



# Análise de Alvenaria Estrutural

1. Introdução
2. Materiais
3. Projetos
4. Obras



Universidade Corporativa CAIXA





# Análise de Alvenaria Estrutural

O curso de Análise de Alvenaria Estrutural, preparado para os funcionários da Caixa Econômica Federal foi elaborado pelas seguintes instituições e equipe:



**NPC**

**Núcleo de Pesquisa em Construção Universidade Federal de Santa Catarina**

Departamento de Engenharia Civil

Campus Universitário

tel: 48-331 9272

site: <http://www.npc.ufsc.br>



**Grupo de Desenvolvimento de Sistemas de Alvenaria  
Universidade Federal de Santa Catarina**

Departamento de Engenharia Civil

Campus Universitário

tel: 48-331 9272

site: <http://www.npc.ufsc.br/gda/>



**FEESC**

**FEESC - Fundação do Ensino da Engenharia em Santa Catarina**

Campus Universitário

tel: 48-234 1279

site: <http://www.feesc.org.br/>

## **Professores**

**Humberto Ramos Roman, Ph.D**

Universidade Federal de Santa Catarina

**Régis Signor, M.Sc**

Caixa Econômica Federal

**Arnaldo da Silva Ramos, M.Sc**

AS Ramos Construções

**Gihad Mohamad**

Univali



## 1. Potencial, Vantagens, Desvantagens e Histórico

1.1 O que é alvenaria estrutural?.....	8
1.2 Alvenaria estrutural no Brasil?.....	9
1.3 Qual é o potencial da alvenaria estrutural?.....	10
1.4 Afinal, o que é uma alvenaria de qualidade?.....	12

## 2. Princípios Básicos da Alvenaria Estrutural

2.1 Introdução .....	13
2.2 Apresentando a alvenaria .....	16
2.2.1 Tipos de alvenaria .....	16
2.2.2 Paredes como elementos estruturais .....	16
2.3 Princípios básicos da alvenaria .....	17
2.3.1 Troca da forma da parede .....	17
2.3.2 Arranjo apropriado das paredes .....	18
2.3.2.1 Sistema celular .....	19
2.3.2.2 Sistema de paredes transversais .....	19
2.3.2.3 Sistemas complexos .....	20
2.3.3 Construção com colunas ou em pódio .....	20
2.3.4 Uso de armadura ou parede protendida .....	21
2.4 Esforços solicitantes da alvenaria .....	21
2.5 Teoria do projeto em alvenaria estrutural.....	22
2.6 Conclusão .....	25

## 3. Curso de Alvenaria para Avaliadores de Projetos e Obras

3.1 Objetivos gerais.....	27
3.2 Objetivos específicos.....	28
3.3 O que se espera das construtoras.....	28
3.3.1 Experiência no sistema .....	28
3.3.2 Equipamentos adequados .....	30
3.3.3 Mão-de-obra adequada .....	30
3.4 O que se espera dos fornecedores.....	32
3.4.1 Fornecedores de blocos de concreto .....	32
3.4.2 Fornecedores de blocos cerâmicos .....	33
3.4.3 Fornecedores de argamassas pré-misturadas .....	34
3.5 O que se espera dos projetistas.....	35
3.5.1 Arquiteto .....	35
3.5.2 Projetista estrutural .....	36
3.5.3 Demais projetistas complementares .....	37

## 4. Materiais

<b>4.1 Introdução</b> .....	38
<b>4.2 Unidades de Alvenaria</b> .....	38
4.2.1 Unidades cerâmicas .....	40
4.2.2 Unidades de concreto .....	46
<b>4.3 Argamassa</b> .....	49
4.3.1 Características gerais .....	50
4.3.2 Materiais constituintes da argamassa .....	50
4.3.3 Tipos de argamassa .....	51
4.3.4 Propriedades das argamassas .....	52
4.3.4.1 Argamassas no estado fresco .....	52
4.3.4.2 Argamassas no estado endurecido .....	54
4.3.5 Escolha da argamassa (traço) .....	55
<b>4.4 Graute</b> .....	57
4.4.1 Materiais constituintes .....	58
4.4.2 Dosagem .....	59
4.4.3 Proporcionamento, mistura e lançamento.....	59
<b>4.5 Comportamento estrutural da alvenaria</b> .....	61
4.5.1 Resistência à compressão da alvenaria .....	62
4.5.1.1 Desempenho de diferentes materiais .....	62
4.5.1.2 Influência da técnica construtiva e da qualidade da mão-de-obra.....	68
4.5.2 Conclusão .....	75

