantindo a comunicação e a troca de informações entre os integrantes e as diversas etapas do empreendimento;
- b) controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, para ele ser executado conforme as especificações e requisitos previamente definidos (custos, prazos, especificações técnicas);
- c) coordenar o processo de forma a solucionar as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- d) garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado.

Souza (2004, p. 92-93) salienta que para evitar falhas de comunicação durante a elaboração do projeto, a sua coordenação deve assegurar a formação de uma equipe multidisciplinar, desde a etapa de anteprojeto, e utilizar todos os recursos necessários para garantir a troca de informações entre todos os integrantes da equipe. Segundo o mesmo autor, dentro dessa equipe multidisciplinar deve existir a figura de um coordenador, que deve ser um profissional com vivência no desenvolvimento de projetos e execução de obras, de tal forma que possa transmitir à equipe a orientação necessária.

## 4.2.2 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico está intrinsecamente ligado a todos os demais projetos. Por ele começa o desenvolvimento de todos os demais. Dessa forma, o sucesso do empreendimento passará por um projeto arquitetônico adequado as condicionantes da alvenaria estrutural, caso contrário será muito difícil compensá-lo através de medidas tomadas nos projetos complementares ou em intervenções na obra (ROMAN et al., 1999, p. 40-41).

Os mesmos autores citam quatro restrições estruturais que devem ser levadas em conta na criação do projeto arquitetônico:

- a) o número possível de pavimentos alcançados com os materiais disponíveis no mercado;
- b) o arranjo espacial das paredes e a necessidade de amarração entre os elementos;
- c) as limitações quanto à existência de transição para estruturas em pilotis no térreo ou subsolos;
- d) a impossibilidade de remoção de paredes.

Nos próximos itens serão indicados alguns condicionantes do projeto arquitetônico para obter um projeto racionalizado e econômico.

### 4.2.2.1 Simetria

O projetista deve procurar distribuir as paredes resistentes ao longo de todo o pavimento tipo, para não concentrar as cargas em determinadas alvenarias, levando à necessidade de materiais (blocos) mais resistentes ou no excesso de graute, acarretando aumento de custo e dificuldade de construtividade (ROMAN et al., 1999, p. 43). Os mesmos autores comentam também que se devem distribuir igualmente as paredes estruturais em ambas as direções para garantir a estabilidade do edifício em relação às cargas horizontais. Outro aspecto relevante é a criação de plantas mais simétricas possíveis para diminuir o surgimento de tensões devido à torção.

### 4.2.2.2 Modulação

Ramalho e Corrêa (2003, p. 13) comentam a importância da modulação na alvenaria estrutural, sendo um procedimento fundamental para que uma edificação em alvenaria

estrutural seja econômica e racional. Os mesmos autores citam que, como os blocos não devem ser cortados, se a edificação não for modulada, haverá muitos enchimentos que levarão a um custo maior e a uma racionalidade menor na obra em questão.

Podem ser usados para ajustes de medidas, caso seja necessário, o recurso dos **compensadores** ou **bolachas**. Esta solução, no entanto, deve ser utilizada com moderação, pois estas peças têm o custo unitário maior e tornam-se também elementos a mais para serem gerenciados no canteiro (MANZIONE, 2004, p. 34).

Para que isso não aconteça, o arquiteto deverá trabalhar através do traçado de um reticulado de referência, a partir de um módulo básico escolhido com dimensões do bloco mais espessura de juntas, sendo que usualmente os módulos são de 15 ou 20 cm (ROMAN et al., 1999, p. 44). Os mesmos autores comentam que as alturas e larguras das paredes devem ser consideradas múltiplas do módulo básico. Ainda é salientado que a modulação ideal é aquela em que o módulo é igual à espessura da parede, não sendo necessária a criação de blocos especiais para ajustes nas amarrações.

Desse modo, a coordenação modular deve estabelecer dimensões dos ambientes tanto no sentido horizontal como vertical (MANZIONE, 2004, p. 29). Segundo o mesmo autor, na modulação vertical pode-se trabalhar com duas situações: piso a teto ou piso a piso.

### 4.2.3 Instalações hidráulicas

O projeto hidráulico deve acompanhar o projeto arquitetônico (ROMAN et al., 1999, p. 60). Os mesmos autores recomendam que se deve passar as tubulações verticais por *shafts* e as tubulações horizontais entre a laje do teto e o forro.

Segundo Manzione (2004, p. 69), estes espaços devem ser previstos no projeto arquitetônico desde a fase de concepção, em um trabalho conjugado e coordenado com o projetista hidráulico. Conforme esse autor, o arquiteto também deve projetar as áreas molhadas (banheiros, cozinhas, áreas de serviço) concentradas em uma mesma região, resultando em economia significativa de prumadas e ramais, reduzindo a quantidade de *shafts*.

Além disso, se houver a possibilidade de se ter uma única parede comum a todas as instalações hidráulicas, pode-se utilizar o recurso de fazer as ligações das paredes às

prumadas dispostas externamente e rentes à parede, permitindo o fechamento com painel removível, usada para manutenção (ROMAN et al., 1999, p. 60). Os mesmos autores indicam que essa solução permite trabalhar com os *kits* pré-fabricados e fazer inspeções nas instalações sem a necessidade de remover o acabamento.

#### 4.2.4 Instalações elétricas

As tubulações elétricas deverão passar sempre na direção vertical, aproveitando os vazados existentes nos blocos para a passagem das mangueiras e não se permitindo cortes horizontais para interligação de pontos (MANZIONE, 2004, p. 64-65). Segundo o autor, todas as informações do projeto elétrico (caminhamento de conduítes, locação de caixas e quadros elétricos), devem ser desenhadas na elevação das paredes, para, assim, obter uma compatibilização entre os projetos e um produto racionalizado.

Para a instalação das caixas elétricas, Manzione (2004, p. 65) cita que existem dois procedimentos racionalizados recomendados:

- a) durante a elevação – utilizam-se **blocos elétricos** que são previamente cortados para se chumbar as caixinhas elétricas. Este procedimento é executado em uma central de produção específica na obra;
- b) após a elevação – neste procedimento, os pontos elétricos são marcados, os blocos são cortados e é feito o chumbamento das caixinhas, após a elevação da alvenaria.

O autor ainda comenta que é desaconselhável a marcação após a elevação da alvenaria, porque traz uma série de problemas, como:

- a) grande chance de erros, já que facilmente os pontos de tomada são esquecidos ou os furos são feitos em local errado;
- b) dificuldade do corte é acentuada em paredes de resistência elevada, o que dificulta a operação manual no local;
- c) é criada uma etapa a mais no cronograma da obra;
- d) há necessidade de muitas verificações.

Manzione (2004, p. 67) ainda recomenda a criação de uma central de blocos elétricos, pois:

- a) a racionalização do processo garante uma condição de maior produtividade;

- b) ganha-se maior precisão com o uso de serra de bancada para o corte do bloco;
- c) o tempo despendido pela mão de obra não é tão grande, pois, em condições de repetição de pavimentos tipo, o profissional acaba assimilando o projeto naturalmente;
- d) diminui-se uma etapa do cronograma, eliminando-se o vínculo entre a concretagem da laje e o revestimento de alvenaria.

Manziona (2004, p. 67-68) aconselha que a passagem das mangueiras deve ser feita depois do assentamento dos blocos elétricos furando-se o fundo do bloco canaleta e introduzindo-se a mangueira com o uso de uma guia metálica. Não se aconselha, segundo o autor, a passagem da mangueira durante a elevação nas fiadas intermediárias, uma vez que esse procedimento diminui a produtividade, pois a mão de obra deverá se ocupar em encaixar os blocos nas mangueiras.

#### **4.2.5 Instalações telefônicas**

As instalações seguem os mesmos requisitos e providências para a execução conforme as instalações hidrosanitárias e elétricas. As caixas de distribuição, geralmente localizadas no térreo bem como as tubulações de distribuição devem ser executadas em *shafts* normalmente localizados no *hall* de entrada dos prédios. O autor não aconselha a passagem de tubulações e implantação de grandes quadros alojados na alvenaria (COELHO, 1998, p. 134).

#### **4.2.6 Projeto e elementos estruturais**

Manziona (2004, p. 47-50) comenta seis principais pontos importantes no projeto de alvenaria estrutural:

- a) a principal característica da alvenaria estrutural é ter toda a carga do edifício transferida das lajes para as paredes autoportantes, pois elas trabalham à compressão;
- b) o bloco é o elemento principal da estrutura e que sua resistência é medida em relação a sua área bruta;
- c) a capacidade de carga de uma parede é determinada utilizando o ensaio de compressão de um prisma de dois blocos. O valor obtido nesse ensaio é em torno de 70% da resistência característica do bloco;

- d) o ensaio de parede caracteriza o comportamento da estrutura, obtendo, dessa forma, o fator de eficiência da parede ( $F_{ef}$ ), determinado pela relação entre a resistência da parede e a resistência do bloco. Normalmente esse valor gira em torno de 0,5;
- e) o conjunto bloco argamassa é submetido a um estado triplo de tensões, recomendando, assim, a utilização de espessura da junta sempre mantida com 1 cm, já que juntas maiores diminuem a resistência da parede;
- f) com relação à metodologia de cálculo, a NBR 10837 utiliza o método das tensões admissíveis, ou seja, apresenta fórmulas em função da resistência do prisma.

#### 4.2.6.1 Lajes

Segundo Manzione (2004, p. 51-52), as lajes podem ser armadas em uma ou duas direções e devem ser apoiadas apenas sobre paredes estruturais, não podendo, então, descarregar sobre paredes de vedação. O mesmo autor recomenda que é melhor executar as paredes de vedação somente após a remoção total dos escoramentos e após o carregamento da estrutura, com pelo menos três andares superiores executados.

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, p. 12-13). Os mesmos autores comentam que outros cuidados podem minimizar a ocorrência de problemas nesta situação, tais como a ventilação dos áticos, a isolamento térmica das lajes, juntas de dilatação das lajes de cobertura e outros detalhes técnicos pertinentes a cada edificação.

#### 4.2.6.2 Contravergas

As contravergas são peças de concreto reforçadas com aço, moldadas no local ou pré-fabricadas, de modo a distribuir as tensões concentradas nos cantos inferiores dos vãos (SABBATINI, 2003, p. 21). O mesmo autor recomenda que as contravergas devem ultrapassar a lateral do vão em pelo menos  $d/5$  ou 30 cm (o mais rigoroso dos dois, onde  $d$  é o comprimento da janela).



