UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E DIAGNÓSTICO

LEANDRO BERNARDO SILVA

JUIZ DE FORA
2013

LEANDRO BERNARDO SILVA

PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E DIAGNÓSTICO

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de Conhecimento: Construção Civil

Orientadora: Thaís Mayra de Oliveira, D. Sc., Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2013

PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL: CAUSAS E DIAGNÓSTICO

LEANDRO BERNARDO SILVA

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o Artigo 9º do Capítulo IV das Normas de Trabalho Final de Curso estabelecidas pelo Colegiado do Curso de Engenharia Civil, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Aprovado em: 25 de Março de 2013

Por:

_____

Prof.ª Thaís Mayra de Oliveira - D. Sc. - Orientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Prof. Antonio Eduardo Polisseni - D. Sc.

Universidade Federal de Juiz de Fora

_____

Prof.ª Juliane Cristina Gonçalves - D. Sc

Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o meu grande Amigo, que tem me sustentado durante estes anos. Ao meu pai (in memoriam), o grande professor, pelo incentivo, por me fazer acreditar, que os sonhos podem se tornar realidade. À minha mãe pelo carinho, pelo amor, e ensinos durante estes vários anos. Ao meu irmão Daniel pelo apoio e por sonhar comigo. À minha namorada Thayna, pelo carinho, pelas palavras de estimulo, pela paciência. À professora Thaís pelo tempo, e dedicação disponibilizados durante a elaboração deste trabalho. Ao professor Polisseni e a professora Juliane pela motivação. Aos demais professores pelo vasto conhecimento adquirido durante estes anos de graduação. Aos inúmeros amigos da Faculdade de Engenharia, que certamente ficaram guardados em minha memória, pelos risos, pelas palavras de incentivo e companheirismo.

RESUMO

A construção civil está sofrendo um grande crescimento nos últimos anos, e existe um grande avanço nas técnicas construtivas, as edificações já não são mais tão simples como nos primórdios. No Brasil este aquecimento se deve ao reflexo tanto de criação de programas sociais - entre eles o Minha Casa, Minha Vida, como da ampliação da oferta de crédito. Neste cenário surgem as edificações em alvenaria estrutural, cada vez, mais presentes nos canteiros de obra. Porém, algumas patologias como as fissuras causadas principalmente devido a recalque de fundação, sobrecarga de carregamento, variações térmicas, reações químicas, retração ainda assombram as edificações. As fissuras podem assumir diversas configurações, e são provenientes da falta de compatibilização entre projetos, uso de materiais de qualidade duvidosa, falta de controle adequada dos serviços, omissão de algumas especificações do projeto e falta de comprimento da normalização. Este tipo de patologia bastante comum nas edificações pode interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da construção. As fissuras representam sintomas de algum problema que está ocorrendo na edificação, que pode ser de natureza simples, ou aviso de uma situação mais complexa. Consequentemente altera o desempenho das construções causando transtornos psicológicos, econômicos e certamente frustrando as expectativas do usuário. Neste trabalho foi feito uma pesquisa bibliográfica dos principais detalhes construtivos das edificações de alvenaria estrutural com o intuito de evitar a ocorrência das patologias. Além disso, houve uma abordagem das principais causas de fissuras e suas configurações típicas.

Palavras - chave: alvenaria estrutural; causas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pirâmides de Gisé, Basílica de Santa Sofia e Coliseu (FREITAS (2007)) 12
Figura 2 - Edifício Monadnock no Chicago (HOLABIRD e ROCHE (1983)) 13
Figura 3 - Condomínio Central Parque (a) e Edifício Jardim Prudência (b) (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2013)) 14
Figura 4 - Fluxo das ações em edificação com alvenaria de vedação (ALVA (2007)) 17
Figura 5 - Alvenaria de vedação tradicional (PAULUZZI (2013)) 18
Figura 6 - Alvenaria de vedação racionalizada (PAULUZZI (2013)) 18
Figura 7 - Bloco de concreto, Bloco de cerâmica e Bloco de silico-calcáreas (CASA ABRIL (2006)) 20
Figura 8 - Argamassa de assentamento (FREITAS (2007)) 21
Figura 9 - Interação entre argamassa de assentamento e alvenaria (adaptada de GALLEGOS (1989)) 22
Figura 10 - Grauteamento da alvenaria (RIVERS (2008)) 23
Figura 11 - Armadura vertical e horizontal (TAULI e NESSE (2010)) 23
Figura 12 - Modelos de prismas que podem ser utilizados experimentalmente (SANTOS (2008)) 24
Figura 13 - Ensaio de parede com os principais elementos utilizados no ensaio (MOREIRA (2007)) 25
Figura 14 - Sistemas estruturais: (a) lajes armadas em uma direção, (b) lajes armadas em cruz, (c) laje complexa (RAMALHO e CORRÊA (2007)) 27
Figura 15 - Ação do vento na estrutura (HENDRY *et al* (1997)) 29
Figura 16 - Força horizontal equivalente ao desaprumo (RAMALHO e CORRÊA (2007)) 30
Figura 17 - Resistência da alvenaria para diferentes argamassas (CAMACHO (2006)) 31
Figura 18 - Amarrações das unidades (ROMAN *et al* (2003)) 34
Figura 19 - Shafts na edificação (PAULUZZI (2013)) 36
Figura 20 - Retirada de excesso de argamassa com colher de pedreiro (RIVERS (2012)) 39
Figura 21 - Aplicação de argamassa com palheta (EQUIPAOBRA (2013)) 39
Figura 22 - Aplicação de argamassa com bisnaga (PRISMA (2012)) 40

Figura 23 - Esticador de linha (ROMAN *et al* (2002))....40
Figura 24 - Fio traçante (SCANMETAL (2013))....40
Figura 25 - Argamassadeira metálica (SCANMETAL (2013))....41
Figura 26 - Régua de prumo e de nivel (EQUIPAOBRA (2013))....41
Figura 27 - Esquadro (SCANMETAL (2013))....42
Figura 28 - Escantilhão (SCANMETAL (2013))....42
Figura 29 - Nível Alemão (ROMAN *et al* (2002))....43
Figura 30 - Nível a laser (BOSCH (2013))....43
Figura 31 - Andaime metálico (EQUIPAOBRA (2013))....44
Figura 32 - Verificação do esquadro (ABCP (2010))....45
Figura 33 - Elevação da alvenaria utilizando castelo como referência (PRUDÊNCIO *et al* (2002))....46
Figura 34 - Espessura das juntas (a) falta de prumo (b) e falta de alinhamento (c)(NBR 15812-2(2010))....47
Figura 35 - Preenchimento de juntas de forma inadequada (POZZOBON (2003))....49
Figura 36 - Falta de prumo (SOUZA (2011))....50
Figura 37 - Cortes posteriores na alvenaria (SOUZA (2011))....50
Figura 38 - Grauteamento incorreto (SOUZA (2011))....51
Figura 39 - Configurações típicas das fissuras (SAMPAIO (2010))....53
Figura 40 - Recalque diferencial, distorção angular ou rotação relativa (RIBEIRO (2012))....55
Figura 41 - Distorções angulares limites (COLARES (2006))....55
Figura 42 - Fissuras devido a recalque de fundação (adaptada de OSVALDO e RAMALHO (2008))....57
Figura 43 - Fissuras devido ao recalque de fundação (ALEXANDRE (2008))....58
Figura 44 - Fissuras verticais devido à sobrecarga de carregamento (SAMPAIO (2010))....59
Figura 45 - Fissuras inclinadas (THOMAZ e HELENE (2000))....59
Figura 46 - Fissura inclinada provenientes de carga concentrada (THOMAZ (1990))....60
Figura 47 - Fissura causada por deformação na laje (SAMPAIO (2010))....60
Figura 48 - Formação de fissuras horizontais devido à variação de temperatura (SAMPAIO (2010))....62

Figura 49 - Fissuras horizontais sem inclinação (a), e com inclinação (b) (MAGALHÃES (2004)) 63
Figura 50 - Fissura inclinada a 45° proveniente de variação térmica da laje (DUARTE (1998)).....63
Figura 51 - Fissura devido à hidratação retardada de cales (MARCELLI (2007)).....64
Figura 52 - Configurações típicas de ataques por reações químicas (RICHTER (2007)).....65
Figura 53 - Fissura na base da alvenaria por retração da laje e expansão da alvenaria (MAGALHÃES (2004)).....66
Figura 54 - Configurações típicas devido à retração (ALEXANDRE (2008)).....67
Figura 55 - Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa (SAMPAIO (2010)) 67

LISTA DE SIGLAS

NEPAE - Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural
GDA - Grupo de Desenvolvimento em Alvenaria
CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia
ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas

LISTA DE SÍMBOLOS

Vk - velocidade característica do vento

Vo - velocidade básica do vento

S1 - fator topográfico

S2 - fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação, ou porte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno;

S3 - fator baseado em conceitos probabilísticos.

q - pressão dinâmica do vento

Fv - força do vento

Ca - coeficiente de arrasto;

Ae - área da projeção ortogonal da edificação.

φ - ângulo de desaprumo em radianos

H - altura da edificação em metros

Fd - força de desaprumo

ΔP - peso total do pavimento considerado

β - distorção angular

δ - razão entre o recalque diferencial entre dois pilares

L - distância entre os seus centros entre dois pilares

SUMÁRIO

1 - Introdução 12
1.1- Breve histórico 12
1.2 - Estrutura da pesquisa 15
2- ALVENARIA ESTRUTURAL 16
2.1- Considerações iniciais 16
2.2 - Alvenaria de vedação 16
2.3- Alvenaria estrutural 19
2.3.1- Componentes da alvenaria estrutural 19
2.3.1.1- Unidades 19
2.3.1.2 - Argamassa 21
2.3.1.3 - Graute 22
2.3.1.4 - Armaduras 23
2.3.1.5 - Ensaios de compressão axial 24
2.3.1.5.1 – Ensaios em prisma 24
2.3.1.5.1 – Ensaio em parede 25
2.3.2 - Comportamento da estrutura de alvenaria 26
2.3.2.1 - Ações 26
2.3.2.2 - Cargas Verticais 27
2.3.2.3 - Cargas Horizontais 27
2.3.2.3.1 - Ações do vento 28
2.3.2.3.2 - Desaprumo 29
2.3.2.2 Fatores que afetam a resistência da alvenaria durante as ações 30
3- PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL 33
3.1- Considerações iniciais 33
3.2- Modulação 33
3.3 - Projeto Arquitetônico 34
3.4 - Projeto Hidrossanitário 35
3.5 - Projeto Elétrico 36
3.6 - Compatibilização 37
3.7 - Execução de obra em alvenaria estrutural 38

3.7.1 - Ferramentas 38
3.7.2 - Marcação e execução da alvenaria 44
3.7.2.1 - Procedimentos Preliminares 44
3.7.2.2 - Marcação da primeira fiada 45
3.7.2.3 - Elevação da alvenaria 45
3.7.2.4 - Falhas construtivas 48
3.7.2.4.2 - Desaprumo 49
3.7.2.4.3 - Cortes na alvenaria 50
3.7.2.4.5 - Ausência de ferramentas adequadas 51
4- PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL 52
4.1- Considerações iniciais 52
4.2 - Mecanismos de formação de fissuras e classificação das fissuras 52
4.4 - Classificações das fissuras quanto às causas 54
4.4.1- Recalque de fundação 54
4.4.2 - Sobrecarga de carregamento 58
4.2.3- Variação Térmica 60
4.2.4- Reações químicas 63
4.2.5 - Retração 65
5- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 68
6- REFERÊNCIAS 70

1 - INTRODUÇÃO

1.1- Breve histórico

A alvenaria estrutural é um dos mais antigos sistemas construtivos utilizados pela humanidade. Até o inicio do século XX as alvenarias foram executadas de forma empírica e apresentavam grandes espessuras devidas a falta de conhecimento das características resistentes dos materiais, e de procedimentos racionais de cálculo (SAMPAIO (2010)). Algumas obras importantes como a Pirâmides de Gisé, o Coliseu, Basílica de Santa Sofia (Figura 1) chamam a atenção pelas suas dimensões.



Figura 1 - Pirâmides de Gisé, Basílica de Santa Sofia e Coliseu (FREITAS (2007))

Outra edificação marcante é o edifício Monadnock no Chicago (Figura 2), que foi construído entre 1889 e 1891, que possui 65 metros de altura e alvenarias com 1,80m de espessura no térreo (FREITA (2007)). De acordo com SILVA (2004)

se este edifício fosse calculado hoje, empregando os mesmos materiais, as paredes resistentes do térreo teriam apenas 30 cm de espessura.



Figura 2 - Edifício Monadnock no Chicago (HOLABIRD e ROCHE (1983))

Em 1933, houve o terremoto de Long Beach na Califórnia, e o uso da alvenaria simples (não armada) foi proibido nos Estados Unidos, nas regiões sujeitas a abalos sísmicos. Logo, começou a surgir os primeiros conceitos teóricos sobre alvenaria armada (SILVA (2004)).

No ano de 1950 o empirismo predominante no dimensionamento das edificações entra em decadência, as pesquisas começaram a trazer parâmetros e surgem cálculos mais racionais, principalmente na Suíça (ROMAN e FILHO (2007)).

Entre 1960 e 1970 houve intensas investigações experimentais e aperfeiçoamento de modelos matemáticos de cálculo propostos, com o intuito de obter projetos resistentes não só a carga estática e dinâmicas de vento e sismos, mas também devido a explosões (PAULUZZI (2013)).

No Brasil os primeiros edifícios em alvenaria estrutural armada foram construídos em São Paulo em 1966, no Condomínio Central Parque em São Paulo (Figura 3.a) com apenas 4 pavimentos, apresentando blocos de concreto com 19 cm de espessura. Em 1977 também em São Paulo, foi construído o primeiro edifício em alvenaria estrutural, conhecido como Edifício Jardim Prudência (Figura 1.b), que possui 9 pavimentos concebidas com blocos silico-calcários de 24 cm (SILVA (2004)). Segundo RICHTER (2007) apesar da chegada tardia deste processo

construtivo no Brasil, a alvenaria estrutural acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edifícios residenciais e industriais.

Atualmente devido ao surgimento de centros de pesquisas a alvenaria estrutural está se tornando um processo construtivo eficiente e racional. No Brasil existe importantes centros como NEPAE (Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural), GDA (Grupo de Desenvolvimento e Pesquisa da Alvenaria Estrutural) e o CIENTEC (Fundação de Ciência e Tecnologia).

Alguns países como Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha já atingiram níveis de cálculo, controle e execução similares aos aplicados nas estruturas de aço e concreto armado (PAULUZZI (2013)).



Central Parque da Lapa

(a)



Edifício Jardim Prudência

(b)

Figura 3 - Condomínio Central Parque (a) e Edifício Jardim Prudência (b)
(COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2013))

Dentro deste contexto tem-se como objetivo deste trabalho estudar os principais detalhes construtivos das edificações de alvenaria estrutural. Analisando as recomendações técnicas para a sua execução. Destacar as principais causas de fissuras e suas configurações típicas, adotando as bibliografias analisadas.

1.2 - Estrutura da pesquisa

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução composta pela evolução da alvenaria estrutural como um sistema construtivo ascendente. O capítulo dois se refere ao estudo dos componentes da alvenaria estrutural, comportamento da estrutura e fatores que afetam a resistência da alvenaria durante as ações. O terceiro capítulo está voltado para o alguns conceitos que devem ser considerados na concepção do projeto e sua execução. O capitulo quatro destaca os mecanismos de formação de fissuras, classificação das fissuras, principais causas e configurações típicas. No capítulo cinco há algumas conclusões e recomendações para trabalhos futuros. No sexto há as referências analisadas.

2- ALVENARIA ESTRUTURAL

2.1- Considerações iniciais

Segundo TAULI e NESSE (2010) alvenaria é o conjunto de peças justapostas colocadas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Este conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes.

AZEREDO (1997) define alvenaria como toda obra constituída de pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto, ligados ou não por meio de argamassas, que comumente deve oferecer condições de resistência, durabilidade e impermeabilidade.

As alvenarias se classificam em alvenaria de vedação ou alvenaria estrutural.

2.2 - Alvenaria de vedação

De acordo com MILITO (2009) quando a alvenaria não é dimensionada para resistir cargas verticais além do seu próprio peso ela pode ser classificada como alvenaria de vedação.

Os principais elementos da alvenaria de vedação são: bloco (ou tijolo), argamassa, coxim, verga e contraverga. Estes elementos não precisam possuir resistências elevadas, pois a sobrecarga da edificação é distribuída nos pilares, vigas, lajes e fundações (Figura 4). Por isso, as alvenarias de vedação são conhecidas também como alvenaria não-portantes, ou seja, sem funções estruturais.