## 5. Os Projetos

<b>5.1 Introdução</b> .....	76
<b>5.2 Coordenação de projetos</b> .....	76
<b>5.3 Projeto arquitetônico</b> .....	77
5.3.1 Definição dos condicionantes de projeto .....	78
5.3.2 Simplificação do projeto .....	78
5.3.3 Simetria .....	79
5.3.4 Modulação .....	79
5.3.5 Famílias de blocos de concreto .....	81
5.3.6 Famílias de blocos cerâmicos .....	82
5.3.7 Passagem de dutos .....	83
5.3.8 Paginação .....	85
<b>5.4 Projeto hidráulico</b> .....	86
<b>5.5 Projeto elétrico</b> .....	88
<b>5.6 Projeto executivo</b> .....	89



## 6. Análise de Projetos

<b>6.1 Introdução</b> .....	91
<b>6.2 Projeto arquitetônico</b> .....	91
6.2.1 Modulação .....	92
6.2.2 Planta baixa .....	92
6.2.3 Cortes .....	94
6.2.4 Rigidez estrutural .....	95
6.2.5 Previsão de shafts (muchetas) .....	97
6.2.6 Vãos .....	98
6.2.7 Cobertura .....	99
6.2.8 Revestimentos externos .....	100
6.2.9 Espessura das paredes estruturais .....	101
6.2.10 Altura dos pavimentos .....	102
6.2.11 Previsões de modificações .....	102
<b>6.3 Projeto estrutural</b> .....	104
6.3.1 Plantas de 1ª e 2ª fiadas .....	104
6.3.2 Paginações .....	106
6.3.3 Utilização da família completa de blocos .....	106
6.3.4 Detalhes construtivos .....	107
6.3.4.1 Vergas e contra-vergas .....	107
6.3.4.2 Fiadas de respaldo .....	108
6.3.4.3 Coxins .....	110
6.3.4.4 Armaduras construtivas .....	110
<b>6.4 Previsão de danos acidentais</b> .....	111
6.4.1 Projeto prevendo danos acidentais segundo a BS 5628 .....	111
6.4.1.1 Orientações gerais .....	112
6.4.1.2 Condições de adequação .....	112
<b>6.5 Esforços de vento</b> .....	115
6.5.1 Mecanismo de funcionamento .....	116
6.5.2 Hipótese do diafragma rígido .....	118
6.5.3 Juntas de construção e movimentação .....	119
<b>6.6 Definição dos elementos de projeto</b> .....	121
<b>6.7 Definição das juntas de assentamento</b> .....	122
6.7.1 Juntas horizontais .....	122
6.7.2 Juntas verticais .....	123
<b>6.8 Utilização de teorias consistentes para o dimensionamento</b> .....	124
<b>6.9 Determinação do plano tecnológico de produção</b> .....	125
<b>6.10 Consideração de materiais e mão-de-obra</b> .....	125
<b>6.11 Projetos complementares</b> .....	127
6.11.1 Projeto elétrico, telefônico, internet e similares.....	127
6.11.2 Projetos hidráulico, sanitário e de gás .....	128
<b>6.12 Cronograma físico-financeiro</b> .....	129

## **7. Execução de Obras em Alvenaria Estrutural**

<b>7.1</b>	<b>Introdução</b>	131
<b>7.2</b>	<b>Ferramentas</b>	131
<b>7.3</b>	<b>Marcação da alvenaria</b>	136
7.3.1	Procedimentos preliminares	136
7.3.2	Marcação da primeira fiada	138
<b>7.4</b>	<b>Elevação da alvenaria</b>	142
<b>7.5</b>	<b>Execução de revestimentos</b>	147
<b>7.6</b>	<b>Execução de instalações na alvenaria estrutural</b>	150
<b>7.7</b>	<b>Falhas construtivas</b>	153
7.7.1	Uso de família de blocos incompleta	153
7.7.2	Variação da espessura e preenchimento de junta vertical	153
7.7.3	Uso de blocos irregulares ou de dimensões diferentes	154
7.7.4	Elevação não homogênea das alvenarias	154
7.7.5	Falhas devidas ao desaprumo da parede	155
7.7.6	Estocagem inadequada de blocos	155
7.7.7	Preenchimento inadequado de juntas de assentamento horizontal	156
7.7.8	Falhas devidas a projeto inadequado	156
7.7.9	Colocação posterior de eletrodutos	156
7.7.10	Não nivelamento da laje	157
7.7.11	Grauteamento incorreto	157
7.7.12	Não organização do posto de trabalho	158
7.7.13	Ausência de ferramentas adequadas	158
7.7.14	Rasgos em paredes	158
7.7.15	Assentamento em dias de chuva	159
7.7.16	Umidade de paredes devida à má execução	159
7.7.17	Fissuras junto à laje de cobertura no último pavimento	160

## **8 Bibliografia**

<b>8.1</b>	<b>Bibliografia</b>	162
------------	---------------------	-----



1.