#### 4.2.6.3 Vergas

As vergas são peças armadas de concreto que devem ser previstas em projeto nas bandeiras de portas e janelas. O apoio lateral deve ser de no mínimo  $d/10$  ou 10 cm (o que for maior) (SABBATINI, 2003, p. 21).

#### 4.2.6.4 Cintas de respaldo

No término da alvenaria de um pavimento é executada uma cinta armada de concreto, armada, contínua, moldada no local, solidarizando todas as paredes. Ela pode ser executada com blocos especiais (tipo canaleta) ou com formas (SABBATINI, 2003, p. 21).

#### 4.2.6.5 Juntas de controle ou de movimentação

Recomenda-se a inserção de juntas de controle sempre que houver mudanças na direção ou na espessura das alvenarias, ou sempre que as paredes forem muito longas. É recomendável também a introdução de juntas de controle nas paredes muito enfraquecidas pela presença de vãos de portas ou de janelas. O preenchimento da junta é realizado com material deformável (poliestireno ou poliuretano expandido, cortiça) e seu acabamento pode ser realizado com selante ou mata junta (THOMAZ; HELENE, 2000, p. 11-12).

#### 4.2.6.6 Juntas de dilatação

Coelho (1998, p. 68) indica que “a distância entre as juntas de dilatação não deverá ultrapassar 20m. Devem ser previstas onde se conhece a máxima variação de temperatura ou máxima expansão devido à umidade. Sua espessura não deverá ultrapassar 2,5cm”.

### **4.2.7 Execução da alvenaria**

A execução da alvenaria é dividida em duas partes: marcação e elevação.

#### 4.2.7.1 Marcação da alvenaria

Manziona (2004, p. 96-97) recomenda oito passos a serem seguidos na fase de marcação:

- a) esquadro e nível – com o uso do nível alemão, deve-se procurar o ponto mais alto da laje e, neste ponto, assentar um bloco que será o referencial de nível (bloco RN);
- b) locação dos eixos – os eixos de locação devem ser marcados na laje. Para isso, deve ser consultada a planta de primeira fiada e utilizado o fio traçante para a marcação dos eixos. A planta de primeira fiada deverá conter cotas acumuladas e locação dos blocos estratégicos, que são blocos de amarração localizados nos cantos e nos encontros de paredes;
- c) assentamento dos blocos estratégicos – utilizando como referência o nível do bloco RN e os eixos de locação já desenhados na laje, deverão ser assentados os blocos estratégicos e deverá ser feita a verificação do esquadro;
- d) assentamento dos blocos da primeira fiada – os esticadores de linha deverão ser fixados nas cabeças dos blocos para permitir o nivelamento e alinhamento dos blocos da primeira fiada;
- e) umedecimento de superfície – com o auxílio de uma broxa, deve se molhar a superfície que ficará em contato com a argamassa da primeira fiada;
- f) espalhamento de argamassa – com o auxílio de uma colher de pedreiro, deve ser espalhada a argamassa de assentamento da primeira fiada;
- g) assentamento dos blocos da primeira fiada – assentar e nivelar os blocos da primeira fiada, utilizando o esticador de linhas e a régua técnica;
- h) assentamento dos escantilhões – esta é a última etapa da fase de marcação – Deve-se distribuir os escantilhões nos cantos dos cômodos, assentá-los e aprumá-los, coincidindo a primeira marca com o nível da primeira fiada dos blocos. Desta forma, as fiadas seguintes estarão niveladas.

Sabbatini (2003, p. 20) não recomenda a execução da alvenaria diretamente sobre os baldrame, sem que o piso do térreo (base em concreto) esteja executado. O mesmo autor cita que a marcação da primeira fiada sobre lajes somente poderá ser iniciada após 16 horas do término da concretagem da laje.

#### 4.2.7.2 Elevação da alvenaria

Richter (2007, p. 55) indica:

A execução da elevação da alvenaria é uma das etapas mais importantes da construção de uma edificação em alvenaria estrutural. Assim, garantir a qualidade da execução do levante da alvenaria é um passo fundamental para garantir a qualidade

intrínseca da edificação, no que diz respeito à conformidade, confiabilidade, desempenho e durabilidade.

Na fase de elevação da alvenaria é fundamental garantir o prumo, o nível, o alinhamento e a planicidade da parede (MANZIONE, 2004, p. 100-101). Segundo o autor, a elevação da alvenaria é iniciada pelas paredes externas, deixando as saídas para as paredes internas com uma configuração conhecida como **castelo**, havendo a interpenetração dos blocos contra fiados.

A concretagem das contravergas e o preenchimento dos vazios com graute devem ser realizados juntamente com o levante da alvenaria (RICHTER, 2007, p. 56). Segundo Manzione (2004, p. 102) a operação de grauteamento acontece em duas etapas: primeiro, na altura da sétima fiada e, depois na última fiada, havendo sempre a inspeção no pé da parede através de um furo no bloco da primeira fiada, para verificar se não houve obstruções durante o grauteamento.

## 5 FISSURAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Dentre tantas manifestações patológicas que afetam as edificações, as fissuras e as trincas são de grande importância, devido principalmente a três aspectos fundamentais: o aviso de um estado perigoso para a estrutura, o desempenho da edificação durante sua vida útil (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.) e o constrangimento psicológico que as fissuras das paredes exercem sobre os usuários (THOMAZ, 1989, p. 15). Além do mais, segundo o mesmo autor, aos olhos dos leigos em construção, a fissura é um defeito mais frequente nas obras cujo culpado é o arquiteto, o engenheiro, o empreiteiro ou o fabricante do material.

As construções antigas em alvenaria caracterizavam-se por possuírem paredes espessas em tijolos maciços assentados com argamassas de traço misto com baixo módulo de deformação (DUARTE, 1998, p. 9). Este conjunto de características, segundo esse autor, assegurava construções de baixos níveis de tensões de serviços e grande massa e inércia, fazendo com que deformações e deslocamentos nos materiais devido a contrações e dilatações de origem térmica gerassem tensões de compressão, tração e cisalhamento inferiores às que os materiais estavam aptos a resistir. Além do mais, o autor comenta que antigamente as argamassas de assentamento eram fracas, com baixo teor de cimento e que, por consequência, as juntas de argamassa absorviam e dissimulavam micro fissuras, tornando dispensável o uso de juntas construtivas. Assim, o emprego de juntas construtivas era limitado ou inexistente, uma vez que o próprio peso do material empregado na construção restringia sua movimentação.

No entanto, os prédios modernos utilizam paredes mais finas, com espessura de meio tijolo, tornando-os mais econômicos. Assim, o envelope do prédio fica mais suscetível a movimentações causadas por variações de temperatura e umidade. Caso esta movimentação não seja prevista através de um projeto adequado de juntas construtivas, podem surgir tensões de tração que, uma vez superiores à resistência à tração da alvenaria, geram fissuras (DUARTE, 1998, p. 9). O autor salienta que o projetista e o construtor devem saber que os materiais de construção se dilatam e se contraem, e devem prover o prédio de meios para permitir estes deslocamentos gerando um mínimo de tensões de tração de modo a atender aos estados limites de utilização e de ruína. Além disso, devem ser mantidos os danos causados

por fissuras e pela ação da umidade nos acabamentos dentro de limites toleráveis para com a manutenção e durabilidade do prédio.

## 5.1 MECANISMOS DE FORMAÇÃO DAS FISSURAS EM ALVENARIA

As fissuras se produzem por deformações que induzem esforços que excedem a resistência à tração e como na alvenaria essa resistência é reduzida, ela é muito vulnerável à ocorrência de tração causada por deformação. As deformações podem ser induzidas por imposição de carga ou por restrições às trocas volumétricas dos materiais (trabalho não publicado)<sup>1</sup>.

Segundo Duarte (1998, p. 10) as fissuras são causadas por tensões de tração, podendo ser causadas por esforços de compressão agindo em direção ortogonal, por esforços de cisalhamento ou por tração direta. Assim, dependendo das condições de contorno, as fissuras podem se tornar visíveis a aproximadamente 50% da carga última de compressão a ser atingida.

## 5.2 CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS

As fissuras podem ser classificadas segundo o tamanho de sua abertura. Entretanto, essa classificação é bastante divergente entre alguns autores. Segundo Bidwell (1977 apud DUARTE, 1998, p. 11) as fissuras podem ser classificadas em finas (<1,5mm), médias (1,5 a 10mm) e largas (>10mm). Rainer (1983 apud DUARTE, 1998, p. 11) classifica como muito leves fissuras com abertura inferior a 1mm, leves de 1mm a 5mm, moderadas de 5mm a 15mm e severas superiores a 15mm. Kaminetzky (1985 apud DUARTE, 1998, p. 11) propõe uma classificação como aberturas negligíveis (<0,1mm), muito leve (0,1 a 0,4mm), leve (0,8 a 3,2mm), moderada (3,2 a 12,7mm), extensiva (12,7 a 25,4mm) ou muito extensiva (>25,4mm).

As fissuras podem ser classificadas também em função das causas do seu aparecimento. Duarte (1998, p. 11) cita algumas tais como:

---

<sup>1</sup> Manual técnico de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de uso interno de uma empresa de projeto estrutural e consultoria de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

- a) variações de temperatura;
- b) excessivo carregamento sobre paredes;
- c) retração de blocos ou elementos de concreto;
- d) recalques de fundação;
- e) reações químicas ocorridas após a construção das paredes caracterizadas por expansão volumétrica.

Nesse trabalho serão apresentadas, de forma sucinta, as principais causas das fissuras, pois será dada ênfase as fissuras causadas por efeito térmico, já que é uma das principais patologias encontradas nos empreendimentos financiados pela GIDUR/PO (Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre). O Rio Grande do Sul, devido a sua localização geográfica, sofre muito os efeitos da variabilidade térmica diária e sazonal, sendo uma das grandes causas do excessivo fissuramento das alvenarias.

### 5.2.1 Fissuras causadas por excessivo carregamento de compressão

Os mecanismos de ruptura das paredes de alvenaria solicitadas por excessivos carregamentos verticais de compressão consistem no surgimento de fissuras verticais decorrentes de esforços transversais de tração nos tijolos pelo atrito da superfície da junta de argamassa com a face maior dos tijolos (DUARTE, 1998, p. 12). O autor comenta que a argamassa ao ser comprimida se deforma mais do que o tijolo, tendendo a expandir mais lateralmente e transmitindo tração lateral aos tijolos. Estes esforços laterais de tração são os responsáveis pelas fissuras verticais, conforme a figura 2.