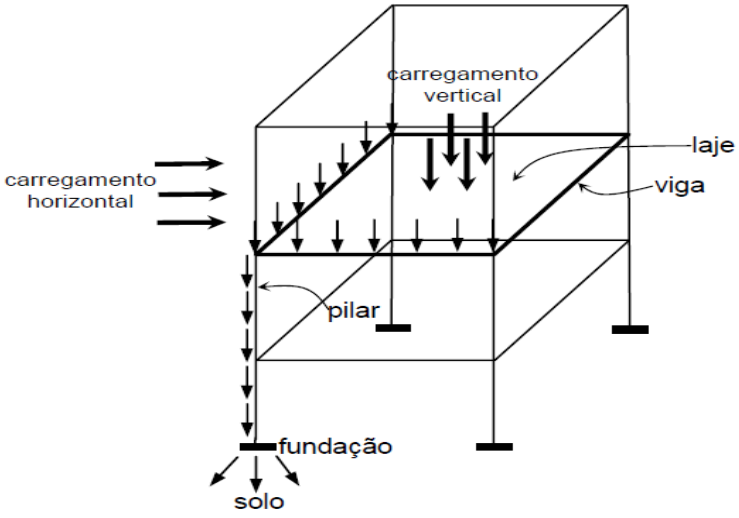


Figura 4 - Fluxo das ações em edificação com alvenaria de vedação (ALVA (2007))

Normalmente o fechamento das paredes é feito com blocos de concreto ou cerâmico. A NBR 6136 (2007) restringe a resistência característica mínima à compressão dos blocos de vedação a 2,5 MPa. Já a NBR 15270 (2005) exige uma resistência característica mínima à compressão dos blocos cerâmicos de 1,5 MPa para blocos usados com furos na horizontal e 3 MPa para blocos usados com furos na vertical. No entanto, apesar de não possuir função estrutural este tipo de alvenaria recebe cargas acidentais devido à deformação da estrutura de concreto, recalque de fundação, movimentação térmica, etc.

Com relação ao assentamento dos blocos algumas construtoras descobriram que as metodologias da racionalização ajudam a reduzir os problemas construtivos e ainda permite ganhos de produtividade e qualidade (CASADO (2010)). Reduzindo os custos e prazos na construção civil. Portanto, a alvenarias de vedação podem ser classificadas em tradicional ou racionalizadas.

A alvenaria de vedação executada de forma tradicional (Figura 5) é caracterizada por elevados desperdícios, adoção de soluções construtivas no próprio canteiro de obras (no momento da realização do serviço), ausências de fiscalização dos serviços, deficiente padronização do processo de produção e a ausência de planejamento.



Figura 5 - Alvenaria de vedação tradicional (PAULUZZI (2013))

Já alvenaria de vedação executada de forma racionalizada (Figura 6) se caracteriza pelo uso de blocos de melhor qualidade; projeto e planejamento da produção; treinamento da mão-de-obra; uso de blocos compensadores (evitar quebra); redução do desperdício de materiais e melhoria nas condições de organização do canteiro (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO (2013)).



Figura 6 - Alvenaria de vedação racionalizada (PAULUZZI (2013))

2.3- Alvenaria estrutural

De acordo com SAMPAIO (2010) a alvenaria estrutural é um processo construtivo no qual os elementos que desempenham a função estrutural são a própria alvenaria, dispensando o uso de pilares e vigas, o que acarreta redução de custos. Entretanto, para CAMACHO (2006) alvenaria estrutural é um processo construtivo no qual, os elementos que desempenham a função estrutural são de alvenaria, sendo os mesmos projetados, dimensionados e executados de forma racional.

ROMAN e FILHO (2007) destacam a alvenaria estrutural como um processo construtivo em que as paredes de alvenaria e as lajes enrijecedoras funcionam estruturalmente em substituição aos pilares e vigas utilizados nos processos construtivos tradicionais, sendo dimensionado segundo métodos de cálculos racionais e de confiabilidade determinável.

2.3.1- Componentes da alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é composta de blocos (ou unidades); argamassa; graute e armadura. Durante a elaboração da estrutura é comum o uso de elementos pré-fabricados tais como vergas, contravergas, coxim, escadas, etc.

2.3.1.1- Unidades

Os blocos são os componentes básicos da estrutura, estas unidades têm como principal responsabilidade garantir as características de resistência da estrutura.

Este material pode ser de concreto, cerâmica ou silico-calcáreas (Figura 7). Além disso, pode possuir forma vazada ou maciça. Este tipo de classificação se baseia na porcentagem de vazios. Os blocos maciços possuem no máximo 25% da sua área total formada por vazios, enquanto os blocos vazados possuem uma área superior a este valor. Os vazios possibilitam a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas, e permite a colocação de graute para fixação das armaduras na estrutura.

As unidades mais utilizadas no Brasil para edificações de alvenaria estrutural são, em ordem decrescente de utilização: unidades de concreto, unidades de cerâmica e unidade sílico-calcáreas (RAMALHO e CORRÊA (2007)). Este fato se deve a algumas vantagens do bloco de concreto em relação às outras unidades.

Como esta unidade é fabricada em fôrma de aço, existe uma maior precisão dimensional em sua fabricação, além disso, o concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta da argamassa, isto aproxima a resistência da alvenaria à do bloco.

O gesso também pode ser aplicado diretamente sobre esta unidade na fase de acabamento da estrutura. Outro fator relevante é o índice de propagação de incêndio, que é bem menor quando comparado com os outros materiais. Isto se deve a alta densidade especifica deste material.

Já os blocos cerâmicos garantem maior conforto termo acústicos aos usuários da edificação, além disso, são mais leves. Isto reduz de forma significativa os gastos com fundação. Os blocos sílico-calcário são bastante utilizados na Europa, onde existe uma maior preocupação com o isolamento térmico da estrutura.



Figura 7 - Bloco de concreto, Bloco de cerâmica e Bloco de silico-calcáreas (CASA ABRIL (2006))

A NBR 6136 (2007) estabelece uma resistência característica mínima de 4,5 MPa para os blocos de concreto sujeitos à compressão. Já a NBR 15961-1 (2011) delimita esta resistência a no mínimo 4 MPa para os blocos cerâmicos. E a NBR 14974 (2003) ressalta, que a resistência dos blocos sílico-calcários deve ser de no mínimo 4,5 MPa.

A resistência à compressão dos blocos varia internacionalmente entre 14 a 60 MPa. Porém, no Brasil as unidades fabricadas ainda apresentam resistências de 6 a 20 MPa (RICHTER(2007)). Deve-se salientar que os blocos devem apresentar homogeneidade na textura e na tonalidade, e não apresentar diferenças perceptíveis entre o peso. Além disso, o material deve ser uniforme, ter cantos vivos e ângulos retos.

2.3.1.2 - Argamassa

A argamassa é composta de areia, cimento, cal e água, e em alguns casos por aditivos visando a melhoria de suas propriedades. E tem como função básica solidarizar as unidades (Figura 8). Além disso, deve evitar a entrada de água e vento nas edificações, absorver pequenas deformações, e transmitir de forma uniforme as tensões entre os blocos da estrutura.



Figura 8 - Argamassa de assentamento (FREITAS (2007))

Como a argamassa trabalha como um material ligante deve possuir certa trabalhabilidade. Além disso, deve apresentar uma capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com os blocos de elevada absorção inicial, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela perda de água para a unidade.

A Figura 9 esclarece esta interação entre argamassa de assentamento e a alvenaria. É importante destacar, que a alvenaria deve possuir capacidade de desenvolver resistência suficiente para absorver os esforços que possam atuar na parede logo após o assentamento.

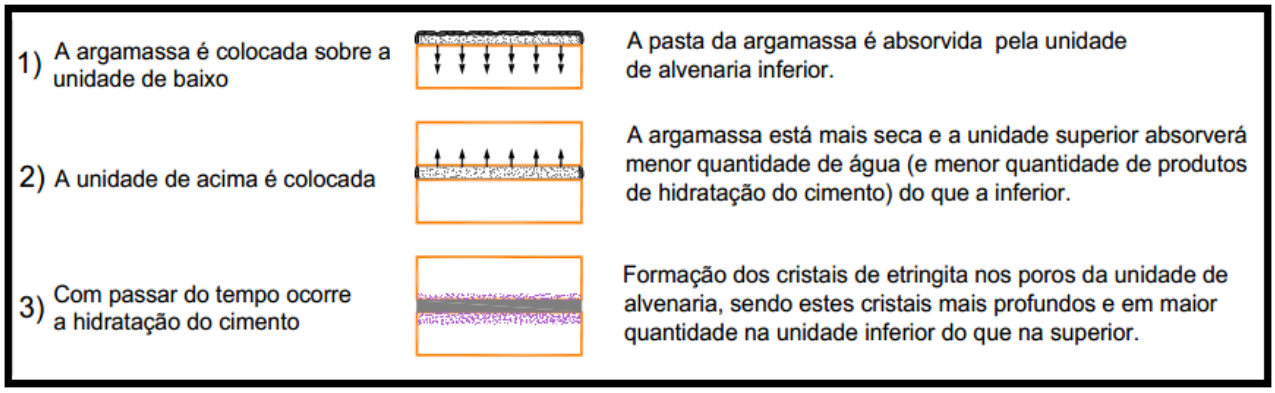


Figura 9 - Interação entre argamassa de assentamento e alvenaria (adaptada de GALLEGOS (1989))

A argamassa pode ser originada da indústria ou preparada na própria obra. A argamassa industrializada já vem pré-misturada e é vendida comercialmente em sacos ou em granel. Tem como principal vantagem possuir suas propriedades asseguradas pelo fabricante. No entanto, necessita de cuidados em sua manipulação, a quantidade de água utilizada deve seguir rigorosamente as especificações do fabricante. Já a argamassa fabricada na própria obra tem como vantagem o baixo custo em relação à industrializada. Porém, é muito susceptível a problemas relacionados a dosagem e pode ser contaminada por impureza presentes na obra.

2.3.1.3 - Graute

O grauteamento é uma das técnicas mais utilizadas no reforço de alvenaria estrutural. Através do preenchimento dos vazios dos blocos tem-se um aumento da resistência da parede aos esforços de flexão, cisalhamento e compressão (Figura 10). Ele tem ainda a finalidade de solidarizar as unidades com as eventuais armaduras distribuídas em seus vazios. (SAMPAIO (2010)).

Segundo RITCHER (2007) o graute consiste em um concreto fino (micro-concreto), formado de cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm), devendo apresentar como característica alta fluidez de modo a preencher adequadamente os vazios dos blocos onde serão lançados.

De acordo com a NBR 15961-1 (2011) a resistência característica do graute deve ser maior ou igual a duas vezes a resistência característica do bloco.

RIVERS (2008) afirma que a resistência à compressão do graute deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa.



Figura 10 - Grauteamento da alvenaria (RIVERS (2008))

2.3.1.4 - Armaduras

As armaduras são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado e possuem a finalidade de aumentar a resistência da estrutura aos esforços de tração, ou compressão. Elas são utilizadas verticalmente nos blocos, ou horizontalmente nas vergas, contra-vergas, e canaletas (Figura 11). As suas disposições devem estar rigorosamente especificada no projeto estrutural (RAMALHO e CORRÊA (2007)).

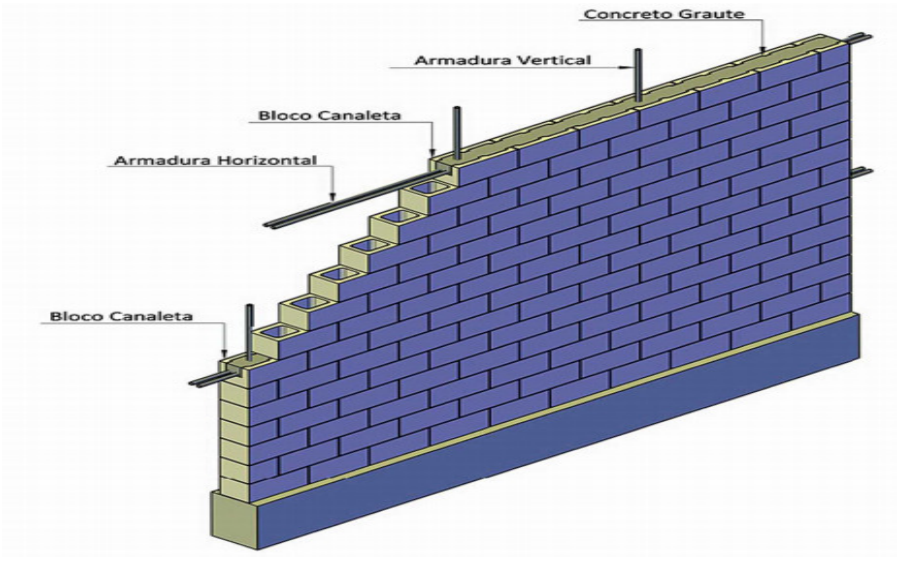


Figura 11 - Armadura vertical e horizontal (TAULI e NESSE (2010))

2.3.1.5 - Ensaios de compressão axial

A alvenaria, ao desempenhar a função estrutural de uma edificação, se encontra submetida a um conjunto de solicitações. Porém, é fundamentalmente solicitada à compressão, por isso existe uma natural concentração de interesse neste tipo de solicitação. A resistência à compressão axial da alvenaria pode ser determinada principalmente através do ensaio de prismas ou paredes , sendo mais comum a utilização de prismas devido ao elevado custo dos ensaios de paredes.

2.3.1.5.1 - Ensaios em prisma

O prisma define-se como a justaposição de dois ou mais blocos, unidos por juntas de argamassa com espessura de 10$\pm$3mm de espessura (Figura 12). Pode ou não ser grauteado, suas dimensões e procedimentos de ensaios estão descritos na NBR 15961- 2 (2011).

Os resultados deste procedimento são utilizados em cálculos estruturais, e representam de forma satisfatória as condições encontradas na alvenaria estrutural (CARVALHO (2008)). PRUDÊNCIO (1986) afirma que este tipo de ensaio conduz à obtenção de valores mais precisos e mais conservadores. De acordo com RAMALHO e CORRÊA (2007) a resistência do prisma é sempre maior que a da parede devido ao aumento de juntas horizontais, e verticais (não presentes no ensaio de prismas) na edificação. Segundo os mesmos autores a relação de resistência entre parede e prisma situa-se por volta de 0,7 tanto para blocos de concreto como para blocos cerâmicos.

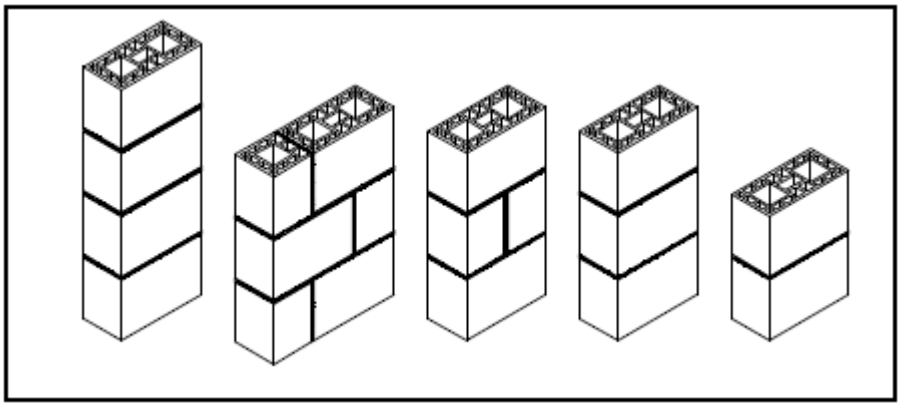


Figura 12 - Modelos de prismas que podem ser utilizados experimentalmente (CARVALHO (2008))

Segundo CAMACHO (2006) os primas devem possuir todas as caracteristicas dos elementos reais da obra, tais como: espessura das juntas, tipo de argamassa e unidade, e forma de assentamento. Por isso, PRUDÊNCIO (1986) recomenda que os prismas sejam construídos por um pedreiro ao invés de, por exemplo, um técnico de laboratório, para tentar assegurar que a mão-de-empregada seja semelhante a empregada no canteiro de obras.

Os ensaios em prismas são simples, baratos e eficientes. Um outro aspecto positivo deste procedimento é que os ensaios pode ser feito em laboratórios com poucos equipamento, e também no próprio canteiro de obras utilizando apenas uma prensa manual (RAMALHO e CORRÊA (2007)).

2.3.1.5.1 - Ensaio em parede

Os ensaios em painéis de alvenaria são caros não sendo convenientes para a determinação da resistência para fins de projeto, exceto em circunstância especiais. São usados principalmente em pesquisas de laboratório para verificação de métodos analíticos (CAMACHO (2006)). O ensaio de pequenas paredes deve ser feito segundo a NBR 15961- 2 (2011). Já o ensaio de paredes deve ser realizado de acordo com a NBR 8949 (1985).

De acordo com CARVALHO (2008) é o procedimento que melhor representa a alvenaria estrutural, porém existe grandes dificuldades em se controlar o surgimento de excentricidades durante o ensaio. A Figura 13 a seguir ilustra o ensaio em um painel de alvenaria com os principais elementos utilizados no ensaio.

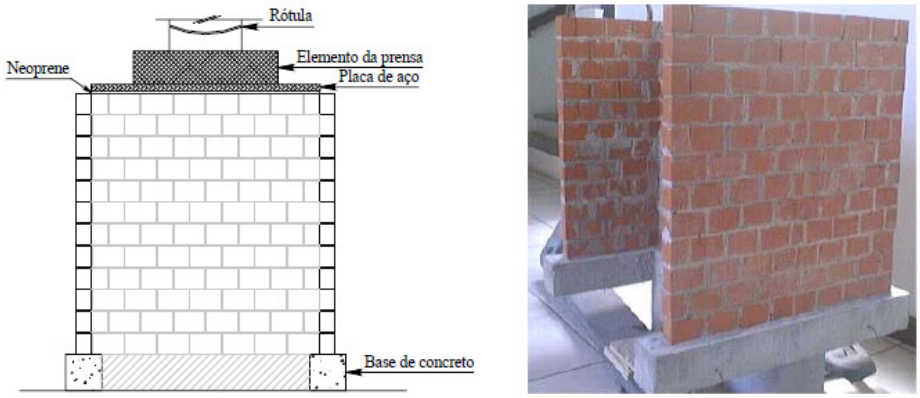


Figura 13 - Ensaio de parede com os principais elementos utilizados no ensaio (MOREIRA (2007))

2.3.2 - Comportamento da estrutura de alvenaria

2.3.2.1 - Ações

Antes de se iniciar o estudo do comportamento da alvenaria estrutural é importante destacar alguns conceitos sobre as ações nas edificações.