## Potencial, vantagens, desvantagens e histórico

O mercado da alvenaria estrutural tem crescido no Brasil das últimas décadas. Apesar desse crescimento, são poucos os cursos de Engenharia em que a disciplina alvenaria estrutural é oferecida. Mesmo naqueles que a oferecem, esta geralmente se caracteriza por ser optativa. Por isso, o número de profissionais que saem desses cursos com conhecimento em alvenaria estrutural é reduzido. Em contraposição, a demanda do mercado com o crescimento de construções em alvenaria estrutural tem levado as construtoras a contratarem profissionais que não são habilitados para projetarem nesse processo e nele construir.

Segundo alguns profissionais de engenharia acreditam, construir em alvenaria estrutural consiste em empilhar blocos com resistência um pouco melhor do que os usados em paredes de vedação. Muitos projetistas pensam que, tendo conhecimento de projeto estrutural em concreto armado, já estão aptos a projetarem quaisquer tipos de estrutura.

A condução da construção propriamente dita por profissionais que também desconhecem o processo em estudo agrava os problemas originários da etapa de projeto. Com isto, diminui a probabilidade de obtenção dos ganhos econômicos que o uso adequado da alvenaria estrutural permite.

Além disso, a combinação dos fatores acima descritos faz com que não sejam raros os problemas de qualidade e de segurança nas construções em alvenaria estrutural.

Neste cenário, cabe, em muitos casos, ao corpo técnico da Caixa Econômica Federal auxiliar e conduzir as construtoras para que estas planejem e executem os processos de acordo com as premissas da alvenaria estrutural.

O presente tópico trata da alvenaria estrutural quanto à sua conceituação, potencial, vantagens / desvantagens e trajetória histórica.

**Cabe, em muitos casos, ao corpo técnico da Caixa Econômica Federal auxiliar e conduzir as construtoras para que estas planejem e executem os processos de acordo com as premissas da Alvenaria Estrutural.**

## 1.1 - O Que é Alvenaria Estrutural?



Figura 1 - Catedral de Notre Dame em Paris, França

Alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes são utilizadas, simultaneamente, como elementos de vedação e como elementos resistentes às cargas verticais de peso próprio e de ocupação e às cargas horizontais devidas ao vento.

O uso de alvenaria estrutural tem milhares de anos de existência e iniciou com a utilização do conhecimento empírico. Os exemplos mais expressivos do uso dela na antiguidade são as catedrais. Essas obras magníficas, existentes até hoje em excelente estado de conservação, comprovam o potencial, a qualidade e a durabilidade deste processo construtivo.

Na história da alvenaria estrutural, o dimensionamento se manteve em bases empíricas até o final do século XIX. O conhecimento então existente levava à construção de edificações de paredes com espessuras excessivas. O mais famoso exemplo dessa fase talvez seja o Monadnock Building, de Chicago, nos EUA. Inaugurado em 1894, foi considerado um marco da engenharia para

a época. Com 16 pavimentos de altura, as paredes do térreo apresentam 1,80 m de espessura.

O advento do concreto armado foi contemporâneo à construção do Monadnock Building. Essa nova forma de estrutura, aliada ao encarecimento do solo e da mão-de-obra, produziu duas conseqüências:

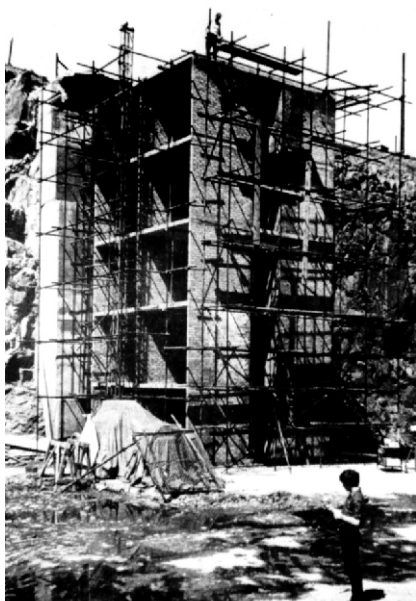
- 1.O abandono do uso de alvenaria estrutural como opção viável do ponto de vista técnico e financeiro;
- 2.A perda de grande parte do conhecimento a respeito da alvenaria estrutural, especialmente o de bem construir.

Por tais razões, esse processo construtivo sofreu grande declínio até à segunda guerra mundial.



Figura 2 - Monadnok Building, em Chicago





No início da década de 50, novas pesquisas e novos métodos de cálculo tornaram a alvenaria estrutural competitiva para a construção de prédios de até 16 pavimentos. A partir dessa década, a retomada do processo de construção em alvenaria estrutural pode ser considerada um resgate do processo do passado.