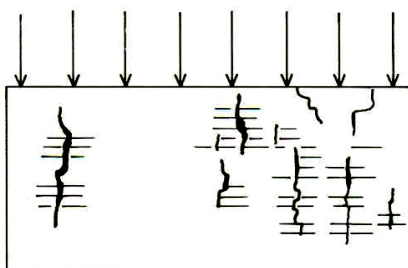


Figura 2: fissuração típica da alvenaria causada por sobrecarga vertical (THOMAZ, 1989, p. 64)

Segundo Thomaz (1989, p. 66), nos painéis de alvenaria onde existem aberturas as fissuras formam-se a partir dos vértices dessa abertura e sob o peitoril, apresentado na figura 3.

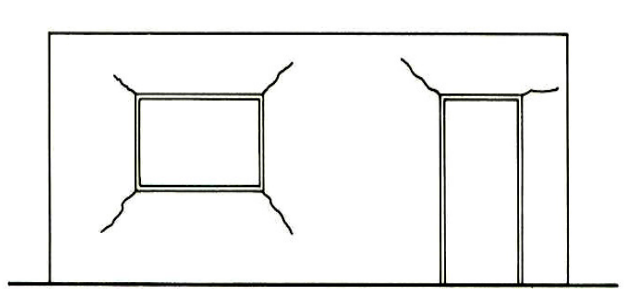


Figura 3: fissuração típica nos cantos das aberturas, sob atuação de sobrecargas (THOMAZ, 1989, p. 66)

### 5.2.2 Fissuras causadas por recalques de fundação

As construções têm comportamento distinto frente aos recalques do solo (DUARTE, 1998, p. 23). O autor salienta que os prédios de alvenaria são construções rígidas e difícil de acomodar deformações devido a posição e geometria das paredes de alvenaria na forma de placas verticais e que o momento de inércia das paredes frente à deformações verticais é elevado devido a sua altura. Todavia, o autor salienta que esta grande rigidez auxilia na distribuição das pressões no solo de forma mais homogênea. Por outro lado, conforme o autor, a resistência à flexão e ao cisalhamento da alvenaria é baixa, tornando às paredes suscetíveis de fissuração frente à menor deformação ocorrida.

As fissuras causadas por recalques de fundação com frequência tendem a se localizar próximas ao pavimento térreo da construção. Contudo, dependendo da gravidade do recalque e do tipo da construção, o grau de fissuração nos pavimentos superiores pode ser quase tão intenso quanto no pavimento térreo (DUARTE, 1998, p. 24-25).

Segundo o *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (1983 apud THOMAZ 1989, p. 96-97) há diversos fatores que podem conduzir aos recalques diferenciados e, conseqüentemente, à fissuração do edifício. Nas figuras 4 e 5 são ilustrados alguns desses casos.

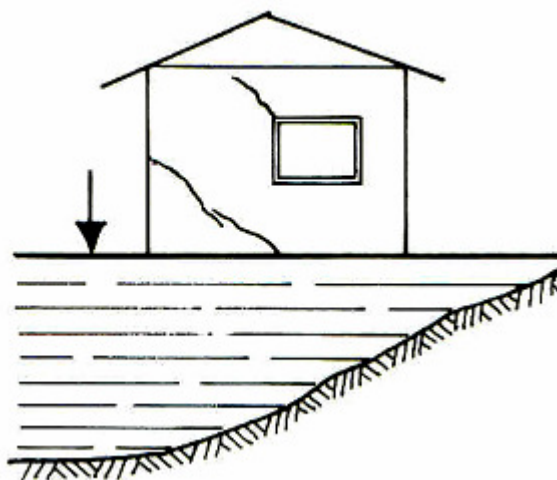


Figura 4: recalque diferenciado, por consolidações distintas do aterro carregado (THOMAZ, 1989, p. 96)

Na figura 5 são apresentados outros fatores causadores de fissuras oriundas de recalque das fundações que são:

- a) fundações assentadas sobre seções de corte e aterro (figura 5a);
- b) recalque diferenciado, por rebaixamento do lençol freático (figura 5b);
- c) recalque diferenciado no edifício menor pela interferência no seu bulbo de tensões, em função da construção do edifício maior (figura 5c);
- d) recalque diferenciado, por falta de homogeneidade do solo (figura 5d).

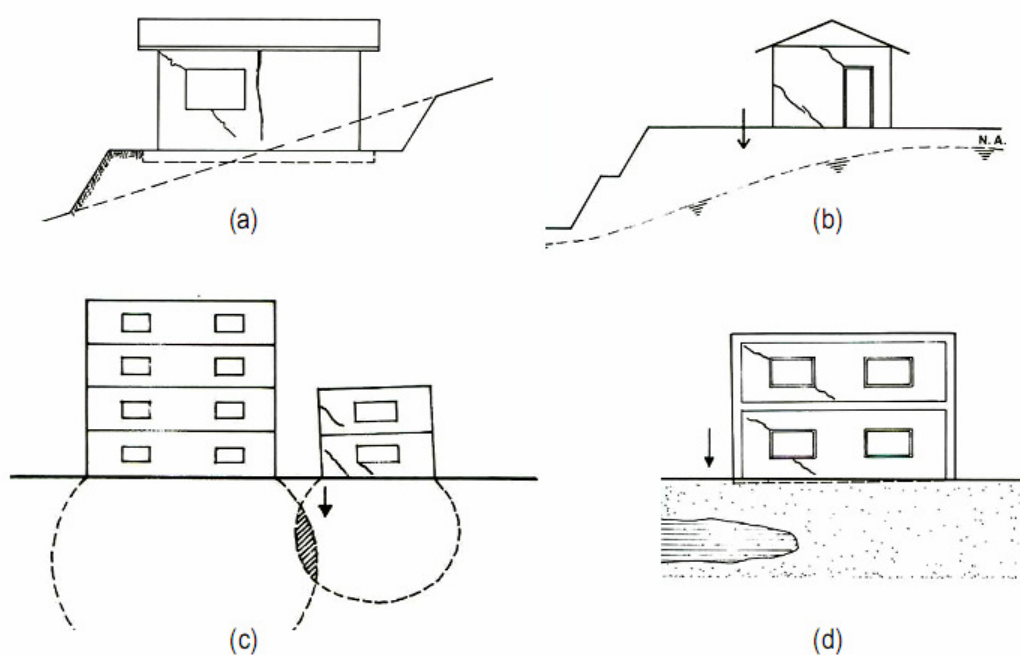


Figura 5: fissuras oriundas de recalque das fundações (THOMAZ, 1989, p. 96)



### 5.2.3 Fissuras causadas por reações químicas

Os materiais de construção devem ser estáveis quimicamente ao longo do tempo principalmente quando em contato com a água (DUARTE, 1998, p. 27). O autor, entretanto, salienta que, com frequência, contém excessos de sais solúveis ou reativos por falta de qualidade no processo de fabricação e, quando em presença de umidade, estes sais podem sofrer reações expansivas durante o processo de cristalização com aumento de volume provocando fissuração nas paredes.

Segundo Thomaz (1989, p. 120-121), há dois tipos de fissuras causadas por alterações químicas dos materiais de construção:

- a) hidratação retardada de cales (figura 6);
- b) ataque por sulfatos (figura 7).

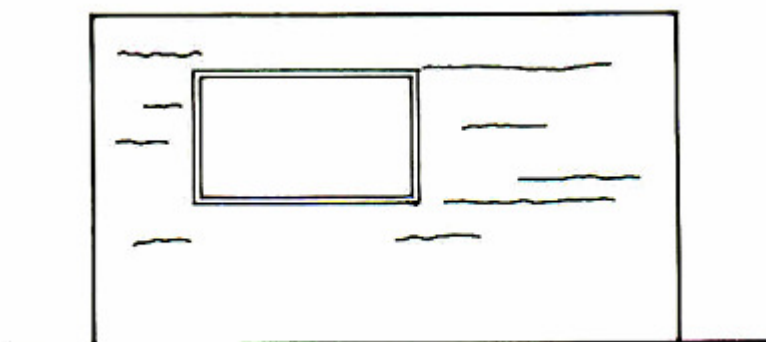


Figura 6: fissuras horizontais no revestimento provocadas pela expansão da argamassa de assentamento (THOMAZ, 1989, p. 120)

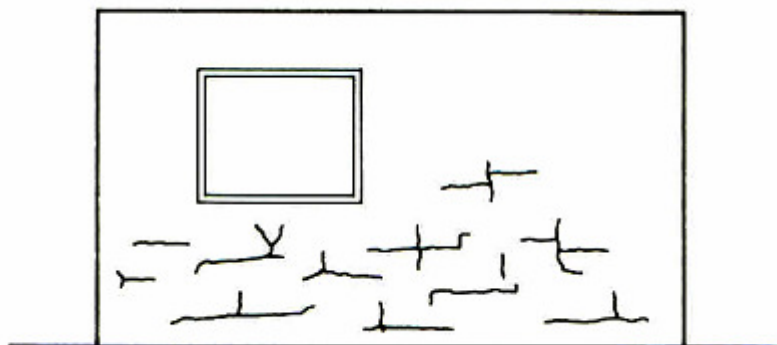


Figura 7: fissuras na argamassa de revestimento provenientes do ataque por sulfatos (THOMAZ, 1989, p. 121)

### 5.2.4 Fissuras causadas por retração

A maior parcela da retração é causada pela perda de água que não está quimicamente associada no interior do concreto. Esta perda de água provoca uma contração dos elementos de concreto do prédio não acompanhada pelas paredes de alvenaria (DUARTE, 1998, p. 17). Segundo o autor, as paredes localizadas nos últimos andares dos prédios são mais susceptíveis de serem atingidas pela retração das lajes ou da estrutura de concreto, porque a retração se associa com movimentações causadas por variações de temperatura, conforme nas figuras 8 e 9.