Segundo CAMACHO (2005) ações é todo agente capaz de produzir estados de tensão ou deformação em uma estrutura qualquer. As ações em uma edificação estão relacionadas com uso a qual se destina, e são classificadas em permanentes, acidentais ou excepcionais.

Ações permanentes

As ações permanentes são praticamente constantes durante o tempo de vida da edificação. E são classificadas como ações permanentes diretas, ou ações permanentes indiretas.

a) As ações permanentes diretas: são constituídas pelo próprio peso dos elementos construtivos e instalações permanentes.
b) As ações permanentes indiretas: são constituídas por deformações impostas por retração do concreto, fluência, recalques de apoios, imperfeições geométricas e protensão.

Ações acidentais ou excepcionais

As ações acidentais podem atuar na estrutura, e variam de intensidade de forma significativa ao longo da vida útil da construção (pessoas, mobiliário, veículos, vento, etc.). São classificadas em diretas e indiretas.

a) Ações acidentais diretas: são constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da edificação, pela ação do vento e da chuva. Estas cargas são previstas por normas especificas, e devem ser dispostas nas posições mais desfavoráveis para o elemento estudado.
b) Ações acidentais indiretas: são causadas pelas variações da temperatura. Em elementos estruturais em que a temperatura tenha distribuição significativamente diferente da uniforme, devem ser considerados os efeitos dessa distribuição.

2.3.2.2 - Cargas Verticais

As cargas que atuam na alvenaria estrutural são provenientes do seu peso próprio e procedentes da transmissão das lajes. Já as cargas nas lajes são oriundas do seu peso próprio, contrapiso, revestimento ou piso, paredes não estruturais, e sobrecargas de utilização especificada pela NBR 6120(1980).

Em estruturas simples, tais como os sistemas de paredes transversais (Figura 14.a), a distribuição das cargas das lajes sobre as paredes resistentes é direta, pois geralmente se trabalha com lajes armadas numa direção. No caso de lajes armadas em cruz (Figura 14.b), em sistemas mais complexos (Figura 14.c), o procedimento usual é subdividir as lajes em triângulos e trapézios, distribuindo as cargas dessas áreas para as paredes correspondentes (CAMACHO (2006)).

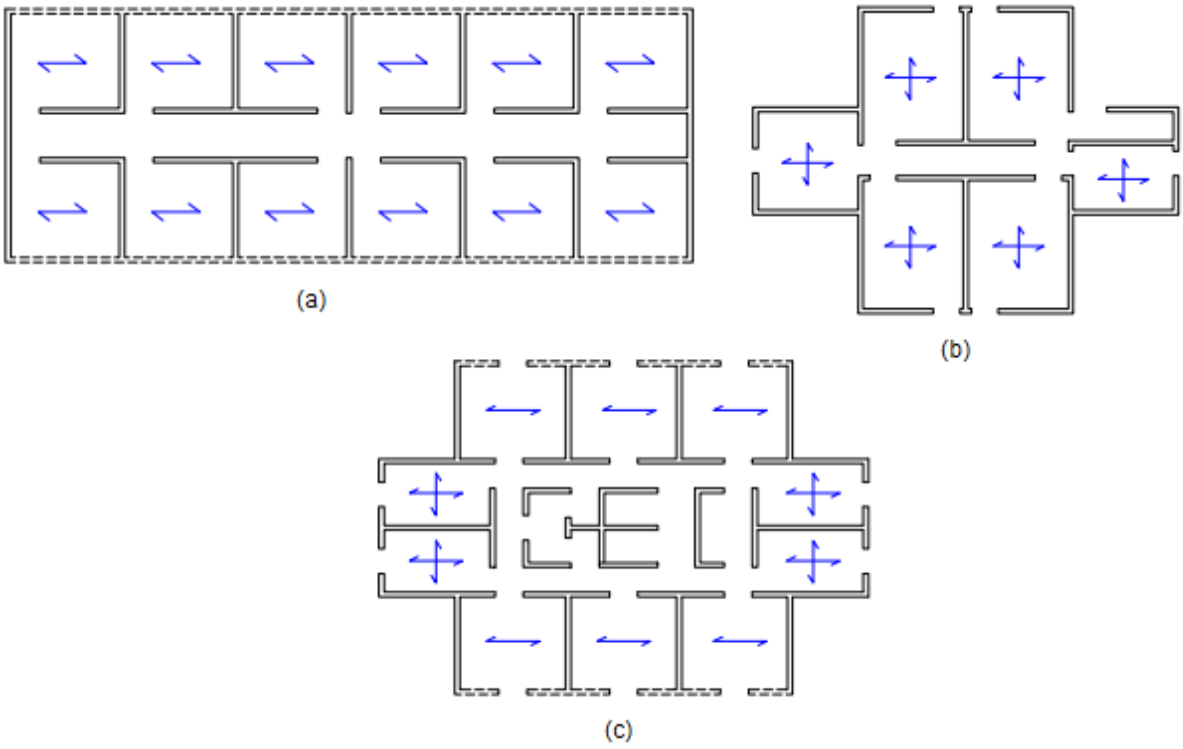


Figura 14 - Sistemas estruturais: (a) lajes armadas em uma direção, (b) lajes armadas em cruz, (c) laje complexa (RAMALHO e CORRÊA (2007))

2.3.2.3 - Cargas Horizontais

No Brasil, a ações horizontais usualmente consideradas são as ações do vento e do desaprumo. Em regiões sujeitas a abalos sísmicos, seus efeitos devem ser considerados (RAMALHO e CORRÊA (2007)).

2.3.2.3.1 - Ações do vento

De acordo com a NBR 6123 (1988), para calcular a força exercida pelo vento deve-se determinar primeiramente a velocidade característica do vento (Vk), por meio da equação (1).

$$\mathrm{Vk} = \mathrm{S1} \times \mathrm{S2} \times \mathrm{S3} \times \mathrm{Vo} \qquad (1)$$

Onde

Vo = velocidade básica do vento: velocidade de rajada de 3s, exercida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano;

$\mathrm{S1}$ = fator topográfico;

$\mathrm{S2}$ = fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação, ou porte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno;

$\mathrm{S3}$ = fator baseado em conceitos probabilísticos.

A equação (2) calcula a pressão dinâmica do vento (q), correspondente à velocidade característica (Vk), em condições normais de pressão (1 atm = 101320 Pa) e de temperatura (15° C).

$$\mathrm{q} = 0{,}613 \times \mathrm{Vk}^2 \ (\mathrm{q}: \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}; \mathrm{Vk}: \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}) \qquad (2)$$

Por fim, se calcula a força do vento (Fv), simulada na Figura 15, vide Equação (3).

$$\mathrm{Fv} = \mathrm{Ca} \times \mathrm{q} \times \mathrm{Ae} \ (\mathrm{q}: \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}; \mathrm{Ae}: \mathrm{m}^2) \qquad (3)$$

Onde

Ca = coeficiente de arrasto;

Ae = área da projeção ortogonal da edificação.

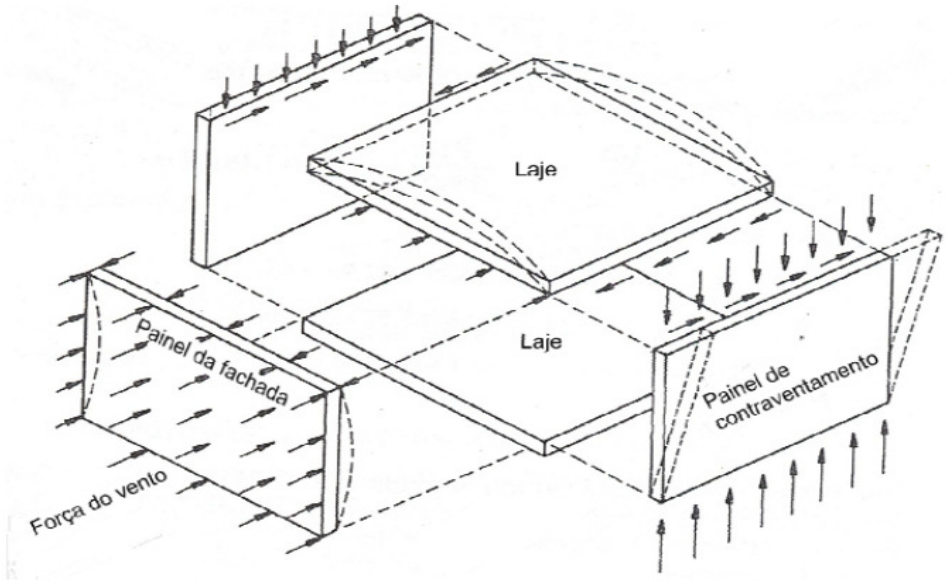


Figura 15 - Ação do vento na estrutura (HENDRY *et al* (1997))

2.3.2.3.2 - Desaprumo.

RAMALHO e CORRÊA (2007) sugerem que o desaprumo seja considerado tomando-se por base a norma alemã DIN 1053 (1974). Nesta Norma o ângulo de desaprumo do eixo da estrutura está inversamente relacionado com a altura. Para calcular a força horizontal equivalente ao desaprumo, deve-se calcular o ângulo de desaprumo por meios das equações (4) e em seguida utilizar a expressão (5).

$$\varphi = \frac{1}{100 \times \sqrt{\mathrm{H}}} \quad (4)$$

Onde:

φ = ângulo de desaprumo em radianos

H = altura da edificação em metros

$$Fd = \Delta P \times \varphi \quad (5)$$

Fd = força de desaprumo

ΔP = peso total do pavimento considerado

Esta ação está representada na Figura 16, e deve ser somada com a ação dos ventos.

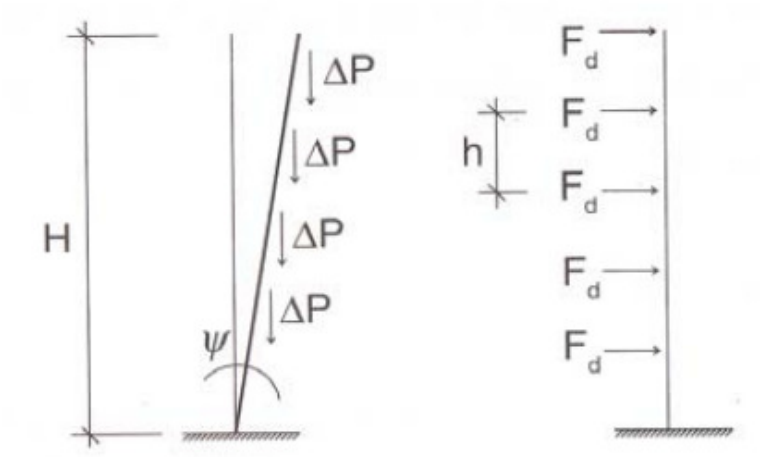


Figura 16 - Força horizontal equivalente ao desaprumo
(RAMALHO e CORRÊA (2007))

2.3.2.2 Fatores que afetam a resistência da alvenaria durante as ações

A resistência da alvenaria estrutural está diretamente relacionada com alguns fatores isolados tais como resistência das unidades e da argamassa, espessura da junta de argamassa, e qualidade da mão-de-obra utilizada, que afetam a resistência durante as ações, a saber:

- Resistência das unidades

A resistência das unidades é o principal fator responsável pela resistência da alvenaria. E aumentando-se a resistência à compressão das unidades geralmente aumenta-se a da alvenaria. Entretanto, a resistência da alvenaria é sempre menor do que a resistência da unidade (SAMPAIO (2010)).

- Resistência da argamassa

Esta propriedade depende do tipo e da quantidade de cimento utilizada na mistura. Além disso, destaca que uma grande resistência à compressão da argamassa não é necessariamente sinônimo de melhor solução estrutural. Pode-se observar, de acordo com a Figura 17, que a resistência final da alvenaria está correlacionada com a resistência da argamassa, e a resistência da unidade utilizada (RICHTER (2007)).

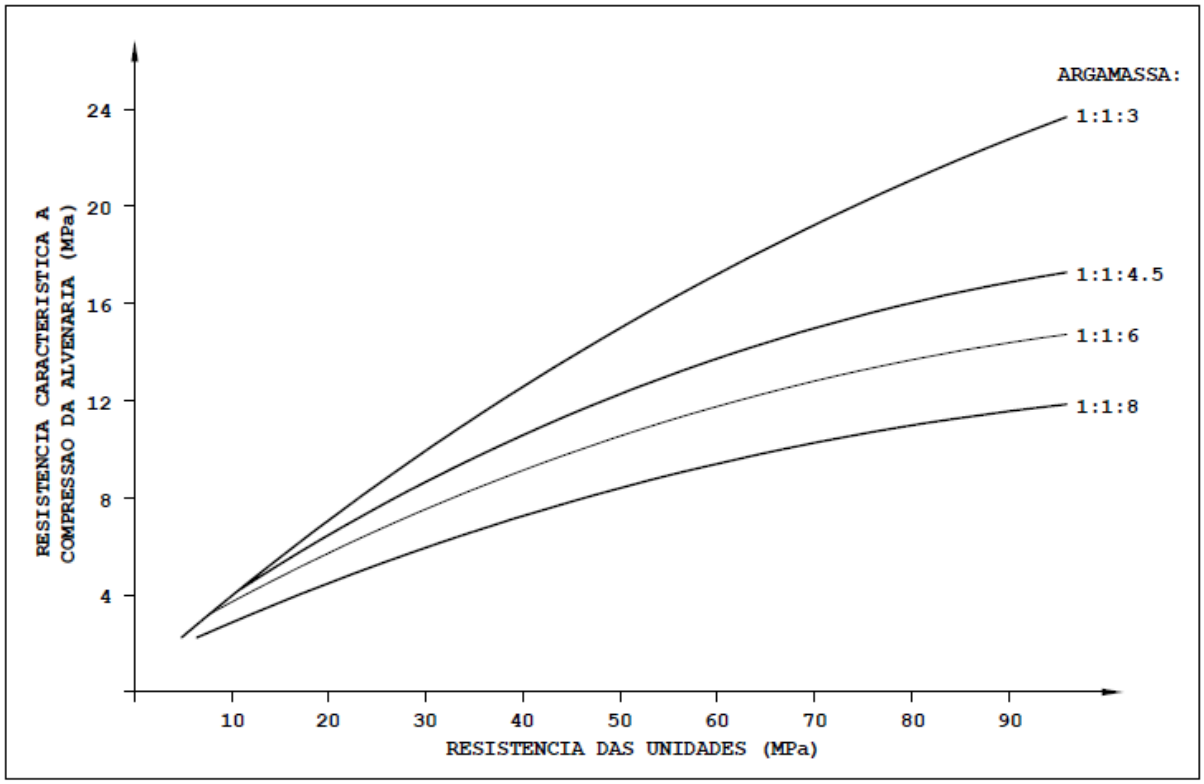


Figura 17 - Resistência da alvenaria para diferentes argamassas (CAMACHO (2006))

- Espessura da junta da argamassa

RITCHER (2007) enfatiza que as juntas de assentamento em amarração facilitam a redistribuição de tensões provenientes de cargas verticais ou introduzidas por deformações estruturais e movimentações hidrotérmicas.

Segundo KALIL e LEGGERINI (2007), quanto maior a altura da junta, menor é a resistência da alvenaria. Tal fato ocorre por causa da quebra do estado tríplice de tensões da argamassa, causada pelo excesso de distância entre os blocos e com isso há um aumento das tensões transversais de tração na argamassa.

De acordo com RAMOS *et tal* (2002), o simples preenchimento incompleto das juntas de assentamento ou o aumento de sua espessura de 10 para 16 mm acarretam redução de cerca de 30% na capacidade estrutural das alvenarias. Entretanto, também afirmam que espessuras pequenas não aumentam a resistência da alvenaria. Pois, neste caso, a junta não consegue absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades.

- Qualidade da mão-de-obra

A mão-de-obra despreparada tende a produzir paredes fora de prumo e desalinhadas, gerando cargas excêntricas, que reduzem a resistência da alvenaria. Um desvio de 12 a 20 mm implica uma diminuição de resistência da parede entre 13 e 15% (RAMOS *et al* (2002)).

Por isso, a execução da alvenaria estrutural exige a aplicação de mão-de-obra qualificada para que sejam empregados os instrumentos de forma adequada durante a execução. Isto significa selecionar e capacitar esta mão-e-obra para evitar problemas durante a execução e riscos após a ocupação da edificação. (FIGUEIRÓ (2009)).

Segundo CAMACHO (2006), foi realizado um estudo comparativo pelo "National Bureau of Standards", entre uma mão-de-obra considerada comercial e outra especializada, utilizando-se tijolos de resistência entre 20 e 28 MPa. As paredes construídas com a mão-de-obra especializada obtiveram resistências superiores às paredes construídas com a mão-de-obra comercial em torno de 60 e 80%.

3- PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1- Considerações iniciais

O projeto é um processo para realização de ideias que deverá passar pelas etapas de idealização, análise e implantação (MELO (2006)). Segundo HAMMARLUND e JOSEPHSON (1992), as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são as mais importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos e de falhas dos edifícios. Por isso, possui fundamental importância para o sucesso de qualquer empreendimento.