◀ Na década de 60, os professores Sinha e Hendry, da Universidade de Edimburgo, na Escócia, desenvolveram extensivo projeto de pesquisa. Tal projeto incluiu a construção de um prédio de cinco andares em tamanho natural para teste. Em função dessas pesquisas, um novo patamar foi atingido no projeto e na execução de prédios em alvenaria estrutural.

**No início da década de 50, novas pesquisas e novos métodos de cálculo tornaram a alvenaria estrutural competitiva para a construção de prédios de até 16 pavimentos.**

## 1.2 - Alvenaria Estrutural no Brasil

No Brasil, os primeiros prédios em alvenaria estrutural surgiram em São Paulo no final da década de 60. Esses prédios foram construídos em bloco de concreto e mostraram uma arquitetura muito pobre (figura 3 a). Em 1972 foi concluído, em São Paulo, o primeiro edifício com 12 pavimentos. Esse edifício foi projetado por um engenheiro norte-americano e foi construído em alvenaria estrutural armada, e pode ser visto na figura 3 b).

Nesse mesmo período, algumas empresas brasileiras de cerâmica, notadamente no Sul, passaram a produzir blocos estruturais. Em todos esses empreendimentos, os procedimentos de construção utilizados foram convencionais, não tendo as construtoras obtido todas as vantagens potenciais da alvenaria estrutural.



b)

Figura 3 - Alvenaria estrutural não armada em Goiânia. Primeiro prédio em alvenaria estrutural armada na cidade de São Paulo.



a)



No início da década de 90, com o surgimento de políticas de qualidade e produtividade e com a baixa da inflação, a alvenaria estrutural surgiu com grande força, notadamente no Sudeste e no Sul do país.

Figura 4 - Edifício construído pelo processo Poli-Encol



A partir de 1990, **intensificou-se o estudo da alvenaria estrutural não armada**. Surgiu o processo Poli-Encol, que propôs grande racionalização nas formas de construir. Entre essas, destaca-se a adoção de blocos com **modulação de 15 cm, escadas pré-moldadas, uso de equipamentos e ferramentas próprios** para alvenaria estrutural e não preenchimento da junta vertical.

Algumas das soluções representaram grande avanço no uso do processo em todo o Brasil. Outras se mostraram equivocadas ou, pelo menos, **polêmicas, especialmente o não uso de argamassa nas juntas verticais**.

A Figura 4 mostra um edifício residencial construído pelo processo Poli-Encol.

Nos últimos dez anos, cresceu muito o número de pesquisadores deste tema. Além disso, a oferta de cursos aos profissionais de várias regiões do Brasil e o aumento da qualidade dos materiais em oferta têm feito crescer o interesse e o uso da alvenaria estrutural.

### 1.3 - Qual é o potencial da alvenaria estrutural?

Uma das questões que se levantam com frequência está relacionada com o potencial deste processo construtivo. **Que tipo de obra é possível construir em alvenaria estrutural?**

Do ponto de vista puramente técnico, a alvenaria estrutural permite obras de grande arrojado estrutural, não havendo limites quanto ao uso da mesma. É normalmente possível construir em alvenaria estrutural, com economia e qualidade, prédios de apartamentos, hospitais, escolas e hotéis.

De outro lado, sob o ponto de vista econômico, alguns empreendimentos serão mais viáveis se forem construídos com processos convencionais de concreto armado ou em estruturas de aço. Servem de exemplo prédios de grande altura, acima de 15 pavimentos, ou obras que envolvam grandes vãos ou arquitetura muito arrojada.

Apesar disso, existem, em alvenaria estrutural, vários exemplos de **obras de grande arrojado, construídas com custos competitivos**. Alguns exemplos disso são as figuras apresentadas abaixo.

As figuras 5 e 6 mostram obras do engenheiro Eládio Dieste (1917-2000). Foram feitas com tijolo cerâmico maciço e com toda a estrutura em alvenaria estrutural, incluindo o teto. Elas são marcos da arquitetura e da engenharia mundial.



Figura 5/6 - Igreja de Atlântida, e Igreja de San Pedro de Durazno, no Uruguai, obra do Engenheiro Eládio Dieste.

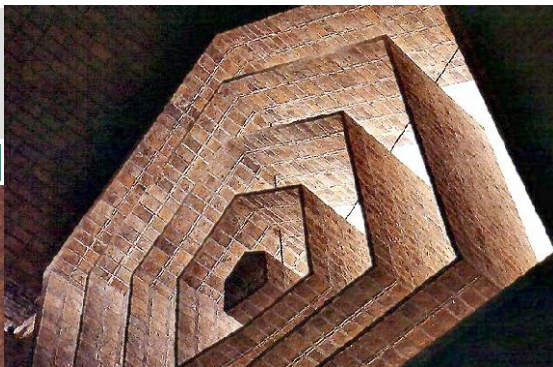
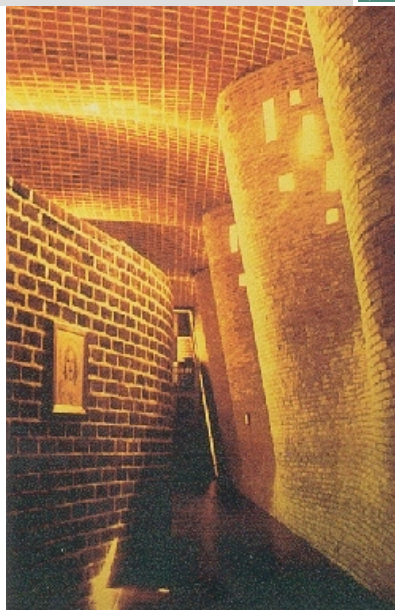