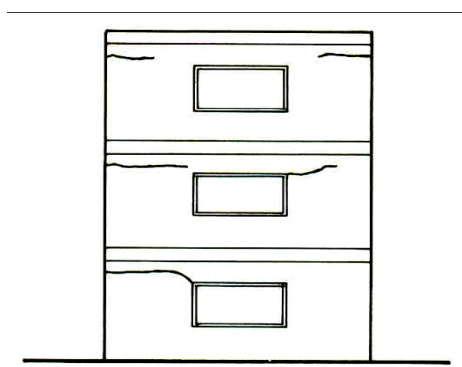


Figura 8: fissuras em paredes externas, causadas pela retração de lajes intermediárias (THOMAZ, 1989, p. 110)

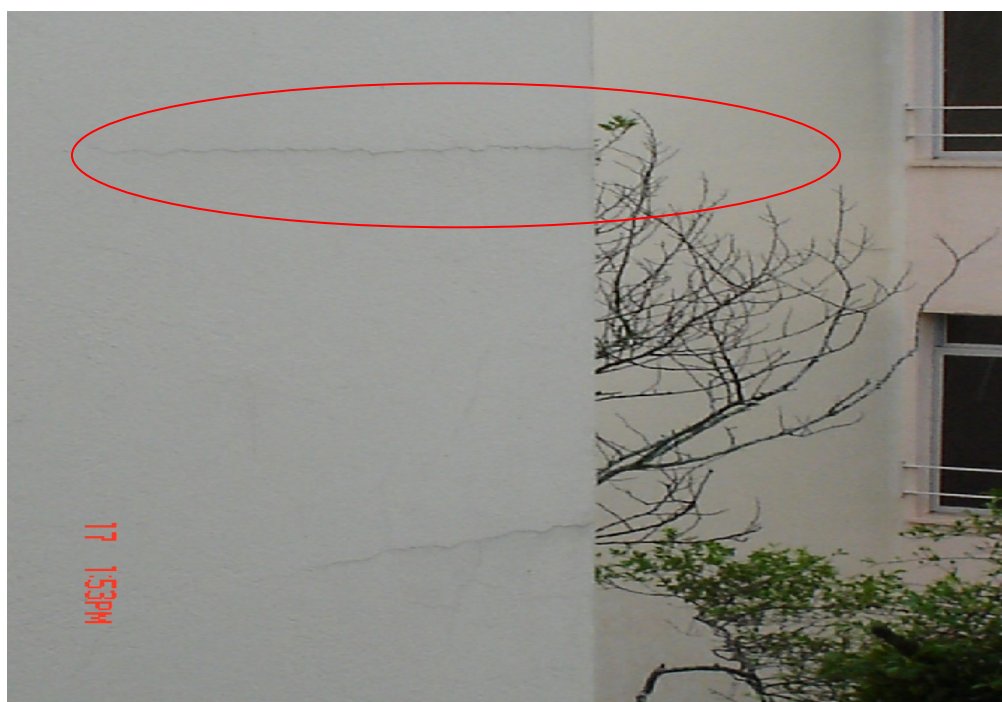


Figura 9: fissura horizontal, causada pela retração da laje (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)

Outro tipo de configuração são fissuras causadas pela retração da argamassa de revestimentos, chamadas de fissuras do tipo pé de galinha, também chamadas de fissuras mapeadas (DUARTE, 1998, p. 21). Segundo o autor, estas fissuras também podem ser causadas por excessivo desempenho da argamassa de revestimento, conforme representado na figuras 10 e 11.

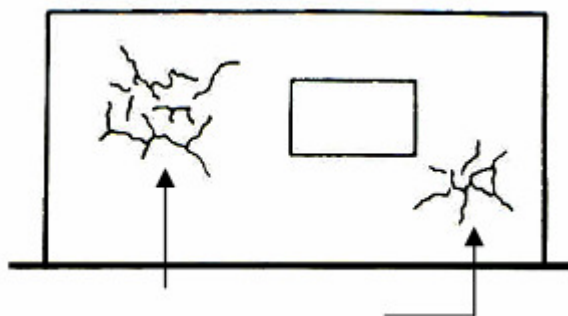


Figura 10: fissuras causadas pela retração da argamassa de revestimento (DUARTE, 1998, p. 21)



Figura 11: fissuras mapeadas do empreendimento do PAR (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)

### 5.2.5 Fissuras causadas por efeito térmico

Os elementos e componentes de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura sazonais e diárias (THOMAZ, 1989, p. 19). Essas variações, conforme o autor, repercutem em dilatação e contração dos materiais que são restringidos por componentes que envolvem a estrutura, acarretando, assim, no aparecimento de fissuras, devido ao surgimento de tensões, principalmente de tração.

Thomaz (1989, p. 19-20) comenta também que a intensidade das movimentações térmicas dos materiais está interligada com as propriedades físicas dos mesmos e da amplitude da variação térmica. Essa amplitude e a taxa de variação térmica de um componente dependem de um conjunto de fatores combinados entre si. Esses fatores conforme o mesmo autor são:

- a) intensidade da radiação solar (direta e difusa);
- b) absorvância da superfície do componente à radiação solar: a energia absorvida por um componente exposto a radiação solar faz com que a temperatura superficial seja superior a temperatura do ar ambiente, dependendo basicamente da cor da superfície;
- c) emitância da superfície do componente: fator importante para as coberturas, já que elas absorvem mais a luz solar e reirradiam grande parte dessa energia absorvida para o céu durante a noite, pois as temperaturas superficiais das coberturas tornam-se inferiores às temperaturas do ar ambiente;
- d) condutância térmica superficial: as trocas de calor entre superfícies expostas dos componentes da construção não dependem somente da variação térmica dos mesmos, mas também de outras condições (rugosidade da superfície, velocidade do ar, posição geográfica da edificação, orientação solar, etc.);
- e) diversas outras propriedades térmicas dos materiais de construção como calor específico, massa específica aparente e coeficiente de condutibilidade térmica.

Segundo o mesmo autor, ocorrem três principais movimentações diferenciadas, que surgem por movimentações diferenciadas entre componentes de um elemento, entre elementos de um sistema e entre regiões distintas de um mesmo material e suas principais causas são:

- a) 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);
- b) exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação às paredes de uma edificação);
- c) gradiente de temperaturas ao longo de um mesmo componente (por exemplo, gradiente entre a face exposta e a face protegida de uma laje de cobertura).

### 5.3 LAJES DE COBERTURA SOBRE PAREDES AUTOPORTANTES

Na alvenaria estrutural as lajes de cobertura são as que mais sofrem os efeitos da variação térmica dos materiais. As coberturas planas estão mais expostas às mudanças térmicas diárias naturais do que os parâmetros verticais dos edifícios, ocorrendo movimentos diferenciados entre os elementos horizontais e verticais (THOMAZ, 1989, p. 22).

O telhado logo acima sobre a laje propicia a formação de um volume de ar aquecido por radiação do sol sobre a telha. A permanência da fonte de calor faz com que todo esse volume de ar aquecido sob o telhado e também que a laje se aqueça, provocando a dilatação térmica desta. Nos dias muito frios ocorre o inverso, com a fuga de calor contido sob o telhado para o exterior, provocando retração da laje (trabalho não publicado)<sup>2</sup>.

Por estas razões, e devido ao fato de que as lajes de cobertura estarem vinculadas com as paredes de sustentação, surgem tensões tanto no corpo das paredes quanto nas lajes e, teoricamente, as tensões de origem térmica são nulas nos pontos centrais das lajes, crescendo proporcionalmente em direção aos bordos onde atingem seu ponto máximo. As fissuras mais comuns em edifícios de paredes autoportantes são as fissuras horizontais (figuras 12b e 12c), devido a movimentações térmicas da laje de cobertura (figura 12a). Na figura 12a são as movimentações que ocorrem numa laje de cobertura, sob ação de elevação de temperatura. Na figuras 12b e 12c são trincas típicas no topo da parede paralela ao comprimento da laje, resultante de esforços de tração como indica o sentido da movimentação térmica (THOMAZ, 1989, p. 23).

Ademais, esse tipo de fissura (figuras 12b e 12c) ocorre com muita frequência em empreendimentos de baixa renda que utilizam telhados de fibrocimento, que tendem a se tornar escurecidos com o passar do tempo, devido ao desenvolvimento de fungos na superfície superior das telhas. A coloração escura desenvolvida transmite elevados gradientes térmicos à laje de forro e provocam movimentação de natureza cíclica de dilatação e contração (DUARTE, 1998, p. 15-16).

Além disso, nas lajes de cobertura sobre paredes muito longas, enfraquecidas por aberturas, as fissuras têm direção horizontal ao longo das paredes externas maiores, inclinando-se

---

<sup>2</sup> Manual técnico de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de uso interno de uma empresa de projeto e consultoria de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

aproximadamente à 45° nas paredes transversais em direção à laje de teto. (DUARTE, 1998, p. 16). Richter (2007, p. 64) comenta que esse tipo de fissura é mais comum nas extremidades da edificação, conforme a figura 13.

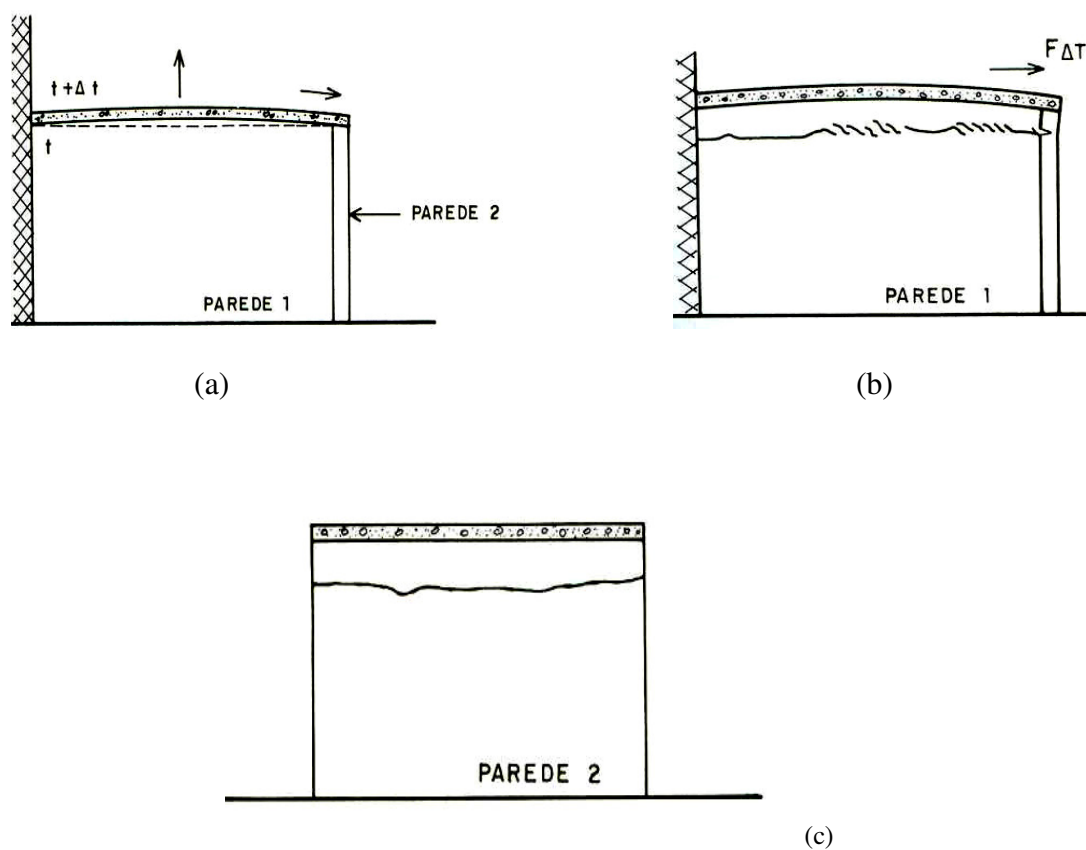


Figura 12: movimentações que ocorrem em uma laje de cobertura (THOMAZ, 1989, p. 23-24)