Na alvenaria estrutural há uma grande interdependência entre os vários projetos (arquitetônico, estrutural, instalações), que fazem parte de uma obra, pois as paredes além de possuir função estrutural é também um elemento de vedação, que pode conter os elementos de instalações quaisquer. E considerando a alvenaria como um processo construtivo recente, no qual poucos profissionais habilitados têm familiaridade, a coordenação de projetos se torna responsável por garantir o sucesso do empreendimento (RAMOS *et al* (2002)).

3.2- Modulação

A coordenação modular consiste na concordância das dimensões horizontais e verticais da edificação com as dimensões da unidade. Com o objetivo de reduzir ao máximo os cortes e ajustes na execução das paredes (SAMPAIO (2010)).

Segundo ROMAN *et al* (1999) o arquiteto, desde a elaboração dos primeiros traçados, deverá trabalhar sobre uma malha modular, cujas medidas são baseadas no tipo de componente utilizado na alvenaria. TAULI e NESSE (2010) afirmam, que isto é uma tarefa correta e, portanto não há motivos para se desenvolver um projeto sem que exista, desde o inicio, a preocupação com a coordenação modular de todos os componentes. Porém, SIQUEIRA *et al* (2007) afirmam que nem sempre isto é possível, porque a pré-definição do sistema construtivo pode também, ser um fator restritivo na concepção do projeto.

Conforme RICHTER (2007), uma unidade será sempre definida por três dimensões padrões: comprimento, largura e altura. O comprimento e a largura

definem o módulo horizontal, enquanto a altura define o módulo vertical a ser adotado. Portanto, no caso de se adotar módulo de 15 cm, as dimensões dos ambientes em planta devem ser múltiplas de 15 cm. De acordo KALIL e LEGGERINI (2007), este módulo a ser adotado deve ser aquele que melhor se adapte a arquitetura pré-estabelecida, ou que seja favorável a uma concepção arquitetônica mais interessante.

A modulação exige o estudo paralelo de amarração das unidades de alvenaria, nas interseções de paredes (CAVALHEIRO (1998)). SABBATINI (2003) diz que a união das paredes estruturais deve ser realizada preferencialmente por interpenetração com os blocos contrafiados (Figura 18).

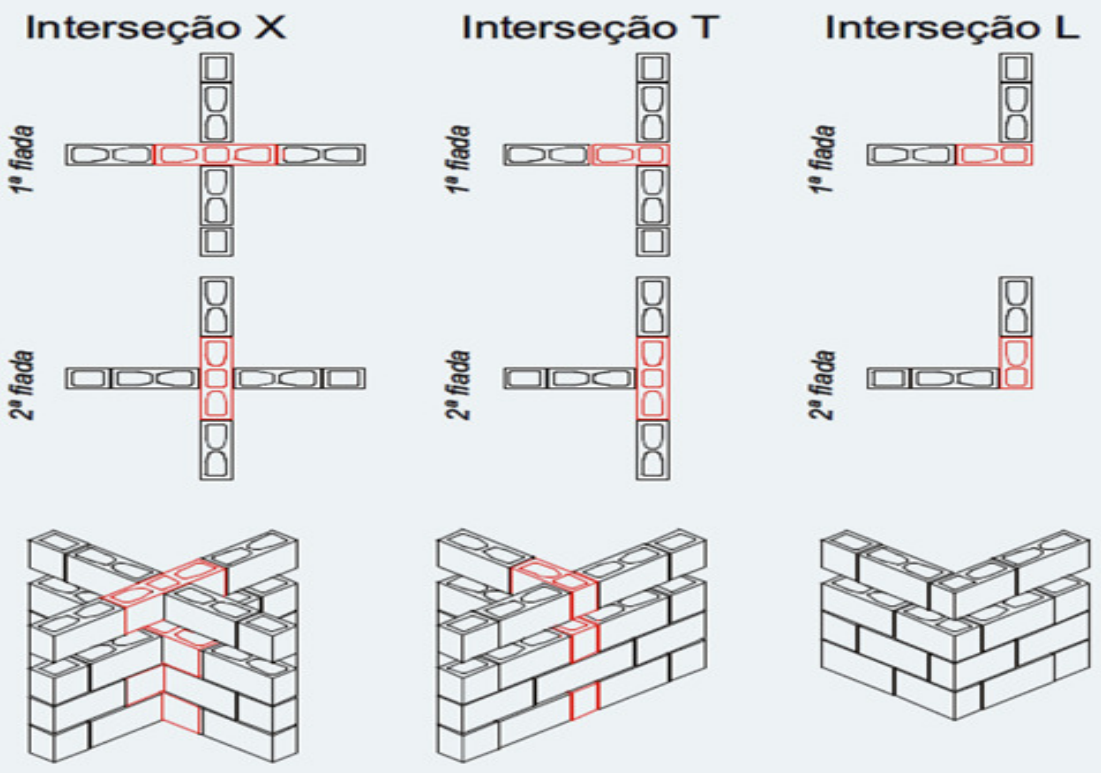


Figura 18 - Amarrações das unidades (ROMAN *et al* (2003))

3.3 - Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico é o principal projeto de uma edificação, pois todos os demais serão elaborados a partir dele. E o arquiteto, nesta etapa deve tomar importantes decisões como: escolha do sistema construtivo, disposição e dimensões

dos ambientes, abertura dos vão, tipo de cobertura, acabamentos e fazer a previsão das instalações (FIGUEIRÓ (2009)).

A alvenaria estrutural impõe algumas restrições aos projetistas, tais como:

- Limitação no número de pavimentos, que é possível de alcançar por efeito dos limites dos materiais disponíveis no mercado;
- Impossibilidade de remoção posterior de paredes;
- Vãos máximos da ordem de 4 a 5 metros;
- Pé direito limitado (flambagem das paredes);

Na avaliação dos projetos, a análise do projeto arquitetônico é talvez a mais importante. ROMAN *et al* (2002) afirmam que as decisões tomadas pelo projetista terão influência decisiva no sucesso ou fracasso técnico econômico do empreendimento em alvenaria estrutural.

3.4 - Projeto Hidrossanitário

Segundo a NBR 15961-1(2011) é proibida a passagem de tubulações que conduzam fluidos dentro das paredes com função estrutural. De acordo com ROMAN *et al* (2002) esta proibição visa eliminar a possibilidade de haver quebras dos elementos estruturais na busca de vazamentos. Na passagem de tubulações hidráulica são utilizadas paredes de vedação, denominadas parede hidráulica.

Os trechos de água fria e quente devem descer pelos furos dos blocos até o ponto desejado. Já o trecho horizontal da instalação é feito por baixo da laje. Por isso, surgiram os shafts (Figura19) que são espaços destinados à concentração de prumadas hidro-sanitárias, elétricas e de telefonia.

Segundo PAULUZZI (2013) com esta medida é possível retirar parte significativa, quando não a totalidade das instalações hidro-sanitárias das paredes. ROMAN *et al* (1999) afirmam que o uso dos shafts não só é benéfico para a estrutura, mas também permite facilidades de manutenção destas instalações.

As áreas frias da edificação devem ser sempre projetadas o mais próximo possível uma das outras, com o objetivo de agrupar as instalações e o número de shafts para facilitar promover economia e facilidade na execução do empreendimento.

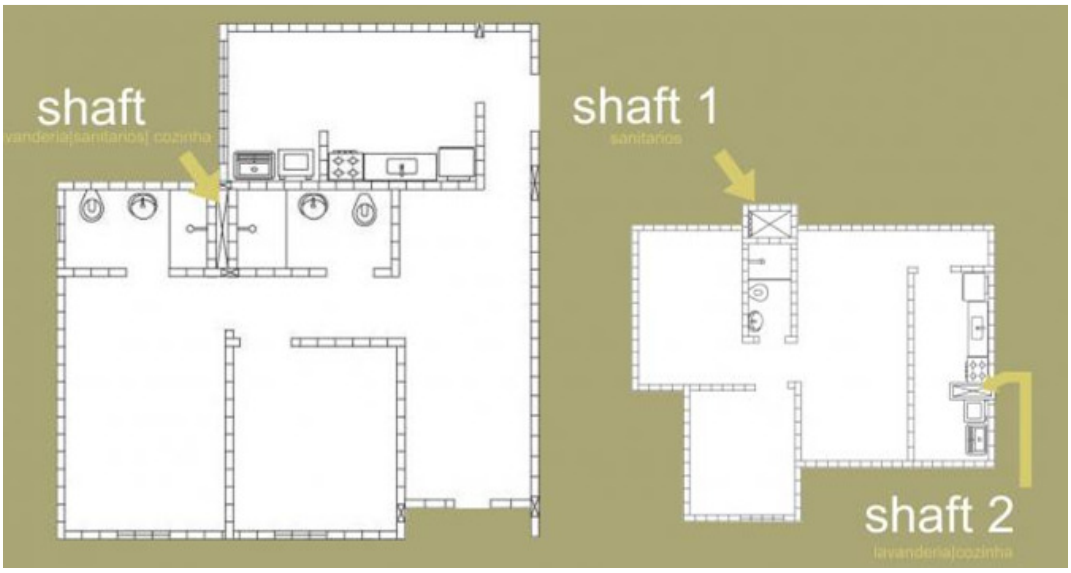


Figura 19 - Shafts na edificação (PAULUZZI(2013))

3.5 - Projeto Elétrico

Na definição do projeto elétrico o projetista e o arquiteto devem se interagir para evitar possível incompatibilidade entre os projetos.

Os eletrodutos embutidos deverão passar pelos blocos vazados. E conforme RICHTER (2007) as caixas de tomadas e interruptores devem ser previamente instalados em blocos cortados que por sua vez serão assentados durante a execução da alvenaria.

ROMAN *et al* (2002) afirma que a abertura dos quadros de distribuição não devem prejudicar a integridade estrutural da parede, e as dimensões e as posições dos mesmos devem sempre ser informados ao projetista estrutural no intuito de este detalhar o reforço necessário para edificação.

Segundo KALIL e LEGGERINI (2007), deve-se ter um cuidado especial quando os pontos de luz e interruptores forem localizados ao lado das aberturas das portas, porque a primeira prumada de vazados após a abertura é normalmente grauteada, com isso não é permitido posterior embutimento das caixas.

PAULUZZI (2013) também afirma que as tubulações devem caminhar sempre na vertical, utilizando os vazados dos blocos para as passagens das mangueiras não sendo indicados cortes horizontais para a interligação dos pontos.

3.6 - Compatibilização

A compatibilidade é definida como atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas, ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO (2003)).

Segundo o SEBRAE (1995), compatibilização define-se como uma atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra.

PICCHI (1993) destaca que a compatibilização de projetos compreende a atividade de sobrepor os vários projetos e identificar as interferências, bem como programar reuniões entre os diversos projetistas e a coordenação, com o objetivo de resolver interferências que tenham sido destacadas.

Já NOVAES (1998) afirma que a compatibilização é uma ação empreendida no âmbito da coordenação das soluções adotadas nos projetos do produto e nos projetos para produção, assim como, nas especificações técnicas para a execução de cada subsistema.

De acordo com RICHTER (2007), logo no inicio da contratação dos projetos é imprescindível uma perfeita interação de todos os projetos (arquitetura, estrutura, instalações, fundação) juntamente com os engenheiros responsáveis pelo planejamento e pela produção, de forma a evitar sobreposição de tarefas e má interpretação dos projetos. Além disso, afirma que deve existir um profissional responsável por coordenar esta relação entre os diversos profissionais.

CALLEGARI (2007) também salienta que durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência.

No entanto, ainda é uma prática comum muitas empresas de pequeno porte desenvolverem projetos sem a integração de todos os projetos. Gerando como consequência vários fatores negativos, tais como: má qualidade da edificação, maior

índice de retrabalhos, alongamento do prazo de execução, acréscimo no custo da obra (TAVARES *et al* (2003)).

Para CASTRO (1999) o principal motivo das manifestações patológicas encontrados em edifícios são devido às interferências entre o projeto estrutural e os projetos de instalações, proveniente de incompatibilidade de projetos ou de modificações no decorrer da execução da obra.

3.7 - Execução de obra em alvenaria estrutural

A execução da elevação da alvenaria é uma etapa primordial em uma edificação de alvenaria estrutural. Por isso, garantir a qualidade da execução do levantamento da alvenaria se torna um passo fundamental para garantir o desempenho esperado da edificação.

3.7.1 - Ferramentas

De acordo com RAMOS *et al* (2002) ferramentas adequadas podem auxiliar no melhor desempenho da equipe de trabalho, tanto para obter melhor qualidade final do produto, quanto para aumentar a produtividade durante a sua realização.

FARIA (2004) também destaca que o uso das ferramentas apropriadas para cada atividade pode representar um ganho significativo em termo de produtividade, organização do serviço e mudança de postura do trabalhador.

Segundo NAKAMURA (2012), as ferramentas respondem por quase 50% da produtividade de um serviço, e muitas empresas já se conscientizaram da importância de se investir em boas ferramentas.

As principais ferramentas utilizadas na alvenaria estrutural são :

- <u>Colher de pedreiro</u>

  A colher de pedreiro é utilizada principalmente para distribuir a argamassa para o assentamento dos blocos da primeira fiada. Para aplicar a argamassa nas juntas transversais e retirar o excesso das mesmas (Figura 20). Deve-se evitar uso de colher de pedreiro para assentar blocos das demais fiadas (PAULUZZI (2013)).



Figura 20 - Retirada de excesso de argamassa com colher de pedreiro (RIVERS (2012))

- Palheta

  A palheta é utilizada para a aplicação do cordão de argamassa de assentamento nas paredes longitudinais das unidades por meio do movimento vertical e horizontal ao mesmo tempo, conforme Figura 21.



Figura 21 - Aplicação de argamassa com palheta (EQUIPAOBRA (2013))

- Bisnaga

  A bisnaga é uma segunda alternativa para colocação de argamassa de assentamento sobre as paredes dos blocos. De acordo com ROMAN *et al* (2002) cada vez que a bisnaga é abastecida, é possível distribuir argamassa sobre aproximadamente seis blocos com uma espessura padronizada (Figura 22).



Figura 22 - Aplicação de argamassa com bisnaga (PRISMA (2012))

- Esticador de linha

  O esticador de linha é uma ferramenta fabricada no próprio canteiro de obras. E mantêm a linha de nálion esticadas entre dois blocos estratégicos, definindo o alinhamento e nível dos demais blocos que serão assentados (Figura 23).



Figura 23 - Esticador de linha (ROMAN *et al* (2002))

- Fio traçante

  Barbante/fio de algodão que é impregnado com pó colorido, destinada à marcação de paredes (Figura 24).



Figura 24 - Fio traçante (SCANMETAL (2013))

- Argamassadeira metálica

  A argamassedeira metálica (Figura 25) é utilizada para o transporte e manuseio de argamassa durante a realização dos trabalhos. Deve ser metálica ou de material não permeável para que não haja redução na perda de água da argamassa por absorção do recipiente. Além disso, deve ser ajustada na altura da cintura do pedreiro (ROMAN *et al* (2002)).



Figura 25 - Argamassadeira metálica (SCANMETAL (2013))

- Régua de prumo e de nível

  Usada para verificar o prumo e nível da alvenaria durante o assentamento do bloco. É também utilizada na verificação a planicidade da parede (Figura 26).



Figura 26 - Régua de prumo e de nível (EQUIPAOBRA (2013))

- Esquadro

  Usado na verificação e na determinação da perpendicularidade entreparedes na etapa de marcação e durante a execução da primeira fiada (Figura 27).

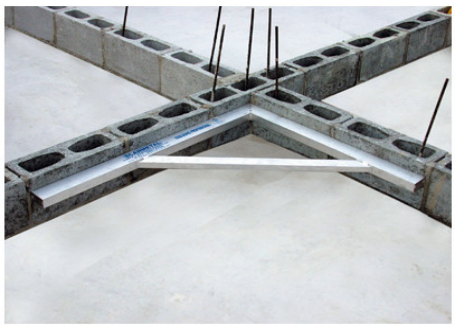


Figura 27 - Esquadro (SCANMETAL (2013))

- Escantilhão metálico

  É uma peça metálica utilizada para auxiliar o assentamento da alvenaria. Proporcionando ao assentador da alvenaria condições de manter as paredes no prumo, alinhamento e com as fiadas niveladas. É fixado sobre a laje com auxilio de parafusos e buchas Figura 28.



Figura 28 - Escantilhão (SCANMETAL (2013))

- Nível Alemão

  Constituído por um tripé com um reservatório de líquidos e uma mangueira acoplada a uma régua de alumínio com escala móvel. Este equipamento (Figura 29) racionaliza as operações de nivelamento. Possibilitando que uma única pessoa proceda a conferencia dos níveis de diversos pontos da obra.



Figura 29 - Nível Alemão (ROMAN *et al* (2002))

- Nível a laser

  É um equipamento autonivelante que pode ser operado por apenas uma pessoa. Possibilita a conferencia dos esquadros, níveis e prumos de forma rápida e precisa (Figura 30).



Figura 30 - Nível a laser (BOSCH (2013))

- Andaime metálico

  O andaime metálico (Figura 31) é composto de cavaletes de apoio e de base de sustentação. Possui comprimento e altura variável, garante agilidade de montagem, facilidade de transporte e segurança do profissional durante a elevação das paredes. Permite um ganho significativo de produtividade devido as suas vantagens em relação ao andaime convencional.