Figura 7 - Edifício todo estruturado em alvenaria estrutural



O Reino Unido tem grande tradição de alvenaria estrutural em **tijolos cerâmicos**. A figura 7 mostra o escritório de um fabricante de cerâmica, todo em alvenaria estrutural.

No Brasil tem crescido muito o uso deste tipo de estrutura, notadamente com **bloco de concreto**. A figura 8 mostra um edifício residencial de 12 pavimentos, outro de 15, construídos em Florianópolis.

Figura 8 - Edifícios em alvenaria estrutural de bloco de concreto, em Florianópolis





## 1.4 - Afinal, o que é uma alvenaria de qualidade?

Cresceu o número de usuários em alvenaria estrutural no Brasil. Mas não se pode igualmente afirmar que todos utilizem alvenaria estrutural de forma adequada. **Alvenaria é a união de conhecimento estrutural, materiais de qualidade e processo adequado de construção .**

O conhecimento sobre o comportamento estrutural da alvenaria está bastante solidificado. Vários livros, publicações e normas internacionais descrevem este comportamento de forma bastante completa. Assim, **uma boa alvenaria inicia pela elaboração de um projeto estruturalmente correto.**

**O uso de materiais de qualidade é o segundo passo para a obtenção de boa alvenaria.** Materiais de má qualidade resultam em assentamento fora do prumo, do nível e do alinhamento, além de poderem não conferir à parede a resistência especificada em projeto. No Brasil, a qualidade dos materiais, quer os blocos de concreto, quer os de cerâmica, as argamassas e os grautes têm melhorado muito, tanto que hoje podem encontrar-se materiais apropriados para o uso em paredes estruturais em quase todo o território brasileiro.

**Alvenaria é a união de conhecimento estrutural, materiais de qualidade e processo adequado de construção.**

Finalmente, o **processo de construção é o terceiro componente para a obtenção de uma boa alvenaria.** Está intimamente ligado à qualidade do projeto e dos materiais. Deve apresentar soluções adequadas que favoreçam à construtibilidade e, conseqüentemente, à obtenção de uma alvenaria estrutural segura e econômica. Os programas de qualidade e produtividade em andamento no setor da construção têm servido para melhorar esses indicadores. Neste contexto, o processo construtivo em alvenaria estrutural tem se mostrado um dos mais adequados para a implantação desses programas.

Assim, pode-se dizer que, atualmente, a alvenaria estrutural constitui-se em processo construtivo muito utilizado no mundo todo. **Como principais razões para este crescimento podem apontar-se os seguintes fatores:**

1. A incorporação de conceitos de racionalização do projeto a procedimentos em obra;
2. O pequeno investimento inicial necessário;
3. E a facilidade de capacitação de mão-de-obra.

Todos esses fatores serão descritos e discutidos nas próximas aulas.



## 2.

# Princípios Básicos da Alvenaria Estrutural

## Módulo 1: Introdução

### 2.1 - Introdução

A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes atuam como estrutura e têm a função de resistir às cargas verticais, bem como às cargas laterais. As cargas verticais são devidas ao peso próprio da estrutura e às cargas de ocupação. As cargas laterais, por sua vez, originam-se da ação do vento e/ou do desaprumo. Estas são absorvidas pelas lajes e transmitidas às paredes estruturais paralelas à direção do esforço lateral. Uma parede de alvenaria pode suportar pesadas cargas verticais. No entanto, quando esta for submetida a cargas laterais paralelas ou perpendiculares ao seu plano, pode romper devido aos esforços de tração que eventualmente venham a aparecer. O grande desafio do engenheiro estrutural consiste, portanto, em minimizar ou em evitar tensões de trações que possam vir a aparecer.