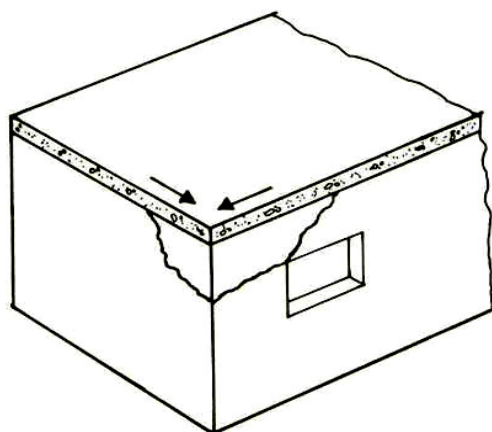


Figura 13: fissuras de cisalhamento provocadas por expansão térmica da laje de cobertura (THOMAZ, 1989, p. 25)

O ideal e o mais barato é a prevenção, ainda na etapa de obra e que devem ser tomados alguns cuidados para amenizar efeito térmico sobre a laje de cobertura (trabalho não publicado)<sup>3</sup>:

- a) executar isolamento térmico eficaz sobre a laje de cobertura;
- b) elevar ao máximo possível o caimento do telhado, distanciando este da laje de cobertura;
- c) executar ventilação cruzada sob o telhado, com entrada de ar frio junto à laje e saída de ar quente junto à cumeeira;
- d) pintar, se possível, o telhado com cor clara, preferencialmente branco brilho sobre base seladora, para efeito de reflexão dos raios solares.

Porém, os cuidados acima não evitam o aparecimento das fissuras causadas por variações térmicas na laje de cobertura. Assim, Thomaz (1989, p. 144) cita uma solução que se afigura como bastante razoável que é a dessolidarização entre paredes do último pavimento e a laje, sendo criada uma junta deslizante, conforme a figura 14.

Na busca por maiores detalhes das juntas deslizantes na bibliografia, verificou-se uma limitação nos detalhamentos. Dessa forma, buscaram-se profissionais especialistas na área de projetos para um maior aprimoramento de como estão sendo executados os detalhes nas obras.

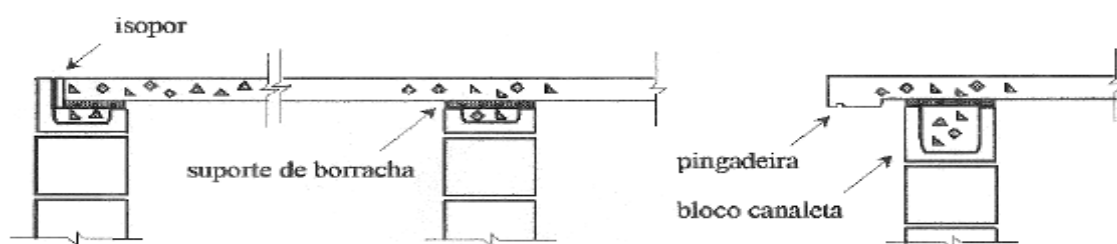


Figura 14: juntas deslizantes entre as paredes e as lajes de cobertura (VILATÓ; FRANCO, 1998 apud RICHTER, 2007, p. 50)

<sup>3</sup> Manual técnico de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos de uso interno de uma empresa de projeto e consultoria de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

## 6 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES PARA EVITAR OS EFEITOS TÉRMICOS DAS LAJES DE COBERTURA SOBRE AS ALVENARIAS

Nesse capítulo serão apresentadas as propostas técnicas de juntas deslizantes para lajes de cobertura de dois especialistas na área de projetos de alvenaria estrutural.

### 6.1 SOLUÇÕES DO ENGENHEIRO EVERARDO DA LUZ ANTUNEZ

Os detalhes apresentados nas figuras 15 a 18 são de autoria do projetista Everardo da Luz Antunez.

Na figura 15, é representada a cinta de respaldo com bloco U baixo em paredes externas com utilização de lajes maciças sem platibandas. Nesse tipo de projeto, para que ocorra o deslizamento da laje com a parede, é utilizado uma manta asfáltica com especificação de 9 mm. O projetista observou a necessidade de cortar o reboco na interface da alvenaria com a laje, ou seja, deixar a junta de trabalho à vista. Além do mais, é deixado em balanço de 5 cm a laje de cobertura em relação à parede para evitar infiltração, no local em que foi cortado o reboco.

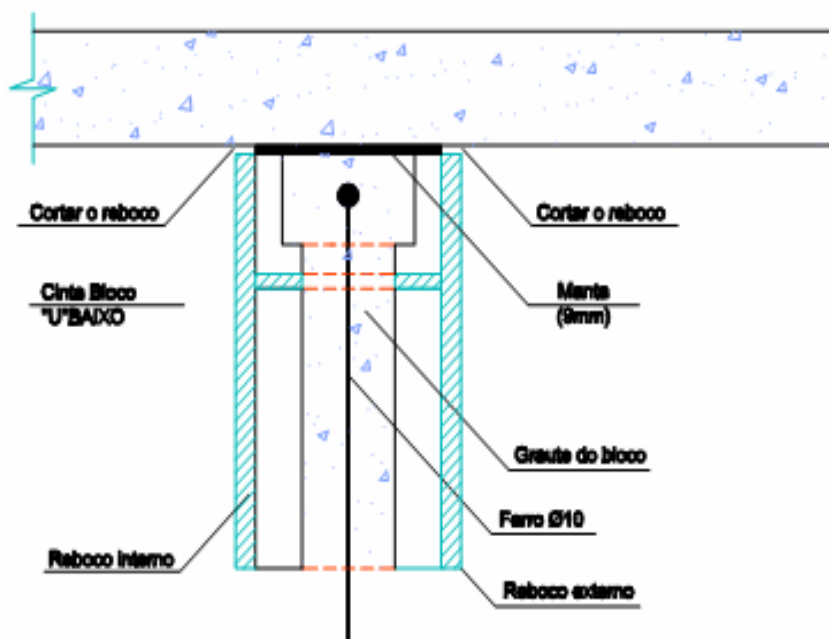


Figura 15: detalhe do apoio da última laje do beiral



Na figura 16, é mostrado o mesmo sistema da figura 15, correspondendo às mesmas especificações, porém para paredes internas, tendo que tomar cuidado na fissura aparente entre a laje e a parede nos dois lados da alvenaria.

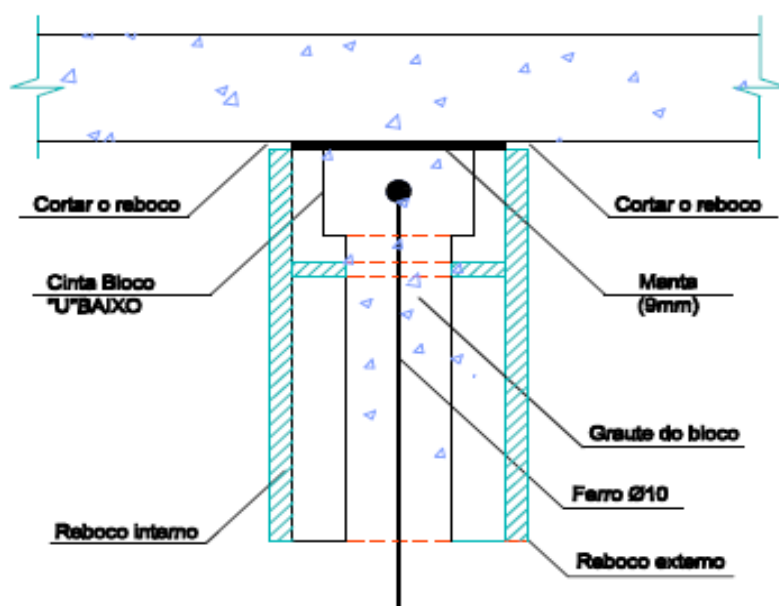


Figura 16: detalhe do apoio da laje sobre paredes internas

Na figura 17, é representado o cintamento com bloco U baixo em paredes externas. Nesse tipo de detalhamento é especificado também manta asfáltica de espessura 9 mm como junta deslizantes. Contudo, devido às empenas, é necessário utilizar uma argamassa de cimento e areia 1:4, para permitir o deslocamento horizontal da laje e o projetista enfatizou que não se deve usar o reboco como preenchimento. Ainda é salientada a necessidade de cortar o reboco e a tinta na interface entre laje e parede tanto na parte externa como na parte interna. Para evitar infiltrações nas juntas de trabalho da parte externa (corte do reboco e tinta), é recomendado utilizar uma algerosa metálica como está apresentado na figura 17.