Figura 31 - Andaime metálico (EQUIPAOBRA (2013))

3.7.2 - Marcação e execução da alvenaria

A marcação da alvenaria corresponde ao assentamento da primeira fiada de todas as paredes que compõem um andar da obra. Esta fiada servirá de referência para todo o serviço restante, devendo, portanto, ser confeccionada com todo cuidado possível (RAMOS *et al* (2002)).

3.7.2.1 - Procedimentos Preliminares

Antes do inicio da marcação da alvenaria é necessário fazer a limpeza do pavimento onde a alvenaria será executada. Devido à presença de materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa entre o bloco e o pavimento. Os componentes e peças pré-fabricadas também devem estar limpos e isentos de materiais que prejudiquem sua aplicação e desempenho (PAULUZZI (2013)).

Além disso, é necessário verificar se os projetos estruturais estão dispostos na obra, se a programação de entrega das unidades esta definida com fornecedor, e

conferir o esquadro da laje de apoio comparando-se as medidas das duas diagonais (Figura 32). Quando a diferença entre estas medidas for inferior a 5 mm, o esquadro da laje será aceito. Deve-se também conferir a posição dos dutos, corrigindo-os se necessário (RAMOS *et al* (2002)).

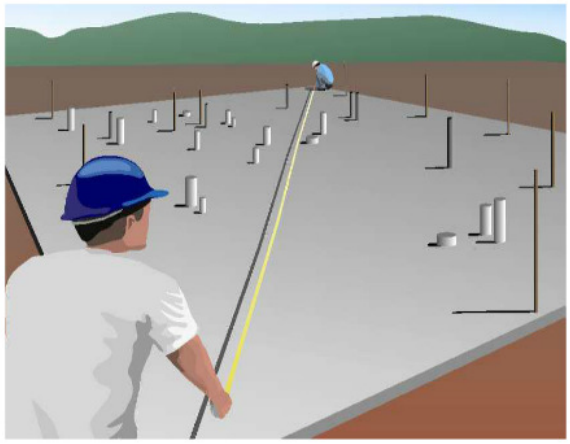


Figura 32 - Verificação do esquadro (ABCP (2010))

3.7.2.2 - Marcação da primeira fiada

Após os procedimentos preliminares deve-se marcar a direção das paredes, vãos de portas e shafts utilizando o fio traçante e fazer a instalação dos escantilhões. Durante a instalação esta peça deve ser erguida a prumo. Em seguida deve ocorrer a transfência de nível e instalação dos gabaritos das portas. Depois destes passos amarra-se a linha no escantilhão com o auxilio do esticador de linha, e prepara-se os blocos para fixação das caixas elétricas conforme o projeto. Posteriormente se umedece a superfície com o auxilio de uma brocha, na direção da parede para assentar os blocos da primeira fiada. Logo depois, espalha-se a argamassa de assentamento, e assentam-se os blocos da primeira fiada.

É importante ressaltar que durante a execução da primeira fiada é necessário ter em mãos o projeto de execução da primeira fiada (RICHTER (2007)). Além disso, o assentamento da primeira fiada deve ser realizado após 16 horas do término da concretagem da laje e sobre bases niveladas (SABBATINI (2003)).

3.7.2.3 - Elevação da alvenaria

Depois da execução da primeira fiada ocorre à elevação da alvenaria usando como apoio castelos em todos os encontros de paredes (Figura 33), ou então, se utiliza escantilhões. Em ambos os casos deve-se verificar constantemente

o prumo, nível, planicidade, alinhamento e espessuras das juntas horizontais da alvenaria (PRUDÊNCIO (2002)).

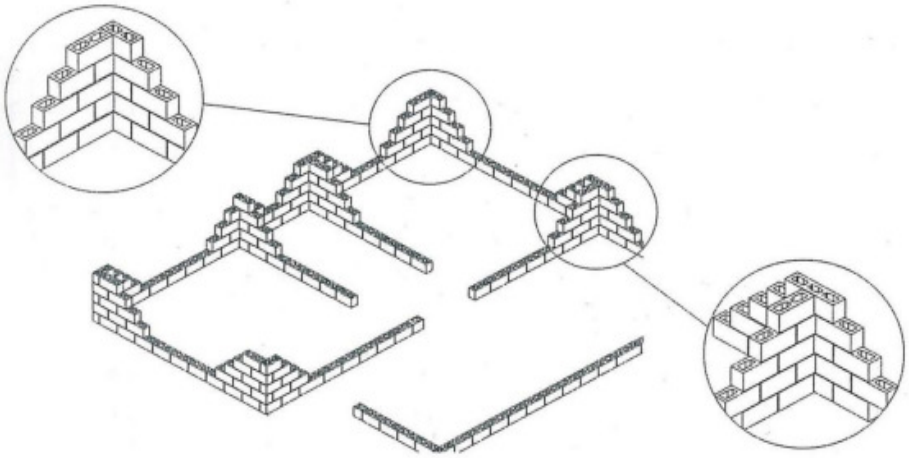


Figura 33 - Elevação da alvenaria utilizando castelo como referência
(PRUDÊNCIO *et al* (2002))

Durante a elevação da alvenaria as juntas verticais e horizontais devem ser preenchidas totalmente, e sempre manter espessura constante. O valor mínimo da espessura da junta (Figura 34) da argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada é de 5 mm e o valor máximo não deve ultrapassar 20 mm. Já as demais juntas devem ter espessuras de 10 mm, com variação máxima de ±3 mm (NBR 15812-2 (2010)).

A verificação do prumo também se torna algo imprescindível, para que sejam evitadas excentricidades adicionais de carregamento. Por isso, a falta de prumo e alinhamento (Figura 34) na elevação da alvenaria não deve exceder 10 mm, além de atender a um limite de 2 mm por metro (NBR 15812-2 (2010)).

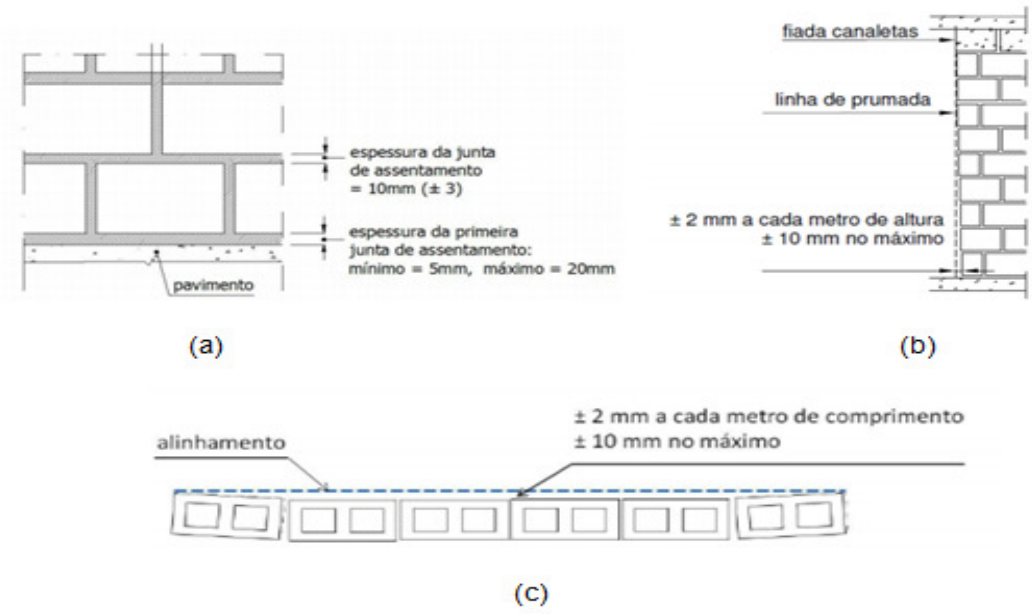


Figura 34 - Espessura das juntas (a) falta de prumo (b)
e falta de alinhamento (c)(NBR 15812-2(2010))

SABBATINI (2003) apresenta algumas recomendações durante a execução da alvenaria estrutural:

a) O assentamento não deve ser realizado debaixo de chuva. No caso de interrupção dos serviços devido a chuva, a alvenaria recém-executada deve ser protegida;
b) As unidades não devem ser molhadas durante a etapa de assentamento;
c) As alvenarias devem ser executadas com blocos inteiros. Não se deve cortar ou quebrar blocos para obtenção de ajuste durante a elevação da alvenaria;
d) As instalações devem ser todas em dutos embutidos nas paredes de alvenaria, nos vazados dos blocos. Pode-se fazer cortes de paredes para embutimento de pequenos trechos de tubulação, desde que previsto em projeto;
e) As prumadas elétricas e hidráulicas não podem estar embutidas nas paredes de alvenaria estrutural, devendo ser, preferencialmente, embutidadas em shafts verticais, especificadamente projetados para esta finalidade;

f) A união entre paredes estruturais deve ser feita preferencialmente por amarração de blocos. E não se recomenda o uso de grampos, pois, além de difícil controle em obra possibilitam o aparecimento de patologias;
g) As paredes estruturais e não-estruturais não devem ser unidas, devendo ser previstas juntas de trabalho.

RAMOS *et al* (2002) também salienta que número máximo de fiadas executadas durante um mesmo período deve ser limitado em seis por dia. Pois, o peso da própria alvenaria pode comprometer a manutenção do prumo e a espessura das juntas pelo esmagamento das argamassas ainda mal curadas de fiadas inferiores.

Na execução da segunda fiada ocorre o grauteamento das barras de reforço, conforme a definição do projeto. A sequência do grauteamento deve ser feita em mais de duas etapas. De modo que não ocorram falhas no preenchimento dos blocos. E sempre que possível, recomenda-se deixar pontos de visita para a conferência do preenchimento correto do graute (RAMOS *et al* (2002)).

A altura de lançamento do graute deve estar limitada a metade do pé-direito por vez e a vibração deve ser feita preferencialmente de forma manual. Além disso, o prazo mínimo de gauteamento deve ser de 24 horas após a execução da alvenaria. (SABBATINI (2003)).

Durante a elevação da alvenaria são executados os vãos das janelas, grauteamento, revestimento, embutimento dos eletrodutos das instalações elétricas, telefônicas, e os pontos de água e esgoto.

3.7.2.4 - Falhas construtivas

As falhas de execução são aqueles serviços que apresentam manifestações patológicas em razão da falta de controle adequado dos serviços, omissão de alguma especificação que conste em projeto e falta de cumprimento da normalização técnica (THOMAZ e HELENE (2000)).

Há um número considerável de falhas executivas na alvenaria estrutural, devido à falta de conhecimento ou de acompanhamento nas obras. Essas falhas,

além de geralmente colocarem toda a qualidade do processo em risco, compromete a economia esperada com a utilização da alvenaria estrutural.

São apresentados abaixo os principais erros encontrados na fase de execução da alvenaria estrutural.

3.7.2.4.1 - Espessura e preenchimento das juntas vertical e horizontal

Uma das principais falhas na execução da alvenaria é a variação e o preenchimento e irregular das juntas de argamassas na alvenaria. De acordo com RAMOS *et al* (2002), o não preenchimento das juntas verticais (Figura 35) tem pequeno efeito na resistência à compressão, mas afeta a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede, afetando também a deformabilidade das paredes, principalmente em prédios mais altos (acima de 5 pavimentos). Em relação ao preenchimento inadequado das juntas horizontais, esse procedimento leva à diminuição da resistência à compressão da alvenaria.



Figura 35 - Preenchimento de juntas de forma inadequada (POZZOBON (2003))

3.7.2.4.2 - Desaprumo

Quando o prumo da alvenaria não é mantido, conforme Figura 36, ocorre o aparecimento das excentricidades. Acarretando como consequência uma redução da resistência à compressão da alvenaria. Além disso, esta falha irá ocasionar gasto desnecessário com a correção do desaprumo, através do incremento da espessura de revestimento (SOUZA (2011)).



Figura 36 - Falta de prumo (SOUZA (2011))

3.7.2.4.3 - Cortes na alvenaria

Os cortes posteriores a execução da alvenaria para passagem de dutos (Figura 37) é uma prática totalmente errada. Além de causar desperdício, provoca a redução da resistência da alvenaria, e pode comprometer seriamente o seu desempenho da estrutura (RAMOS *et al* (2002)).



Figura 37 - Cortes posteriores na alvenaria (SOUZA (2011))

3.7.2.4.4 - Grauteamento incorreto

Caso a altura de grauteamento seja elevada, podem ocorrer problemas durante o preenchimento dos vazados pelo acúmulo de ar no interior dos mesmos, conforme pode ser observado na Figura 38. Além disso, pode ocorrer também segregação de material (POZZOBON (2003)). Isto ocasiona o enfraquecimento da parede no ponto reforçado pelo projetista. É importante ressaltar que existe certa dificuldade em se detectar a ocorrência desta falha. (RAMOS *et al* (2002)).



Figura 38 - Grauteamento incorreto (SOUZA (2011))

3.7.2.4.5 - Ausência de ferramentas adequadas

A utilização de ferramentas adequadas à produção da alvenaria serve para dar mais agilidade na execução do serviço e manter o padrão de qualidade. Porém, devem estar em bom estado de conservação. Algumas ferramentas como escatilhão de madeira, não são recomendáveis. Devido a sua facilidade de deteriorização quando exposto ao sol. Isto pode ser um fator gerador de falta de prumo e de espessura de juntas adequada (RAMOS *et al* (2002)).

4- PATOLOGIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

4.1- Considerações iniciais

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da Medicina que estuda as doenças. As edificações também podem apresentar defeitos comparáveis a doenças: rachaduras, manchas, deslocamentos, deformações, rupturas, etc. Por isso convencionou-se chamar de Patologias das Edificações ao estudo sistemático desses defeitos (VERÇOZA (1991)).

Ter conhecimento sobre as Patologias das Edificações se torna algo imprescindível para todos que trabalham na construção civil, indo desde um operário até o engenheiro. De acordo com VERÇOZA (1991), quando se conhece os problemas ou defeitos que uma construção pode vir a apresentar e suas causas, a chance de se cometer erros reduz muito. Segundo o mesmo autor quanto maior a responsabilidade profissional na construção maior deve ser o conhecimento sobre as anomalias.

De acordo com CORSINI (2010), as fissuras são um tipo de patologia comum nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da construção. Além disso, segundo o mesmo autor, as fissuras podem surgir na fase de projetos (arquitetônico, estrutural, de fundação, de instalação), de execução da alvenaria, dos vários sistemas de acabamentos, e inclusive na fase de utilização, por mau uso da unidade.

4.2 - Mecanismos de formação de fissuras e classificação das fissuras

A fissura é originada devido a atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar estas tensões. Quanto maior for a restrição impostas ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, mais significativas serão a intensidade e a magnitude da fissuração (CORSINI (2010)).

Segundo DUARTE (1998), as fissuras em alvenaria são causadas por tensões que ocorrem na direção ortogonal ao esforço atuante. Esse último autor ainda ressalta que esses esforços podem ser de compressão, por esforços de cisalhamento ou por tração direta.

SAMPAIO (2010) salienta que as fissuras podem ser causadas por diversos fatores, tais como: baixo desempenho às solicitações de tração, flexão e cisalhamento apresentado pelos componentes da alvenaria. Além disso, THOMAZ (1988) destaca que outro fator que influi na fissuração é a utilização de materiais diferentes, com propriedades diferentes (resistência mecânica, módulo de deformação longitudinal e coeficiente de Poisson) utilizados em conjunto.

São vários os fatores que podem causar fissuras nas alvenarias, entre os quais recalques de fundação, movimentações térmicas, higroscópicas, retração de blocos ou de outro elemento de concreto, sobrecargas, deformações de elementos da estrutura, reações químicas, detalhes construtivos incorretos, congelamento, vibração, explosões, terremotos (THOMAZ (1990)).

4.3 - Classificações das fissuras

Em painéis de alvenaria as fissuras podem se apresentar nas direções horizontal, vertical, diagonal ou uma combinação destas, conforme Figura 39. De acordo com THOMAZ (1990) as fissuras se manifestam de forma reta quando a resistência à tração da unidade é igual ou inferior a resistência à tração da argamassa e se apresenta de forma escalonada quando o bloco tem resistência à tração superior a da argamassa.

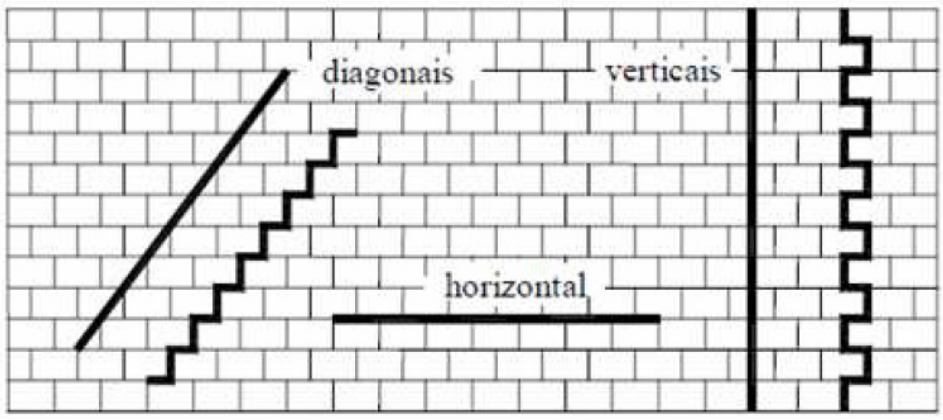


Figura 39 - Configurações típicas das fissuras (SAMPAIO (2010))

As fissuras podem ser classificadas de acordo com sua atividade em ativas ou passivas. As fissuras ativas (ou vivas) são aquelas que apresentam variações de abertura ao longo do tempo. Se essas variações oscilam em torno de um valor médio podem ser correlacionadas com a variação de temperatura e umidade. Logo,

pode-se concluir que apesar de serem ativas não indicam ocorrência de problemas estruturais. Mas se elas apresentarem abertura crescente podem representar problemas estruturais, que devem ser determinadas por meio de observações e análise da estrutura. As fissuras passivas (ou “mortas”) são causadas por solicitações que não apresentam variações significativas ao longo do tempo, e podem ser consideradas como estabilizadas (CORSINI (2010)).