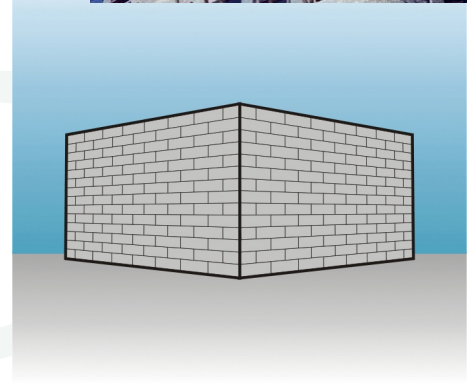
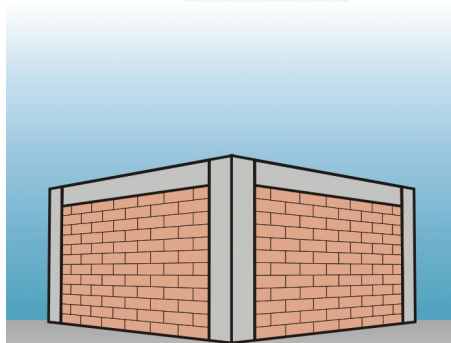


Figura 9 - Parede de vedação e parede estrutural



A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes atuam como estrutura e têm a função de resistir às cargas verticais e às cargas laterais.

A alvenaria estrutural para prédios de vários pavimentos tornou-se opção de construção largamente empregada no mundo, devido a vantagens tais como **flexibilidade de construção, economia, valor estético e velocidade de construção**.

A grande vantagem que a alvenaria estrutural apresenta é a possibilidade de esta incorporar facilmente os conceitos de racionalização, produtividade e qualidade, produzindo, ainda, construções com **bom desempenho tecnológico aliado a baixos custos**.

Nos últimos 30 anos, a alvenaria estrutural, devido aos extensos trabalhos de pesquisa, à imaginação de projetistas e à grande melhoria da qualidade dos materiais, tem apresentado **maiores e mais visíveis avanços do que qualquer outra forma de estrutura usada na construção civil**.

Em consequência disso, pode-se afirmar, com segurança, que a **alvenaria estrutural é o mais econômico e moderno método de construção**. Em países como Inglaterra, Austrália, Alemanha e Estados Unidos, este método construtivo é o mais utilizado e de maior aceitação pelo usuário.

No Brasil, a técnica de cálculo e execução em alvenaria estrutural é relativamente recente (final dos anos 60) e, até hoje, pouco conhecida da maioria dos profissionais da Engenharia Civil. No entanto, a abertura de **novas fábricas de materiais, assim como o surgimento de grupos de pesquisa** sobre o tema faz com que, a cada dia, cada vez mais construtores utilizem o sistema e se interessem por ele.

**Um dos princípios fundamentais do sistema construtivo em alvenaria estrutural é a indispensável interligação entre os vários projetos complementares, para que um não interfira sobre os outros, o que reverteria em prejuízo para o produto final.**

Um dos princípios fundamentais do sistema construtivo em alvenaria estrutural é a indispensável interligação entre os vários projetos complementares, para que um não interfira nos outros, o que reverteria em prejuízo para o produto final. A ação da racionalização na fase de execução dos empreendimentos torna-se efetiva quando for aplicada coerentemente com um projeto desenvolvido segundo os mesmos princípios.

As principais vantagens teóricas no uso de alvenaria estrutural são estas:

- ✓ possibilidade de obtenção de maior economia do que a de prédios estruturados;
- ✓ redução no uso de madeira para formas e na mão-de-obra em carpintaria;
- ✓ menor uso de concreto, de ferragem e de mão-de-obra de ferreiro;
- ✓ simplificação nas instalações, evitando rasgos nas paredes;
- ✓ menor espessura de revestimentos;
- ✓ facilidade de encontrar ou de treinar mão-de-obra qualificada;
- ✓ adaptação fácil a grande variedade de usos funcionais;
- ✓ facilidade maior de detalhamento de projetos;
- ✓ maior rapidez e facilidade de construção;
- ✓ menor número de equipes ou de sub-contratados de trabalho;
- ✓ extrema facilidade de supervisão da obra;
- ✓ ótima resistência ao fogo;
- ✓ ótimas características de isolamento térmico e acústico;
- ✓ grande flexibilidade arquitetônica pelas pequenas dimensões do bloco;
- ✓ possibilidade de detalhamentos estéticos bastante atraentes;
- ✓ grandes possibilidades arquitetônicas e estruturais.

As **desvantagens** da alvenaria aparecem em **prédios bastante arrojados do ponto de vista estrutural**, casos em que ela pode se tornar menos econômica do que as estruturas de concreto armado ou de aço. Como se frisou acima, outra desvantagem está relacionada com o **pequeno número de profissionais habilitados** no uso do processo construtivo em estudo. Poucos cursos de Engenharia oferecem a disciplina Alvenaria Estrutural. Além disso, esta disciplina, quando é oferecida, geralmente apresenta o caráter de optativa; por efeito de consequência, o número de profissionais que saem desses cursos com conhecimento do processo é bastante reduzido. Em contrapartida, a demanda do mercado faz com que profissionais não habilitados utilizem o processo, com conseqüentes prejuízos na qualidade das construções.