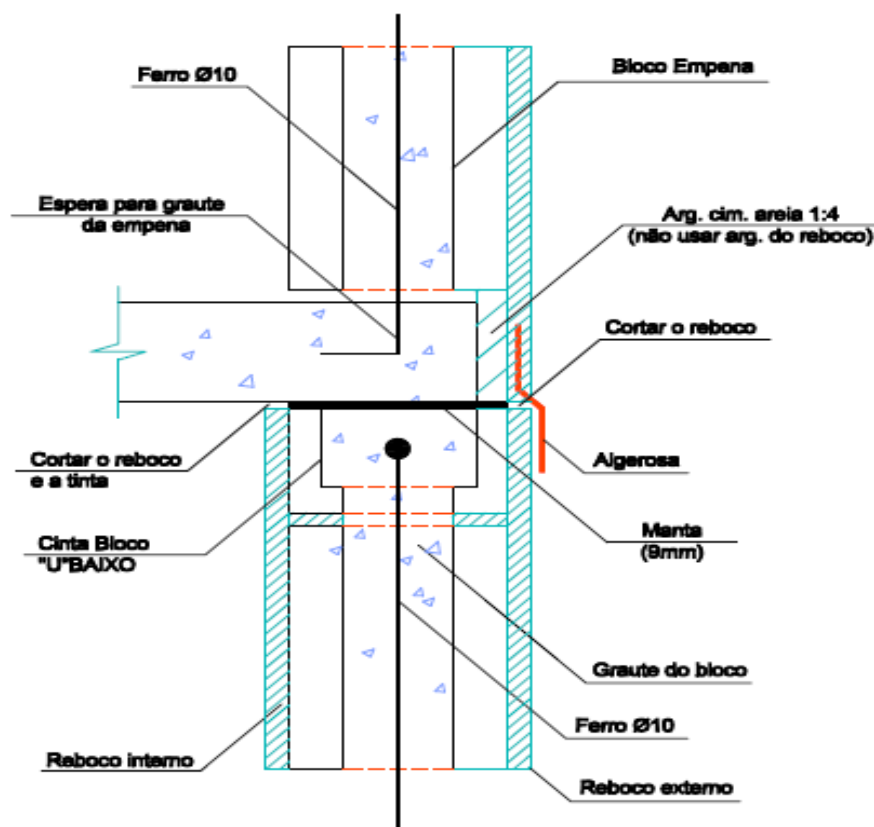


Figura 17: detalhe do apoio da última laje com empenas

Na figura 18, é representado o cintamento com blocos J. Nesse projeto, é especificado manta asfáltica com espessura de 9 mm para apoiar a laje e isopor de baixa densidade para permitir o deslocamento horizontal da mesma. Nesse detalhamento, o projetista indica a localização das possíveis trincas, porém é utilizada uma algerosa metálica na parte externa com dimensões especificadas, estando a mesma engastada com um parafuso metálico preenchido com silicone, a fim de evitar infiltrações futuras. É necessário também cortar o reboco e a tinta na parte interna da interface da laje e da parede como nos projetos anteriores. O projetista Everardo Antunez comentou também na entrevista que pode ser utilizado isopor de alta densidade como apoio da laje, ao invés das mantas asfálticas.

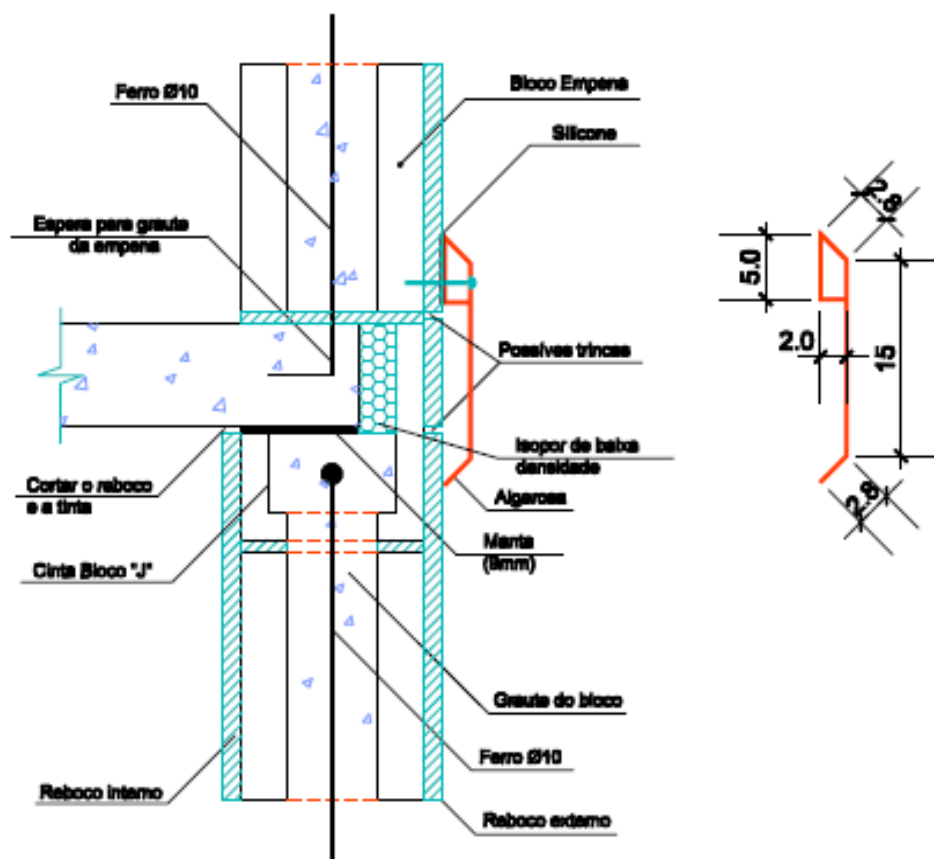


Figura 18: detalhe do apoio da última laje com empenas utilizando blocos J

## 6.2 SOLUÇÕES DO ENGENHEIRO MAURO JOEL FRIEDERICH DOS SANTOS

As soluções encontradas pelo Engenheiro Mauro Joel Friederich dos Santos são diferentes das encontradas pelo Engenheiro Everardo da Luz Antunez. O projetista utiliza dois tipos de detalhamento para laje de cobertura, um para lajes maciças e outro para lajes pré-fabricadas. Os detalhes apresentados nas figuras 19 a 22 são de sua autoria e do Engenheiro Marcus Daniel Friederich dos Santos.

Na figura 19, é representada a cinta de respaldo com blocos U, quando se utiliza lajes maciças. Nesse detalhe, é especificado duas camadas de mantas asfálticas aluminizadas de espessura 3 mm, intermediadas por uma camada de isopor. O projetista ainda salientou que o isopor que fica entre as mantas asfálticas aluminizadas, possibilitando, assim, maior deslizamento horizontal.

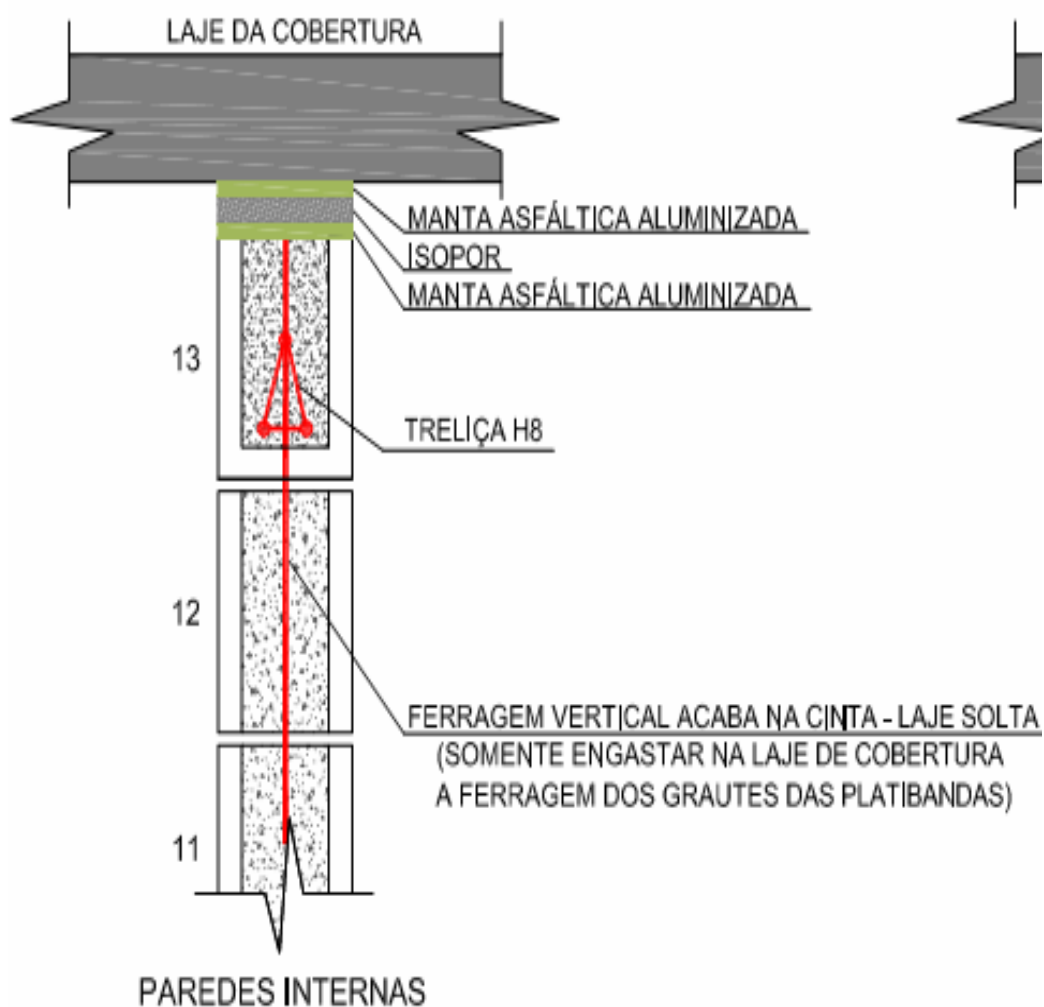


Figura 19: detalhe do apoio das lajes maciças em paredes internas

Na figura 20, é representada a cinta de respaldo com blocos U com a utilização de lajes maciças em paredes externas e platibanda. Nesse caso, é especificado a mesma solução das paredes internas, porém é deixado a laje em balanço de 5 cm e uma pingadeira para evitar infiltrações. O projetista ainda comentou que a platibanda é engastada pela laje, tornando uma estrutura independente da alvenaria.