De acordo com a NBR 9575 (2010), as fissuras podem ser classificadas de acordo com a sua abertura. As microfissuras possuem abertura inferior a 0,05 mm, as aberturas com até 0,5 mm são chamadas de fissuras e, as maiores de 0,5 mm e menores de 1,0 mm são chamadas de trincas.

4.4 - Classificações das fissuras quanto às causas

4.4.1 - Recalque de fundação

Dentre os mais diversos problemas patológicos geradores de fissuras o mais grave é o de recalques diferencial em fundações (PILZ *et al* (2009)). Quando ocorre a evolução deste tipo de fissura certamente existe um problema mais sério nas fundações, que com o passar do tempo pode comprometer a estabilidade da edificação. Colocando em risco a segurança de seus usuários (MARCELLI (2007)).

Os recalques de fundação apesar de terem sido bastante estudados, ainda desafiam as teorias. Existem algumas dificuldades impostas à sua previsão, e boa parte destas dificuldades tem como origem a própria heterogeneidade do solo (COLARES (2006)). É impossível prever com total exatidão os recalques absolutos que irão ocorrer em uma fundação, porém não existe recalque zero. As fundações projetadas para ter recalque bem próximo de zero implicariam em custos elevados, que inviabilizariam o projeto (MARCELLI (2007)).

Quando uma fundação apresenta recalques uniformes não são introduzidos novos esforços na estrutura, há apenas o comprometimento das ligações de água, esgoto, escadas e rampas. Todavia, quando ocorrem recalques diferenciais observa-se o aparecimento de esforços adicionais na estrutura, que provocam fissuras e podem comprometer a estabilidade da estrutura (RIBEIRO (2012)).

Define-se como distorção angular (β), também denominado recalque diferencial específico. A razão entre o recalque diferencial δ entre dois pilares e a

distância L entre os seus centros, como mostra a Equação 2.2 e conforme apresentado na Figura 40.

$$\beta = \frac{\delta}{L}$$

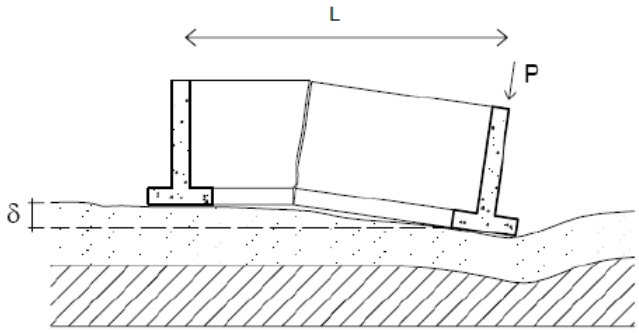


Figura 40 - Recalque diferencial, distorção angular ou rotação relativa (RIBEIRO (2012))

Com base em uma pesquisa realizada por SKEMPTON e MACDONALD (1956) apud FABRÍCIO E ROSSIGNOLO (2005) no qual foram estudados cerca de 100 edifícios, danificados ou não, houve uma associação a ocorrência de danos com valores limites para a distorção angular conforme Figura 41.

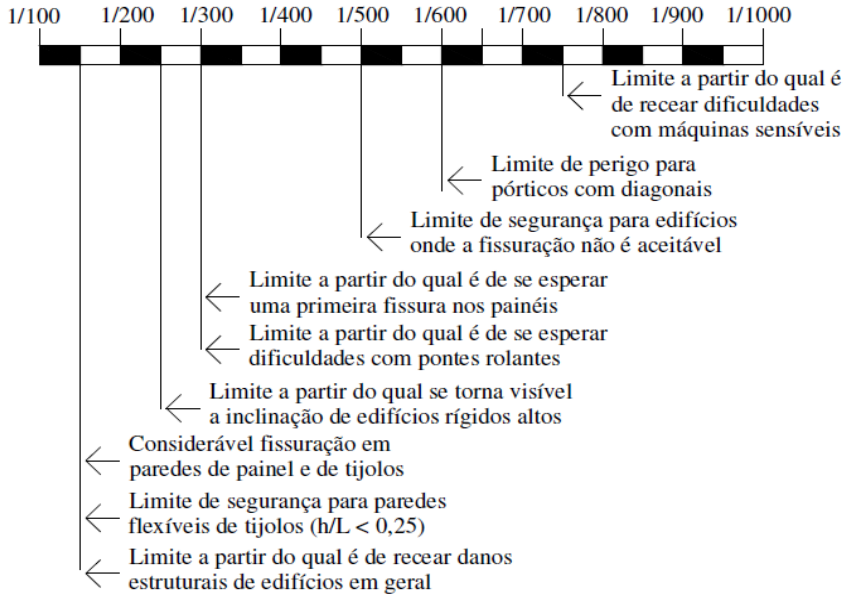


Figura 41 - Distorções angulares limites (COLARES (2006))

De acordo com a ilustração acima, pode-se observar que o inicio do aparecimento das fissuras ocorre quando $\beta = 1/300$. Porém, esse valor deve ser usado com cautela, uma vez, que a distorção angular está diretamente relacionada

com vários fatores, como: tipo e características do solo, tipo de elemento estrutural de fundação, tipo, porte, função e rigidez da superestrutura e propriedade dos materiais empregados (COLARES (2006)). Além disso, é importante ressaltar que a grande maioria dos edifícios utilizados na pesquisa foi de estruturas tradicionais de concreto e aço, e se ignorou a velocidade dos recalques , que permite quando lento, a redistribuição de esforços na estrutura.Portanto, está informação se torna bastante limitada para o uso no estudo das patologias relacionadas as estruturas de alvenaria estrutural.

As principais causas de recalques nas estruturas são as seguintes (RIBEIRO (2012)):

- Rebaixamento do Lençol Freático - Caso haja presença de solos compressíveis, pode ocorrer redução das pressões neutras, independente da aplicação de carregamentos externos.
- Solos colapsáveis e expansivos – Para o primeiro, solos de elevadas porosidades, quando entram em contato com a água, ocorre a destruição da cimentação intergranular, resultando um colapso súbito deste solo. Para o segundo, a presença do argilo-mineral montmorilonita condiciona a expansão (ou retração) do solo quando da variação do seu grau de saturação.
- Escavações em áreas adjacentes à fundação (túneis, trincheiras, etc.) – Em alguns casos, mesmo sob a presença de contenções, podem ocorrer movimentos, ocasionando recalques nas edificações vizinhas.
- Vibrações - Oriundas da operação de equipamentos como: bate-estacas, rolos compactadores vibratórios, tráfego viário, explosões, etc.
- Árvores - Crescimento de árvores em solos argilosos

De acordo com DUARTE (1998), as fissuras que possuem como origem o recalque de fundações, tendem a se localizarem próximas ao pavimento térreo da construção, mas dependendo da gravidade e do tipo de construção, o grau de fissuração pode ser intenso, nos pavimentos superiores e também no pavimento térreo.

JUNIOR (2002) ressalta que geralmente essas fissuras se desenvolvem em direção vertical ou diagonal, apresentando variação da abertura ao longo do

comprimento. THOMAZ (1990) também destaca estas fissuras se inclinam para o ponto onde ocorreu o maior recalque.

A maioria dos profissionais da construção civil associam as fissuras a 45° com um problema de fundação, e qualquer outra configuração a outro tipo de problema. Porém, as configurações das fissuras dependem muito do tipo de edificação, da estrutura e da causa geradora do recalque diferencial. Quando se têm aberturas nas alvenarias, as fissuras podem assumir configurações das mais variadas formas (MARCELLI (2007)). A Figura 42 e Figura 43 a seguir ilustram algumas configurações típicas de fissuras devido ao recalque de fundações.

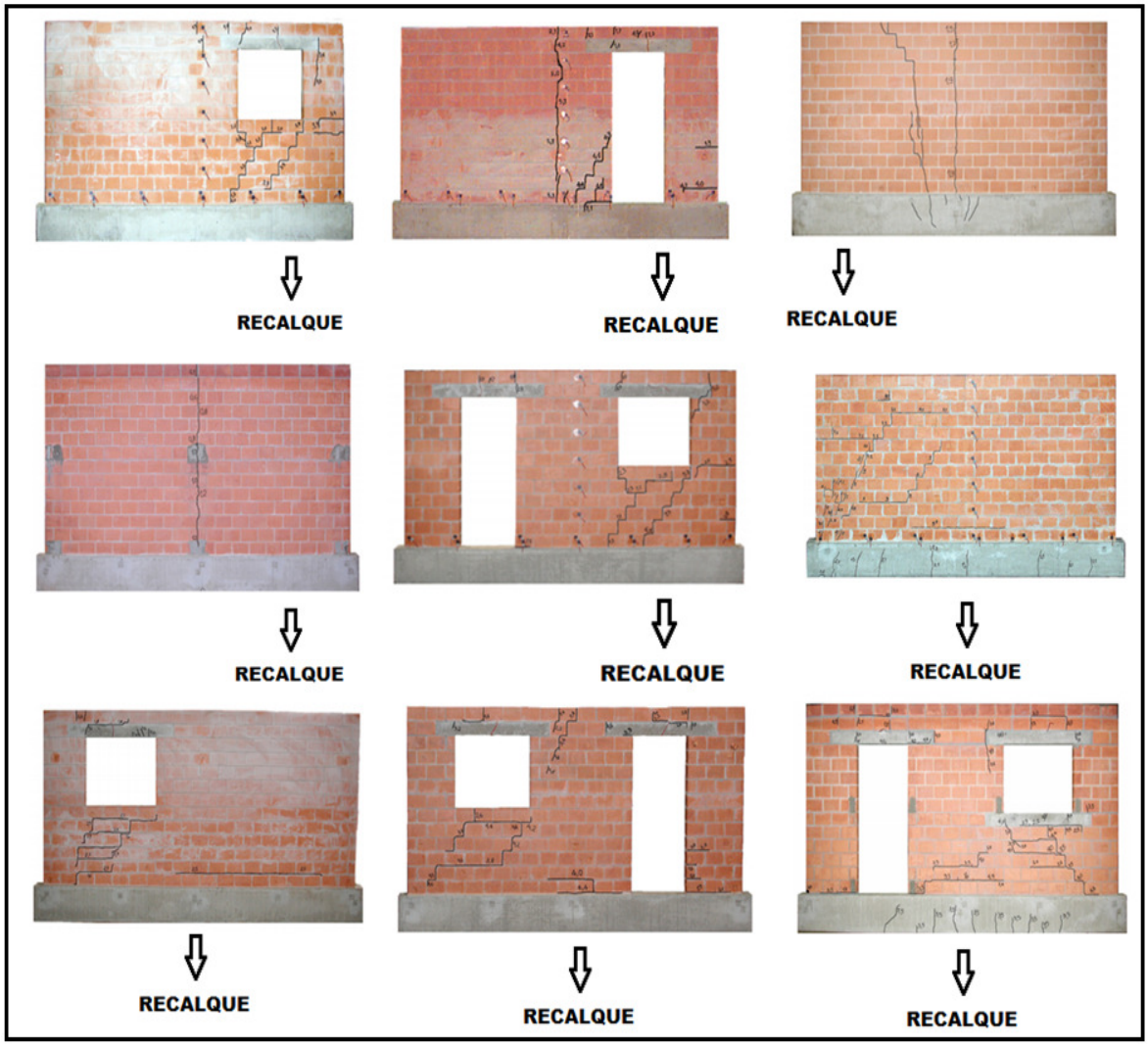


Figura 42 - Fissuras devido a recalque de fundação
(adaptada de OSVALDO e RAMALHO (2008))

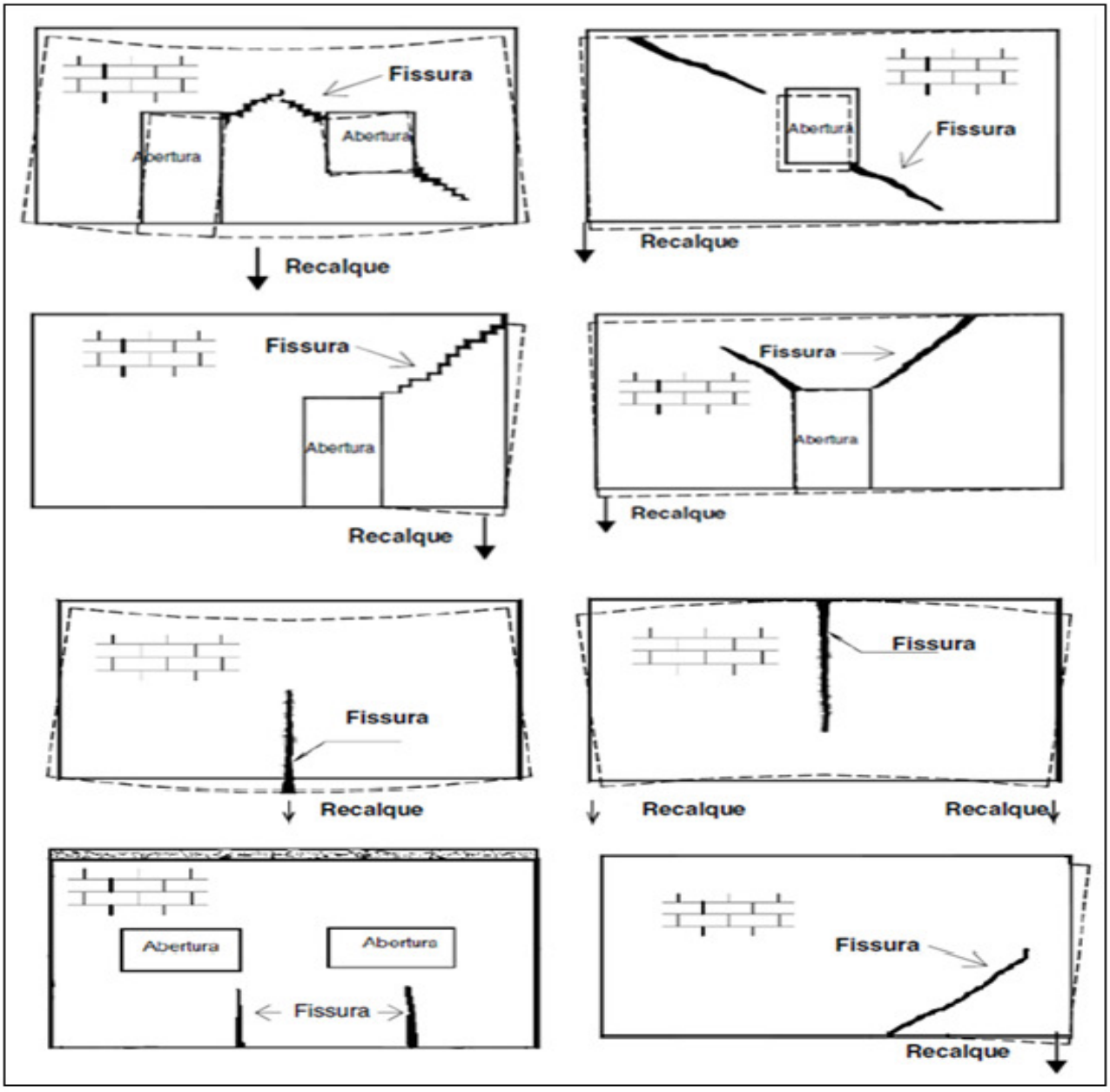


Figura 43 - Fissuras devido ao recalque de fundação (ALEXANDRE (2008))

4.4.2 - Sobrecarga de carregamento

As fissuras causadas por carregamento excessivo de compressão são geralmente verticais. Ocorrem devido aos esforços transversais de tração induzidos nas unidades pelo atrito da superfície da junta da argamassa com a face maior dos tijolos. Geralmente ao ser comprimida a argamassa também se deforma, porém com uma intensidade menor. Durante esse processo há uma tendência de expansão lateral da argamassa, que transmite tração lateral as unidades. Estes esforços

laterais de tração nas unidades são os responsáveis pelas fissuras verticais, apresentadas na Figura 44 (RICHTER (2007)).