## 2.2 - Apresentando a alvenaria

### 2.2.1 - Tipos de alvenaria

A alvenaria, do ponto de vista da sua utilização e feitura, pode apresentar as seguintes formas:

**Alvenaria não armada** - Nesta forma, os reforços de aço (barras, fios e telas) ocorrem apenas por necessidades construtivas.

**Alvenaria armada** - A alvenaria é reforçada devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço.

**Alvenaria protendida** - Esta forma de alvenaria é reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada), que submete a alvenaria a esforços de compressão. Difundida na Inglaterra, ainda não é utilizada no Brasil.

**Alvenaria resistente** - É aquela forma de alvenaria que é construída para resistir não só ao próprio peso, mas também a outras cargas.

**Alvenaria estrutural** - Diferencia-se da alvenaria resistente por ser dimensionada segundo métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável, enquanto que a alvenaria resistente é dimensionada de modo empírico.

**A alvenaria estrutural diferencia-se da alvenaria resistente por ser dimensionada segundo métodos de cálculo racionais e de confiabilidade determinável, enquanto que a alvenaria resistente é dimensionada de modo empírico.**

### 2.2.2 - Paredes como elementos estruturais

As paredes são os elementos estruturais da alvenaria. São definidas como elemento laminar vertical, apoiado de modo contínuo em toda a sua base, com comprimento maior que cinco vezes a sua espessura. As paredes, de acordo com a função estrutural que exercem, apresentam a seguinte classificação:

**Paredes de vedação** - São aquelas que resistem apenas ao próprio peso e que exercem a função de separar ambientes internos ou de fechar o externo. Sobre elas não incide nenhuma responsabilidade estrutural.

**Paredes estruturais** - A função destas consiste em resistir ao seu peso próprio e a todas as cargas verticais e laterais, permanentes e/ou acidentais [eventuais], aplicadas sobre elas.

**Paredes de contraventamento** - São as paredes estruturais projetadas para suportarem também cargas horizontais, originárias especialmente da ação dos ventos, paralelas ao plano delas.

**Paredes enrijecedoras** - A função destas consiste em enrijecerem as paredes estruturais, permitindo dar maior resistência às cargas laterais e contra a flambagem.

**Pilares de alvenaria** - São elementos isolados que resistem a cargas de compressão e com largura menor que cinco vezes a espessura.

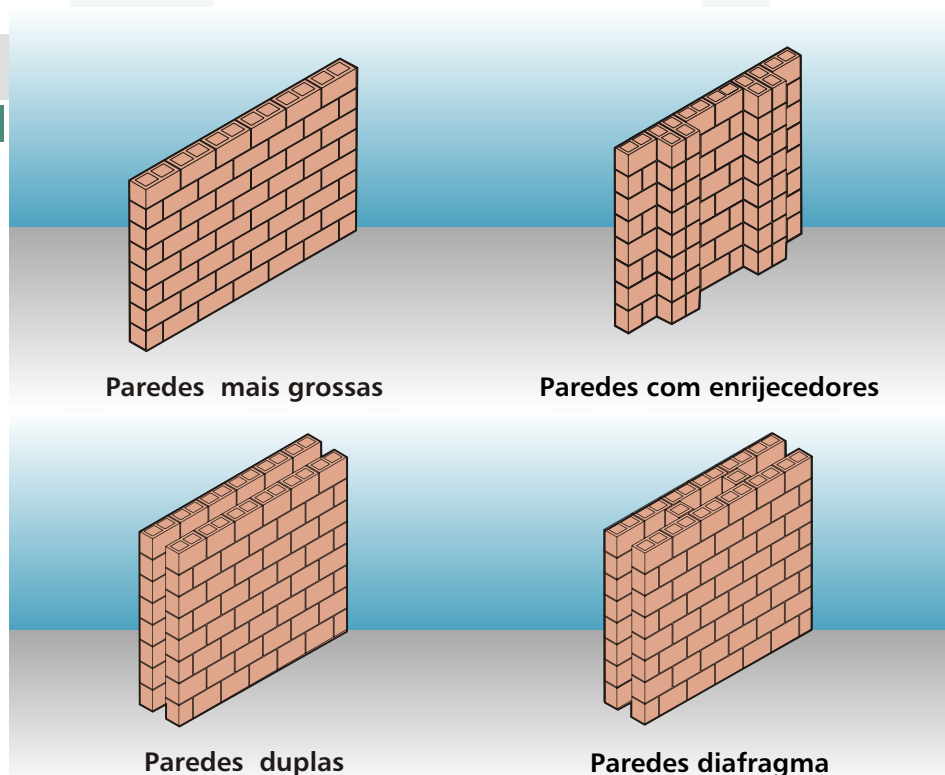
## 2.3 - Princípios básicos da alvenaria

A baixa resistência à tração da alvenaria pode ser contornada, assegurando estabilidade estrutural à edificação, se forem adotados princípios básicos, que devem ser pensados nas etapas iniciais do projeto. Os procedimentos de projeto a serem utilizados serão explicados a seguir.