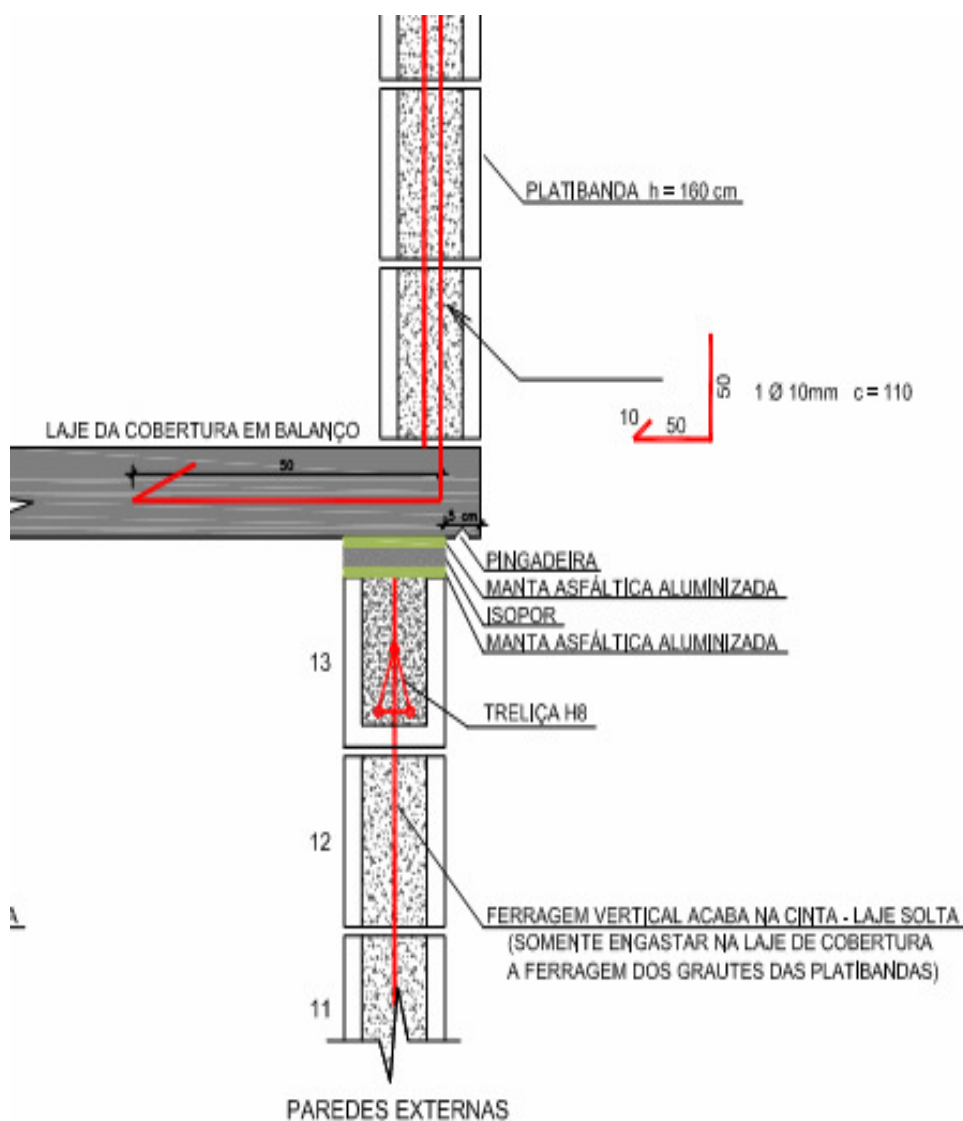


Figura 20: detalhe do apoio das lajes maciças em paredes externas

Na figura 21, é representada a cinta de respaldo com blocos U com a utilização de lajes pré-fabricadas em paredes internas. Nesse projeto, é especificado EPS de espessura de 10 a 15 mm de média densidade para dessolidarizar a laje da alvenaria.

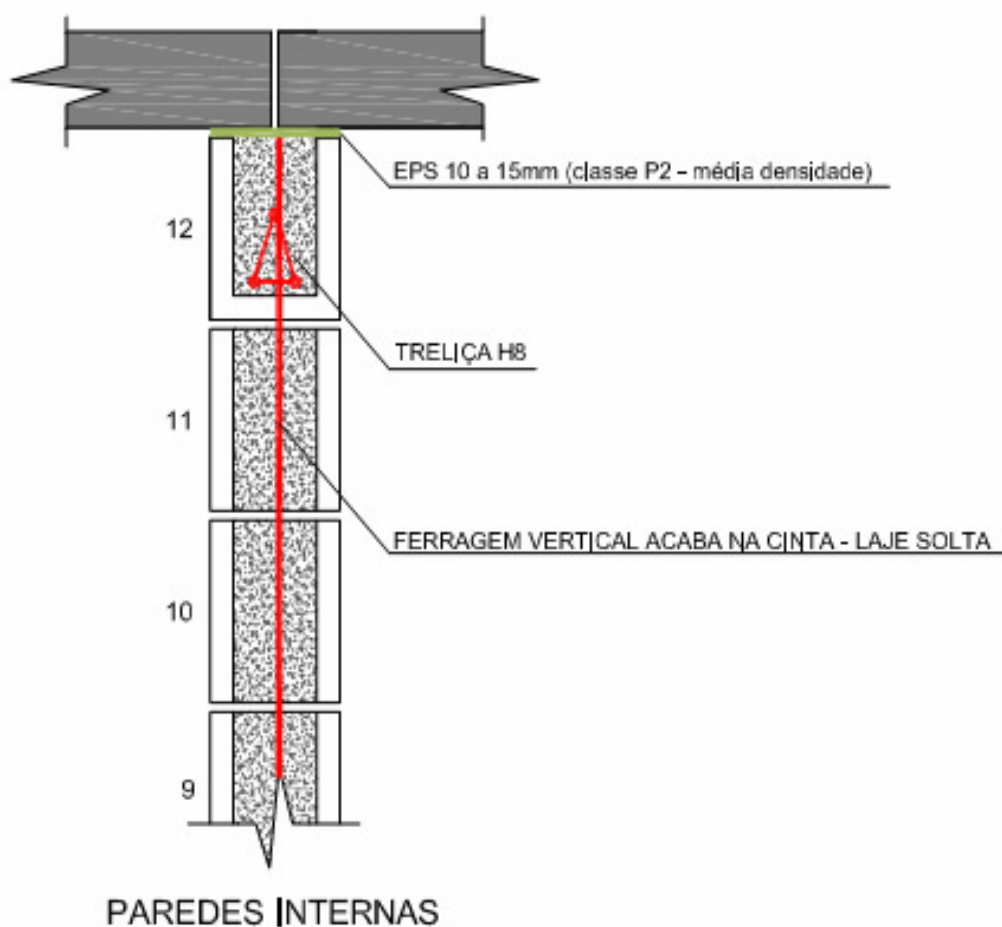


Figura 21: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes internas

Na figura 22, é representada a cinta de respaldo com blocos U com a utilização de lajes pré-fabricadas em paredes externas e platibandas. Nesse projeto, é especificado EPS de 10 a 15 mm de espessura de média densidade tanto para o deslocamento vertical como o horizontal da laje devido aos efeitos de dilatação e contração. Segundo o projeto, a ferragem vertical da alvenaria passa para a platibanda, tornando uma estrutura dependente, deixando apenas a laje independente do restante da edificação. Nesse caso, o fechamento da alvenaria externa é com

concreto, chamado de **palito** pelo projetista. Esse tipo de detalhamento, segundo o Engenheiro, foi projetado para se utilizar os mesmos tamanhos de lajes dos pavimentos tipos da laje de cobertura, visto que as fábricas de lajes oneram muito o custo para fabricar uma forma diferente apenas para a laje do último pavimento.

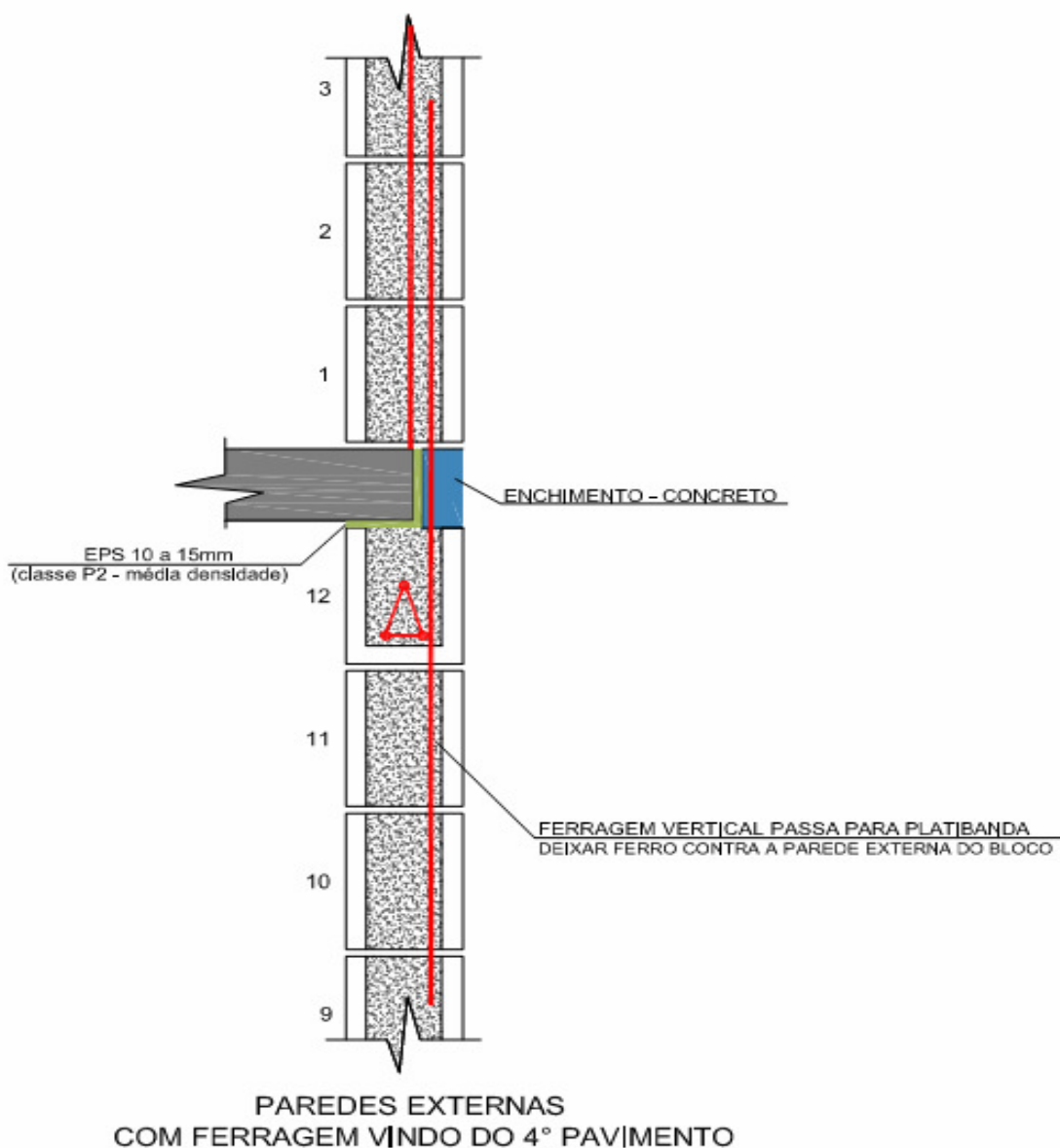


Figura 22: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes externas com ferragem vindo do 4º pavimento

Na figura 23, é representado um projeto similar ao da figura 22, entretanto a ferragem do graute vem da cinta de respaldo. Segundo o Engenheiro Mauro Joel Friederich dos Santos, utilizam esse sistema quando há platibandas baixas, ou seja, sem esforços significativos. É

questionável, no entanto, o aparecimento de uma fissura na junta entre o bloco 11 e a cinta de respaldo (bloco 12).