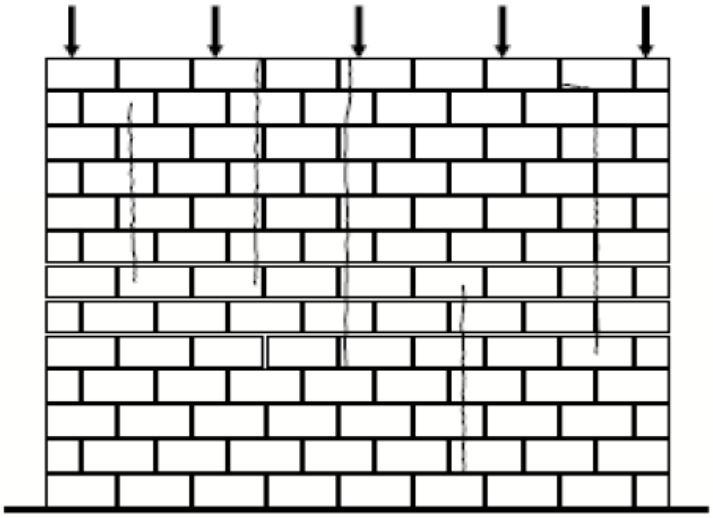


Figura 44 - Fissuras verticais devido à sobrecarga de carregamento (SAMPAIO (2010))

As fissuras por sobrecarga também podem se manifestar em outras direções, devido a presença de aberturas nas alvenarias. Neste caso, ocorre uma grande concentração de tensões nos vértices destes vãos, e as fissuras podem assumir diversas configurações, sendo as mais comuns as inclinadas partindo do canto da abertura, Figura 45 (THOMAZ (1990)).

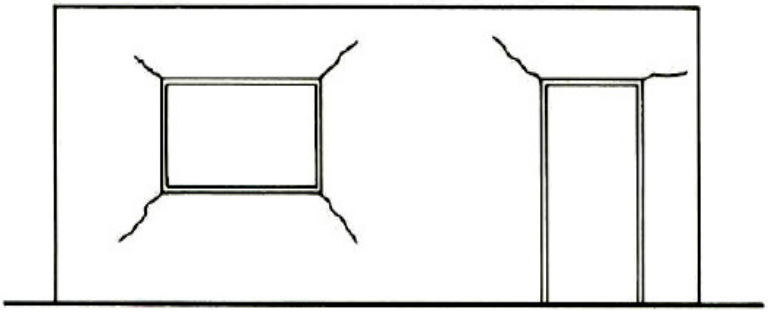


Figura 45 - Fissuras inclinadas (THOMAZ e HELENE (2000))

Segundo THOMAZ (1989), a atuação de cargas concentradas também podem provocar a ruptura dos componentes de alvenaria, gerando o aparecimento de fissuras inclinadas, a partir do seu ponto de aplicação conforme Figura 46.

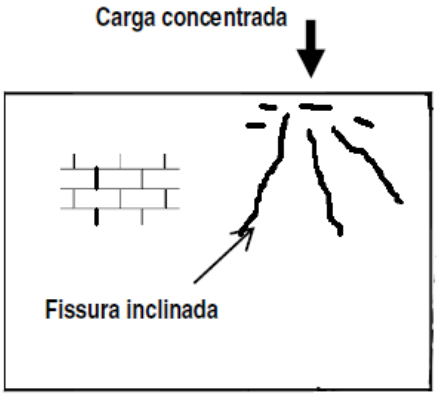


Figura 46 - Fissura inclinada provenientes de carga concentrada (THOMAZ (1990))

Apesar de não ser uma configuração muito frequente na alvenaria estrutural, podem ocorrer fissuras horizontais provenientes de cargas uniformemente distribuídas (SAMPAIO (2010)). Esse tipo de fissura (Figura 47) ocorre devido ao esmagamento da argamassa das juntas de assentamento, ou devido a solicitações de flexo-compressão, provenientes da deformação da laje, ou devido a carregamento excêntricos (ALEXANDRE (2008)).

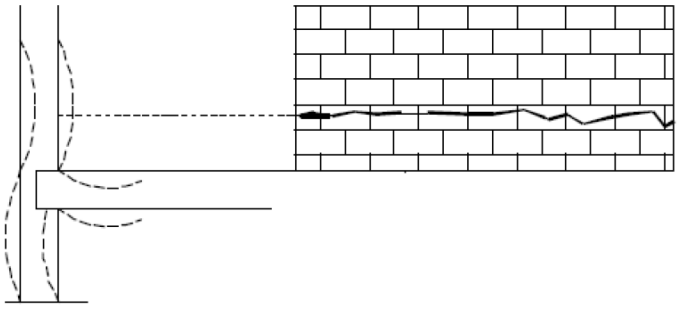


Figura 47 - Fissura causada por deformação na laje (SAMPAIO (2010))

4.2.3 - Variação Térmica

Todos os componentes e elementos de uma construção estão sujeitos a variações de temperatura, diárias ou sazonais, que geram variações dimensionais nos materiais, através da dilatação e contração dos mesmos (THOMAZ (1990)). As coberturas planas são as áreas mais expostas às mudanças térmicas comparadas com as alvenarias. Portanto, surgem movimentos diferenciados entre os elementos horizontais e verticais, causando fissuras horizontais (VALLE (2008)).

Segundo SAMPAIO (2010), as movimentações térmicas de um material estão relacionadas tanto com a propriedade físicas dos materiais quanto com o gradiente de temperatura. De acordo com HENDRY e KHALAF (2001) apud ALEXANDRE (2008), os coeficientes de dilatação dos materiais são conhecidos, porém a variação a ser assumida no projeto é difícil de ser estabelecida, pois depende da cor, localização, exposição, orientação da edificação e dos fatores climáticos.

De acordo com THOMAZ (1989), a amplitude e a taxa de variação da temperatura de um componente exposto à radiação solar, principal fonte de calor atuante sobre os componentes de uma edificação, irá depender da atuação combinada dos seguintes fatores: intensidade da radiação solar, absorbância da superfície do componente à radiação solar, emitância da superfície do componente, condutância térmica superficial, entre outras propriedades térmicas dos materiais de construção.

De acordo com VALLE (2008) as principais movimentações que ocorrem são:

- Na junção de materiais com diferentes coeficientes de dilatação térmica, susceptíveis às mesmas variações de temperatura, como a argamassa de assentamento e componentes de alvenaria.
- Na exposição de elementos a diferentes solicitações térmicas naturais (por exemplo, cobertura em relação as paredes da edificação).
- No 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).

As movimentações térmicas de um material estão relacionadas com as propriedades físicas do mesmo e com a intensidade da variação da temperatura. Já a magnitude das tensões desenvolvidas é função da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposto pelos vínculos a esta movimentação e das propriedades elásticas do material. Nas edificações pode-se observar que sempre existe uma forma de restrição a movimentação horizontal, devido à ligação de uma parede com outra, ou elementos da estrutura, ou o atrito das paredes com a laje (DUARTE (1998)).

A ação da temperatura e a formação de fissuras pode ser obervada através da Figura 48. A laje se dilata e sofre um efeito de arqueamento gerado pelo gradiente de temperatura, este fato produz tensões de tração e de cisalhamento nas paredes (VALLE (2008)).

Segundo SAMPAIO (2010), as coberturas e paredes externas recebem maior incidência da radiação solar, portanto são áreas mais propensas a ocorrência de fissuras por variações térmica. De acordo com BASSO *et al* (2007) apud ALEXANDRE (2008), o surgimento das fissuras debaixo da cobertura, estão relacionado a falta de resistência ao cisalhamento, que pode ocorrer nestas áreas. Devido a menor compressão a qual estas áreas estão sujeitas, uma vez que suportam apenas o peso da própria cobertura, e em consequência de estar predisposta à maior solicitação térmica.

É importante salientar, que mesmo em lajes sombreadas por telhados existe a possibilidade de formação de fissuras por variações térmicas (THOMAZ (1988) apud RICHTER (2007)). No entanto, este tipo de patologia não compromete a segurança da edificação (SABBATINI (1984)).

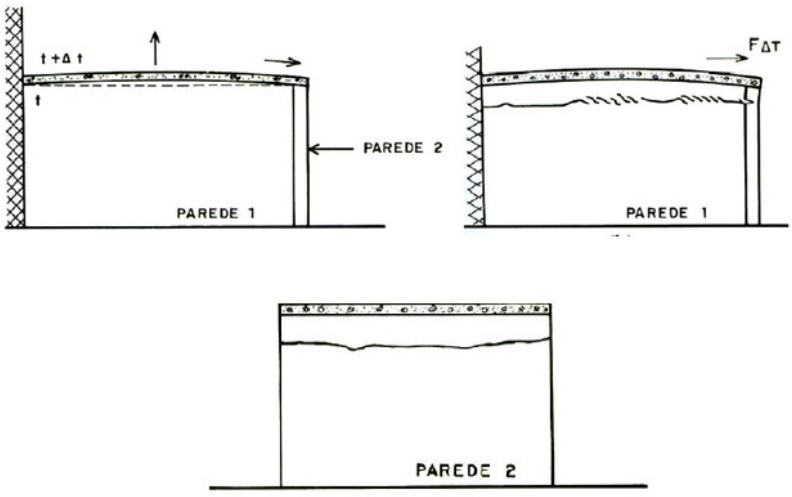


Figura 48 - Formação de fissuras horizontais devido à variação de temperatura (SAMPAIO (2010))

As fissuras podem assumir diversas configurações de forma simultânea ou separadamente. No entanto, as fissuras típicas são as horizontais, com o apresentado na Figura 49.(a), porém pode-se manifestar também com componentes inclinados , Figura 49.(b). Este fato ocorre quando existem restrições impostas à movimentação da laje (MAGALHÃES (2004)).

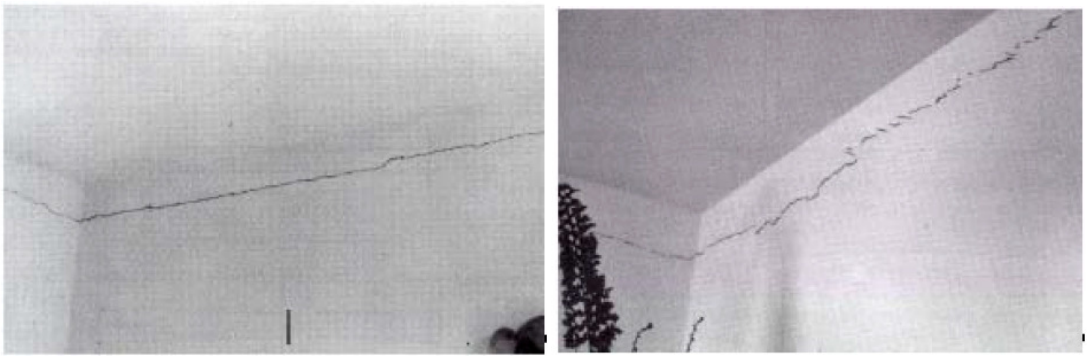


Figura 49 - Fissuras horizontais sem inclinação (a), e com inclinação (b) (MAGALHÃES (2004))

(a) (b)

Há também as fissuras inclinadas em paredes transversais (Figura 50), que aparecem no sentido predominante de dilatação e contração da laje. Ou seja, perpendicular às fachadas (DUARTE (1998)). Este tipo de anomalia possui inclinação aproximada de 45° em direção à laje, e podem ser erroneamente diagnosticada como fissura causada por recalque de fundação (MAGALHÃES (2004)).

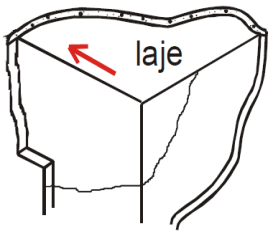


Figura 502 - Fissura inclinada a 45° proveniente de variação térmica da laje (DUARTE (1998))

4.2.4 - Reações químicas

As fissuras ocasionadas por reações químicas se apresentam de forma predominante na horizontal, e ocorrem devido à expansão da junta de argamassa provocada pela alteração química de seus materiais constituintes (MAGALHÃES (2004)). Segundo DUARTE (1998) as causas mais comuns são a hidratação retardada das cales, e expansão das juntas de argamassa provocada pela reação do cimento com sulfatos.

De acordo com MARCELLI (2007) quando as argamassas de assentamento são feitas com cales mal hidratados, podem apresentar grandes teores de óxido livre de cal e magnésio, que em presença de umidade irá se hidratar e consequentemente aumentar de volume, podendo chegar ao dobro do tamanho anterior. THOMAZ (2012) salienta que a umidade pode ser percolada do solo, proveniente de chuvas, vazamento, limpeza etc.

MARCELLI (2007) ressalta que esta expansão (Figura 51) vai gerar o surgimento de fissuras no revestimento, acompanhando as juntas de assentamento dos elementos que formam a alvenaria. Segundo SAMPAIO (2010) este fenômeno pode causar além de fissuras, deslocamento, desagregação e pulverulências nos revestimentos de argamassa.

Para RICHTER (2007) estas fissuras podem ocorre principalmente nas fachadas devido à incidência de umidade por infiltração de chuvas. Além disso, o mesmo autor destaca que este tipo de patologia ocorre preferencialmente nas proximidades dos topos das alvenarias, onde são menores os esforços de compressão oriundos do peso próprio da edificação. Porém MARCELLI (2007) enfatiza que pode ocorrer a presença deste tipo de anomalia em várias alturas distintas da alvenaria.

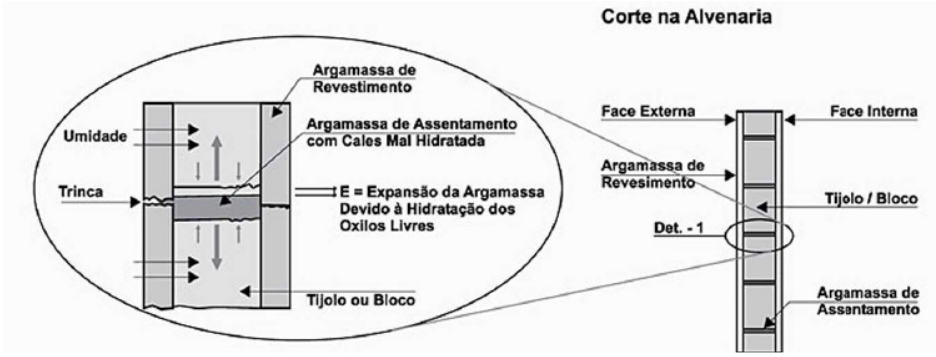


Figura 51 - Fissura devido à hidratação retardada de cales (MARCELLI(2007))

Nas juntas de assentamento também pode ocorrer reações entre o aluminato tricálcio, constituinte dos cimentos (e presente nas argamassas), com sulfatos, formando o sulfo-aluminato tricálcico (etringita), que gera uma grande expansão na argamassa (THOMAZ (2012)). O sulfato pode ser oriundo de diversas fontes, tais como: águas contaminadas, componentes feitos de argila com alto teor de sais solúveis, através do solo ou umidade proveniente da lavagem de pisos e

produtos usados na higiene pessoal. Este tipo de ataque produz fissuras com maior abertura e quase sempre surgem acompanhadas de eflorescência, (MARCELLI (2007)). De acordo com THOMAZ e HELENE (2000), as fissuras podem acompanhar as juntas de assentamento horizontal e vertical.

De acordo RICHTER (2007), as fissuras causadas por reações químicas se agrava em meios muito agressivos, com alta concentração de poluentes. A Figura 52 ilustra a configuração típica destes tipos de ataques.

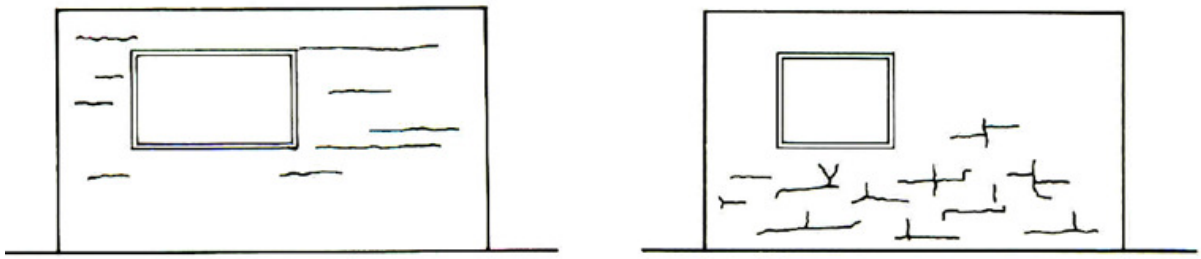


Figura 52 - Configurações típicas de ataques por reações químicas (RICHTER (2007))

4.2.5 - Retração

As fissuras causadas por retração ocorrem devido a movimentações de elementos construtivos ou de seus constituintes por retração de produtos à base de cimento (MAGALHÃES (2004)).

Segundo ALEXANDRE (2008) vários fatores influenciam na retração de um produto à base de cimento, sendo os principais as condições de cura, tipo e composição do cimento, natureza e granulométrica dos agregados, relação água/cimento.

A retração é causada pela perda de água que está quimicamente associada no interior do concreto. Essa diminuição de água provoca uma retração dos elementos de concreto da edificação que não é acompanhada pela alvenaria (ALEXANDRE (2008)). Conforme MAGALHÃES (2004), a retração de produtos à base de cimento não está sujeita à ação de cargas externas e tem como origem a perda de água nas misturas em estado plástico (retração plástica), perda de água por secagem (retração hidráulica), reação química de hidratação do cimento (retração química), pela carbonatação da cal das argamassas (retração por

carbonatação) ou pelo resfriamento dos produtos à base de cimento logo após a cura (retração térmica).

As fissuras nas alvenarias devido à retração podem ser causadas pela retração dos blocos de concreto, da junta de argamassa, ou pela movimentação por retração de outros elementos construtivos, como lajes (THOMAZ (1990)). As fissuras horizontais são as mais comuns, e são provenientes da contração das lajes. Geralmente este tipo de fissura se localiza principalmente nos últimos pavimentos, porém pode se manifestar nos pavimentos intermediários (RICHTER (2007)).

De acordo com DUARTE (1998) alvenarias localizadas nos últimos andares são mais susceptíveis a serem atingidas pela retração das lajes, pois este fenômeno esta associada com movimentos causados por variações térmicas. Para MAGALHÃES (2004) as fissuras nas alvenarias também podem surgir na base da parede (Figura 53), através de combinação da retração da laje, e expansão da alvenaria. Além disso, o mesmo autor salienta que, as fissuras por retração podem se manifestar de forma vertical devido à retração da alvenaria de blocos de concreto. Neste caso, a abertura no topo é mais saliente e se reduz a medida que se aproxima da base. A Figura 54, conforme ALEXANDRE (2008), ilustra algumas configurações típicas deste tipo de patologia.

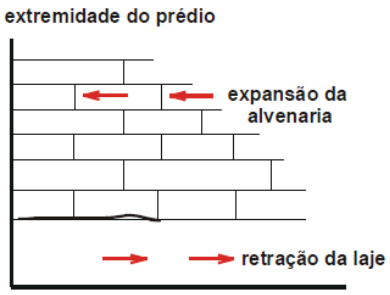


Figura 53 - Fissura na base da alvenaria por retração da laje e expansão da alvenaria (MAGALHÃES (2004))

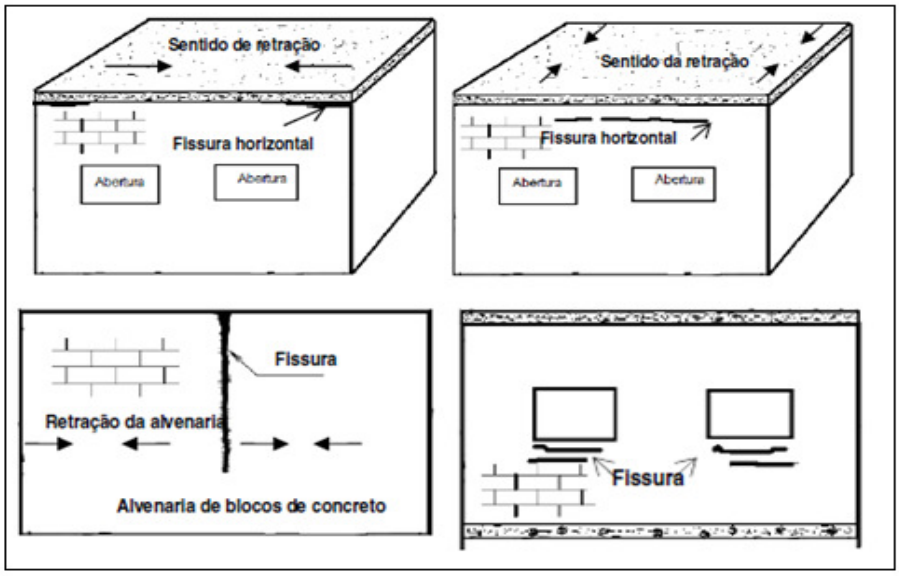


Figura 54 - Configurações típicas devido à retração (ALEXANDRE (2008))

Outro tipo de configuração são fissuras chamadas mapeadas, que podem ser formadas por retração das argamassas, por excesso de finos no traço ou por excesso de desempenamento, geralmente estas fissuras são superficiais (CORSINI (2010)), conforme Figura 55.

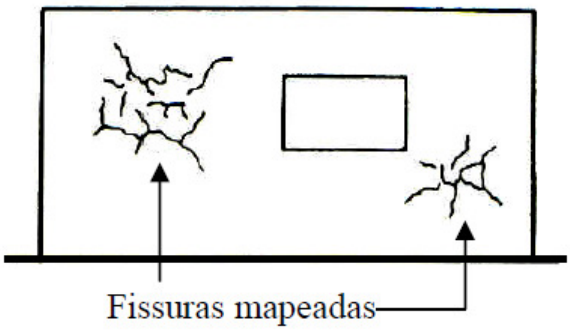


Figura 55 - Fissuras mapeadas causadas por retração da argamassa (SAMPAIO (2010))

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - Conclusões

De acordo com o trabalho apresentado, pode-se concluir que:

A resistência da alvenaria estrutural está diretamente relacionada com a qualidade dos materiais empregados na execução da edificação. Algumas fissuras causadas por reações químicas ocorrem devido à expansão da junta de argamassa, provocada pela alteração química de seus materiais. Ou seja, a utilização de materiais de qualidade duvidosa compromete o sucesso da edificação, se tornando um fator gerador de patologias.

- A qualidade da mão de obra também é outro fator deciso para evitar manifestações patológicas. A falta de prumo, o preenchimento das juntas e o grauteamento incorretos (falhas construtivas comuns), demonstram o despreparo da mão de obra empregada na alvenaria estrutural. Portanto, o treinamento da mão de obra torna-se uma necessidade neste processo construtivo emergente. O engenheiro não deve apenas fiscalizar o serviço executado, mas fornecer informações sobre este processo construtivo aos seus empregados, orientando o manuseio dos materiais e equipamentos, ergonomia das atividades e possíveis causas de patologias.
- Na alvenaria estrutural também é imprescindível a compatibilização dos projetos, pois a falta desta interação torna-se um dos principais motivos das manifestações patológicas. Ou seja, decisões tomadas pelos projetistas nas fases iniciais, serão responsáveis pelo sucesso ou fracasso do emprego deste sistema construtivo. É importante ressaltar que esta prática não é muito comum em empresas de pequeno porte.
- As fissuras geradas por recalque de fundação indicam um fenômeno patológico, que coloca em risco a segurança dos usuários. Geralmente ocorrem próximas ao pavimento térreo, porém dependendo do grau de fissuração, pode alcançar os pavimentos superiores. Apresentando variação de abertura ao longo do comprimento onde ocorreu o recalque diferencial. Esta patologia pode assumir configurações das mais variadas formas, devido ao seu relacionamento com o tipo da edificação, e a presença de aberturas.

- Fissuras ocasionadas por carregamento excessivo de compressão geralmente são verticais. No entanto, podem se manifestar em outras direções, devido a presença de aberturas nas alvenarias. Frequentemente, quando este fato ocorre, existe uma tendência da fissura de se inclinar para o canto da abertura. Além disso, fissuras horizontais provenientes de carregamento uniformente distribuído também podem surgir nas edificações.
- As movimentações causadas nos componentes e elementos da edificação sujeitos a variação da temperatura assumem diversas configurações. Entretanto, as fissuras típicas são as horizontais, que se manifestam geralmente próximo à laje (zona de maior incidência da radiação solar). Quando estas aberturas ocorrem de forma transversal às lajes, as fissuras apresentam inclinações de aproximadamente 45°, que muitas vezes são diagnosticadas de forma equivocada como recalque de fundação.
- Reações químicas podem causar fissuras na alvenaria com configurações predominantemente horizontais, principalmente em fachadas, devido a maior incidência de umidade nestas regiões da edificação.
- Fissuras causadas por retração ocorrem devido a movimentações de elementos construtivos à base de cimento, e independe das ações de cargas externas. Geralmente ocorre nos últimos pavimentos, devido a sua associação com a variação de temperatura. Porém, podem se manifestar em diversas partes da alvenaria. Suas configurações típicas podem ser em forma de mapa, vertical ou horizontal.

5- Sugestões

A partir do desenvolvimento da pesquisa, faz-se algumas recomendações para trabalhos futuros:

a) Estudos sobre a relação entre o surgimento das patologias em empreendimentos de pequeno e grande porte.
b) Estudo sobre procedimentos de vistorias em edificações com fissuras e as terapias para a solução das patologias na alvenaria estrutural.
c) Estudos sobre a relação entre a idade da edificação e o surgimento de patologias.Velocidade de execução do empreendimento e o surgimento de patologias ressaltando a modalidade de contratação.

6- REFERÊNCIAS

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Metodologia de execução - passo a passo para construir alvenarias de blocos vazados de concreto, 2010.** São Paulo.

ALEXANDRE, I.F. **Manifestações patológicas em empreendimento habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito, 2008**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ALVA, G.M.S. **Concepção Estrutural de Edifícios em Concreto Armado, 2007.** Notas de Aula - Universidade Federal de Santa Maria.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120 (1980) - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8949 (1985) - Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio à compressão simples - Método de ensaio**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123 (1988) - Forças devidas ao vento em edificações.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1 (2005) - Cmponentes cerâmico para alvenaria.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14974 (2003) - Bloco Silício-Calcário para Alvenaria.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136 (2007) - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575 (2010) - Impermeabilização - Seleção e Projeto.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15812 (2010) - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1 (2011) - Alvenaria estrutural – Blocos de concreto Parte 1 : Projeto.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-2 (2011) - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto Parte 2 : Execução e controle de obras.**

AZEREDO, H.A. **O Edifício até sua cobertura.** 2ª Ed.Editora: Edgard Blucher, 1997. São Paulo.

BOSCH. Catálogo de produtos.Disponível em: http://www.boschferramentas.com.br. Acesso em: 02/02/2013

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares, 2007**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

CAMACHO, J.S. **Concreto Armado: Estados Limites de utilização, 2005**. Notas de aula - Universidade Estadual Paulista.

CAMACHO, J.S.**Projeto de edifícios de alvenaria estrutural, 2006**. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Ilha Solteira , São Paulo.

CARVALHO, M.; BREMM, L.C.; Silva G.M. **Desempenho de prismas e paredes construidas com diferentes geometrias de blocos cerâmicos, 2008. Artigo disponível em:** http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/. Acesso em: 05/04/13

CASADO, A. **A importância da racionalização construtiva, 2010**. Artigo - Mercado da Construção Civil.

CASTRO,E.M.C. **Patologia dos edificios, 1999**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto.

CAVALHEIRO,O.P.**Curso de básico de alvenaria estrutural,1998**.Notas de aula - Universidade Federal de Santa Maria.

COLARES G.M. **Programa para análise da interação solo - estrutura no projeto de edificos, 2006**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Sistema construtivo: Alvenaria estrutural**. Disponível em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/. Acesso em 10/02/2013

CORSINI, R. **Trinca ou fissura? , 2010**. Artigo - Revista Téchine. Disponível em: http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-179241-1.asp, acesso em 02/03/2013.

DEUTSCH INDUSTRIE NORMEN (1974) DIN 1053 - **Alvenaria: Cálculo e execução**. Tradução de H. J. Okorn. São Paulo.

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

DUARTE, R.B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural, 1999.** Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre.

EQUIPAOBRA.Catálogo de produtos. Disponível em : http://equipaobra.com.br/plus/modulos/catalogo. Acesso em: 02/02/2013

FARIA, M.S. **Alvenaria com blocos de concreto: ferramentas para melhorar a qualidade e a produtividade da sua obra,2004**. Prática recomendada 2 - PR.Boletim técnico - Associação Brasileira de Portland, São Paulo.

FIGUEIRÓ, W.O. **Racionalização do Processo Construtivo de Edifícios em Alvenaria Estrutural, 2009**. Dissertação (Curso de especialização em construção civil) - Universidade Federal de Minas Gerais.

FREITAS, J.A**. Alvenaria estrutural, 2007**. Notas de aula - Universidade Federal do Paraná.

GALLEGOS, H.**Albañileria estructural, 1989**. 2ª Ed. Lima, Fondo Editorial da Pontifícia Universidad Católica Del Peru.

GRAZIANO,F.P.**Compatibilzação de Projetos, 2003**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT, São Paulo

GRUPO ABRIL. **Conheça os segredos da alvenaria estrutural**. Disponível em: http://casa.abril.com.br/materia/conheca-os-segredos-da-alvenaria-estrutural. Acesso em: 09/02/2013.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON,P.E. **Qualidade: cada erro tem seu preço, 1992**. Tradução de Vera M. C. Revista Téchne.

HENDRY, A. W.; SINHA, B. P.; Davies S. R.; **Design of Masonry Structures: Third Edition of Load Bearing Brickwork Design, 1997**. University of Edinburgh.

JUNIOR, O.G.H. **Influência de recalques em edifícios de alvenaria estrutural, 2002.** Dissertação (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

KALIL, S.B.;LEGGERINI,M.R. **Alvenaria Estrutural, 2007**. Notas de aula-Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MAGALHÃES,E.F.**Fissuras em alvenarias: Configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul, 2004**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARCELLI, M. **Sinistros na Construção Civil, 2007.** 1ª Ed. Editora**:** PINI. 1ª ed

MELO C.M. **Projeto arquitetônico: necessidade e dificuldades do arquiteto frente às particularidades do processo construtivo de alvenaria estrutural, 2006**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina

MILITO A.J.; **Técnicas de construção civil e construção de edifícios, 2004.** Notas de aula - Pontifícia Universidade Católica, Campinas.

MOREIRA, E.M. **Análise experimental em escala reduzida de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos submetidos a ações verticais, 2007**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo.

NAKAMURA. J. **Máquinas e equipamentos: sem improviso**. Reportagem - Revista Téchine. Disponível em: http://www.revistatechne.com.br/engenharia- Acesso em 22/02/2013.

NOVAES, C.C. A. **Modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto.** In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no Processo Construtivo. ENTAC98, 1998,

Florianópolis, SC. Anais do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

OSVALDO, G.H.J.; RAMALHO, M.A.;**Influência de recalques em edificios de alvenaria estrutural, 2008**.Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos.

PAULUZZI. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php. Acesso em 09/02/2013.

PICCHI, F.A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios, 1993**. Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PILZ,S.E.;MENEGOTTO,M.L.;COSTELLA,M.F.;PAVAN,R.C.;JACOSKI,C.A.; **Recuperação das fundações e da estrutura de um edifico devido a recalques originados da inadequação de investigação do subsolo,2009**. Anais do 5º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, CINPAR, 2009.

POZZOBON,M.A. **O processo de monitoramento e controle tecnológico em obras de alvenaria estrutural,2003**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

PRUDÊNCIO,L.R.J. **Resistência à compressão da alvenaria e correlação entre a resistencia de unidades, primas e paredes, 1986**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PRUDÊNCIO,L.R.J;OLIVEIRA,A.L.;BEDIN,C.A**.Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto , 2002**. Associação Brasileira de Cimento Portland, Florianópolis.

RAMALHO, M.A. CORRÊA, M.R.S. **Projeto de Edifício em Alvenaria Estrutural, 2007**. 2ª Ed. Editora: PINI. São Paulo.

RIBEIRO , E.C.**Recalque de fundação, 2012**. Notas de aula - Universidade Federal do Piauí.

RICHTER,C.**Qualidade da Alvenaria Estrutural em Habitações de Baixa Renda : uma análise de confiabilidade e da conformidade,2007**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RIVERS,C. **Alvenaria estrutural, 2008.** Artigo disponivel em: http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/ . Acesso em 02/02/2013.

ROMAN, H.R. MUTTI, C.N. ARAÚJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural, 1999**. 1ª Ed .Editora da UFSC,Florianópolis.

ROMAN,H.R.; RAMOS,A.S.SIGNOR, R. **Curso de Análise de Alvenaria estrutural preparado para os funcionários da Caixa Econômica Federal, 2002**. Florianópolis: Universidade Corporativa Caixa.

ROMAN,H.; FILHO,S. **Manual de alvenaria Estrutural com Blocos Cerâmicos, 2007**.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989.** Dissertação (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

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,2003-Caixa econômica Federal**.Diretoria de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano.

SABBATINI,F.H.**O processo construtivo de edificios de alvenaria estruturual sílico-calcária,1984**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SAMPAIO,M.B. **Fissuras em edifícios residências em alvenaria estrutural,2010**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SCANMETAL. Catálogo de produtos.Disponível em : http://www.scanmetal.com.br/produtos_manuseio.html. Acesso em: 02/02/2013.

SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Pequenas e Micro Empresas). **Diretizes Gerais para Compatibilização de Projetos**, **1995**. Curitiba.

SILVA, S.A. **A evolução dos edifícios em alvenaria auto-portante, 2004**. Seminário - Universidade de São Paulo.

SIQUEIRA,R.A.; MALARD,M.L.;SILVA,M.A.;MARGARETE,M.A.;TELLO,M.;ALEVS,J. **Coordenação modular da alvenaria estrutural: concepção e representação, 2007**. Artigo disponivel em : www.mom.arq.ufmg.br/mom/.../siqueira.pdf. Acesso em : 09/02/2013.

SOUZA, M.W.S.**Levantamento de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, 2011**.Monografia .Universidade Federal do Ceará.

TAUIL, C.A.;NESSE, F.J.M. **Alvenaria Estrutural.** 1ª Ed. Editora: PINI. São Paulo.

TAVARES J.W.;BARRO N. J.P.;POSSAMAI O.; MOTA E. M.; **Um Modelo de Registros das tecnologias para uso na compatibilização de Projetos de edificações, 2003**. In:Simpósio Brasileiro de Gestão Economia da Construção, São Carlos, São Paulo.

THOMAZ,E. **Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação,1988**. Boletim técnico - Instituto de pesquisas tecnológicas , São Paulo.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação,1989**. Editora: Pini, Escola politécnica da Universidade de São Paulo: IPT.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios- Causas, prevenção e recuperação,1990.** 13 ª Ed. Editora:Pini. IPT-Epusp.

THOMAZ, E. **Fissuras de Alvenaria, 2012.** Seminário - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

THOMAZ, E; HELENE P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios, 2000.** Boletim técnico-Universidade de São Paulo.

VALLE, J.B.S. **Patologia das Alvenarias , 2008**. Dissertação (Especialização na Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais.

VERÇOZA,E.J.**Patologias das Edificações, 1991**.1ª Ed. Editora Sagra. Porto Alegre.