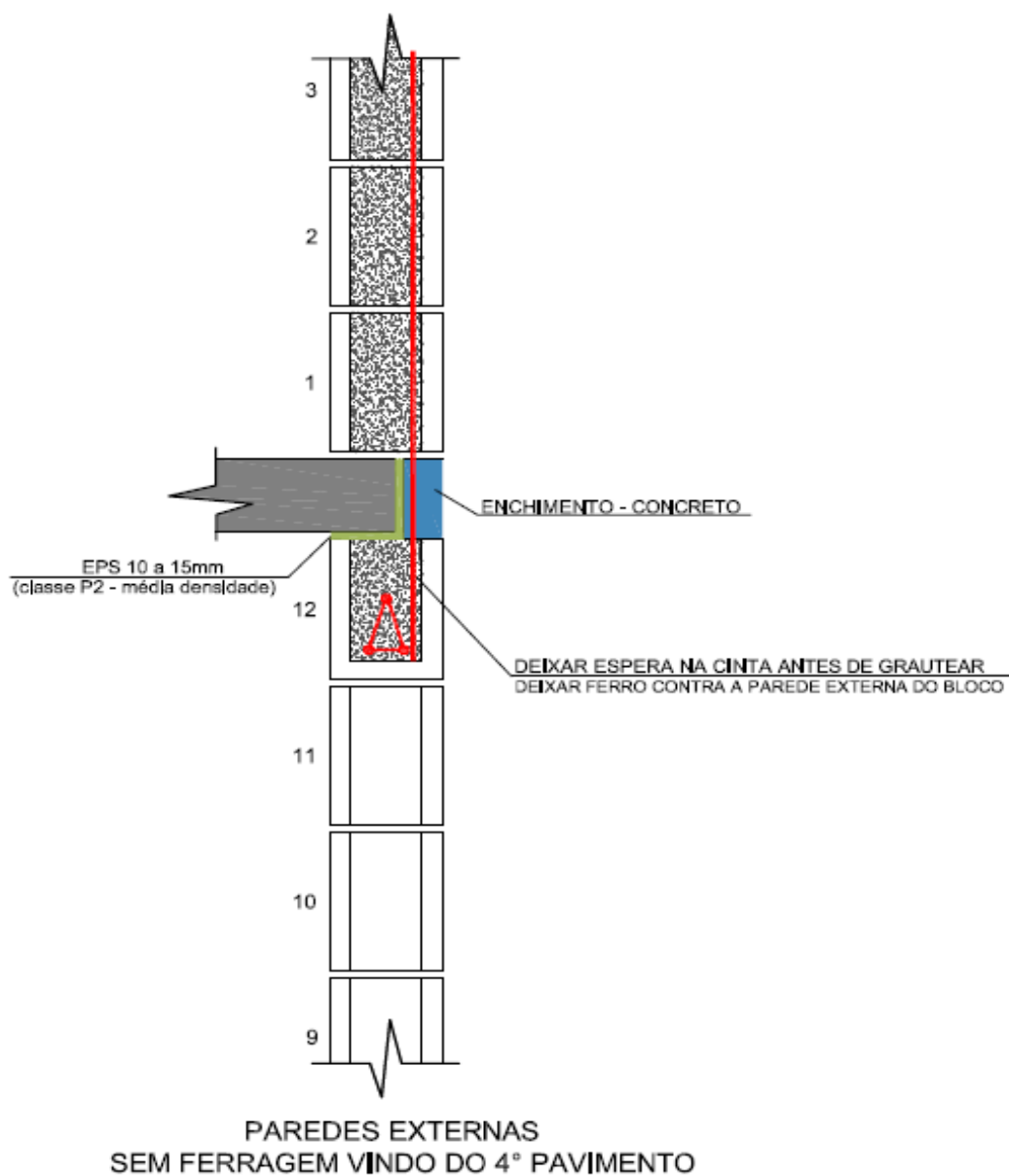


Figura 23: detalhe do apoio das lajes pré-fabricadas em paredes externas sem ferragem vindo do 4º pavimento



## 7 PROPOSTAS DE VENTILAÇÃO DOS ÁTICOS

Nesse capítulo são apresentadas, em fotos disponibilizadas e comentadas pela equipe de Engenheiros da CAIXA, as soluções encontradas por projetistas para ventilação dos áticos, a fim de amenizar o efeito térmico da laje de cobertura. Além do mais, é apresentado um projeto para solução da ventilação cruzada diferenciado do padrão utilizado nos empreendimentos populares.

Nas figuras 24 a 26, é apresentado o caso típico dos projetos de empreendimentos para população de baixa renda do programa PAR, em que são utilizados blocos estruturais virados para entrada do ar frio sobre a última laje e a saída do ar quente nas cumeeiras de lanternins. O engenheiro da CAIXA comentou na necessidade de utilizar telas metálicas para evitar a entrada de pássaros e morcegos.

Nas figuras 25 e 26, o técnico da CAIXA destacou a diferença do número de cumeeiras de lanternins utilizadas. Segundo o engenheiro, há um questionamento quanto ao número de lanternins e o tamanho das aberturas de entrada do ar frio para ter uma eficiência da ventilação cruzada.



Figura 24: ventilação cruzada típica dos empreendimentos do PAR  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)



Figura 25: cumeeiras de lanternins espaçadas  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)



Figura 26: cumeeiras de lanternins próximas  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2008)

Nas figuras 27 e 28, nas empenas do telhado são utilizadas venezianas de alumínio. Segundo o técnico da CAIXA, essa solução tem sido muito empregada nos empreendimentos do Programa Minha Casa Minha Vida. Cabe salientar ainda, na figura 28, a restauração da fissura típica em função da movimentação térmica da laje do último pavimento.



Figura 27: venezianas de alumínio nas empenas  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2008)



Figura 28: restauração da fissura da parede em função da laje de cobertura  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2008)

Nas figuras 29 a 32, são fotos tiradas do empreendimento Residencial Eduardo Prado, da construtora Dalmás, financiado pelo Programa Imóvel na Planta, em que se utilizou um projeto diferente dos demais do mesmo padrão. Conforme a figura 30, a obra possui manta sob a cobertura para melhorar o isolamento térmico, diminuindo, dessa forma, a variação térmica da laje de cobertura. Nesse caso, entretanto, é questionável a durabilidade dessa manta.

Nas figuras 30 e 31, é possível verificar a ventilação frontal junto ao beiral (entrada do ar frio) e na figura 29 a janela com veneziana de alumínio nas empenas do telhado também para a entrada do ar frio. Nas figuras 29 e 32, é possível visualizar um grande domo sobre os vãos das escadarias que servem para ventilação superior (saída do ar quente). Além disso, segundo o engenheiro da CAIXA, essas clarabóias ou domos de acrílico permitem uma iluminação da área condominial dos prédios.



Figura 29: Residencial Eduardo Prado  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)



Figura 30: manta sob telhado e ventilação frontal junto ao beiral  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)



Figura 31: ventilação frontal junto ao beiral  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)



Figura 32: clarabóia  
(CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007)

## 8 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como escopo a alvenaria estrutural como sistema construtivo racionalizado. Para isso, é indispensável e imprescindível um planejamento adequado com cumprimento de cada etapa de projeto para se edificar empreendimento, principalmente para população de baixa renda, sem desperdícios e retrabalhos.

Neste cenário, as fissuras de origem térmica são as patologias mais recorrentes nos empreendimentos financiados pela CAIXA, causando preocupações para os usuários tanto por questões estéticas como por questões estruturais, já que não há discernimento pelo usuário para verificar o grau de comprometimento estrutural da fissura, pois são leigos no assunto. Dessa forma, projetistas, construtores e a CAIXA se esforçam para encontrar soluções de evitar ou, ao menos, amenizar os efeitos da variação térmica nas alvenarias portantes.

Assim, isolar termicamente toda a cobertura com material de primeira, utilizar mantas asfálticas espessas e pintar o telhado com base seladora e de cor branca praticamente evitariam o efeito térmica da laje de cobertura nas alvenarias estruturais. Entretanto, o grande desafio dos projetistas de alvenaria estrutural é encontrar um equilíbrio entre a solução técnica e a sua viabilidade econômica, visto que os parâmetros econômicos dos empreendimentos para população de baixa renda são reduzidos e, em alguns programas como PAR e Minha Casa Minha vida de 0 a 3 salários mínimos, são fixados os valores de cada unidade habitacional pelo Governo Federal.

Quanto ao princípio dos detalhes de projetos das juntas deslizantes de apoio da última laje são de origem das pontes, em que se utilizam mantas asfálticas e neopreme para permitir a deformabilidade das mesmas. Na bibliografia, no entanto, encontraram-se poucos detalhes. Buscou-se, então, coletar dados e projetos de dois projetistas indicados pela CAIXA. Verificou-se que cada profissional tem a sua técnica para cada situação de projeto e tipo de laje empregada na edificação.

Cabe salientar também, a necessidade da ventilação cruzada dos áticos, para amenizar o aquecimento da massa de ar que se forma no telhado. Há diversas formas econômicas de

utilizar esse sistema conforme apresentado no trabalho, sendo muito utilizado nos empreendimentos que empregam alvenaria estrutural.

O desafio é, portanto, que a alvenaria estrutural ganhe cada vez mais espaço no mercado como sistema construtivo. Para isso, é preciso superar as manifestações patológicas intrínsecas do sistema, como, por exemplo, a fissura horizontal da parede em função das movimentações térmicas da laje de cobertura.



## REFERÊNCIAS

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2008.

COÊLHO, R. S. A. **Alvenaria estrutural**. São Luís: Editora da UEMA, 1998.

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

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

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

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

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda**: uma análise da confiabilidade e da conformidade. 2007. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**: requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edifícios em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília: Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano, Caixa Econômica Federal, 2003.

SOUZA, R. **Sistema de gestão para empresas de incorporação imobiliária**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

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

THOMAZ, E. ; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000. Boletim técnico PCC/252.