### 2.3.1 - Troca da forma da parede

A forma da parede pode ser alterada a fim de aumentar-lhe a resistência. Algumas formas possíveis são mostradas na figura 10.

Figura 10 - Formas possíveis de paredes





### 2.3.2 - Arranjo apropriado das paredes

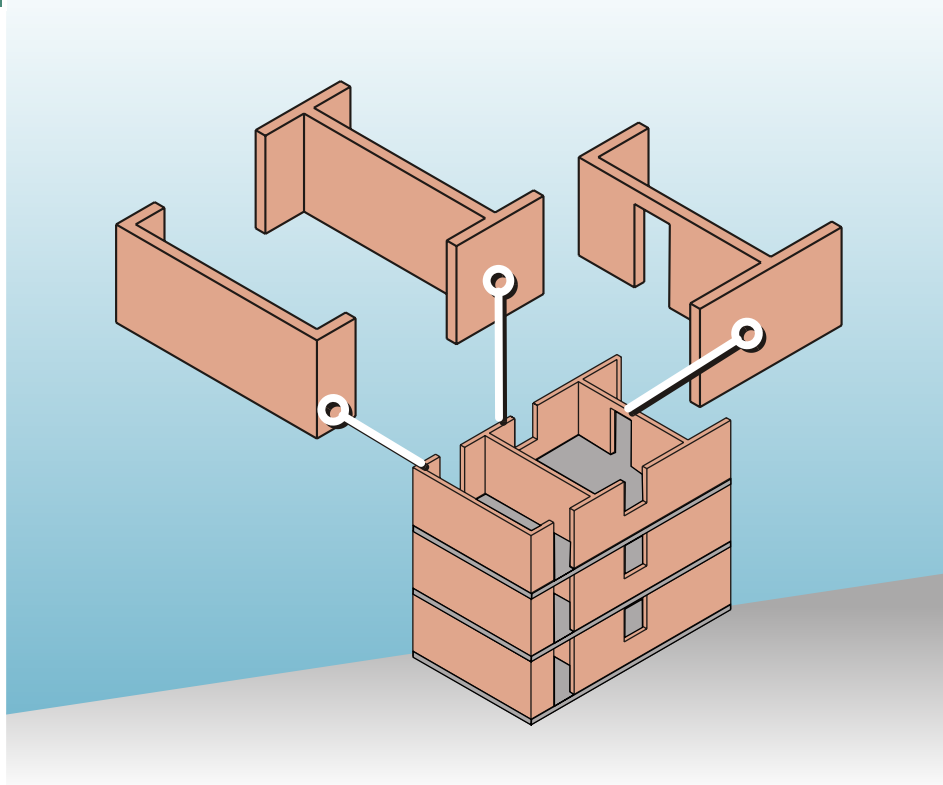
Para que se tenha melhor definição estrutural, os pavimentos devem ser divididos em **peças de dimensões não muito grandes, repetindo-se o mesmo arranjo arquitetônico em todos os pavimentos**. Numa edificação, nem todas as paredes precisam ser definidas como estruturais. A escolha adequada (número, disposição, etc) das paredes que terão função estrutural faz com que uma parede atue como elemento enrijecedor e estabilizador de outra (Figura 11). Distribuições de paredes muito **assimétricas podem originar tensões de torção** diante de cargas laterais.

Além das paredes, outros elementos que compõem a edificação podem ser explorados para aumentarem a estabilidade estrutural. Por exemplo, as lajes podem ser usadas para aplicar as cargas verticais nas paredes, amarrar a estrutura e distribuir as cargas horizontais. Também escadas, poços de elevadores e de condução de dutos podem ser utilizados para produzir rigidez lateral.

A forma e a distribuição das paredes estruturais de um edifício dependerá da função a que ele se destina e das condições do local da obra: solos, ventos, etc. Existe grande variedade de arranjos possíveis, que, de maneira geral, diferem entre si na definição das paredes que deverão suportar as cargas verticais e horizontais.

Os principais tipos de arranjo de paredes em alvenaria são estes:

Figura 11 - Arranjos de paredes





### 2.3.2.1 - Sistema celular

É o sistema cujas paredes internas, tanto quanto as externas, são todas carregadas. Em planta, estas paredes mostram uma estrutura celular. A resistência às cargas laterais é obtida nos dois eixos. É apropriado para edifícios acima de seis pavimentos (figura 12).

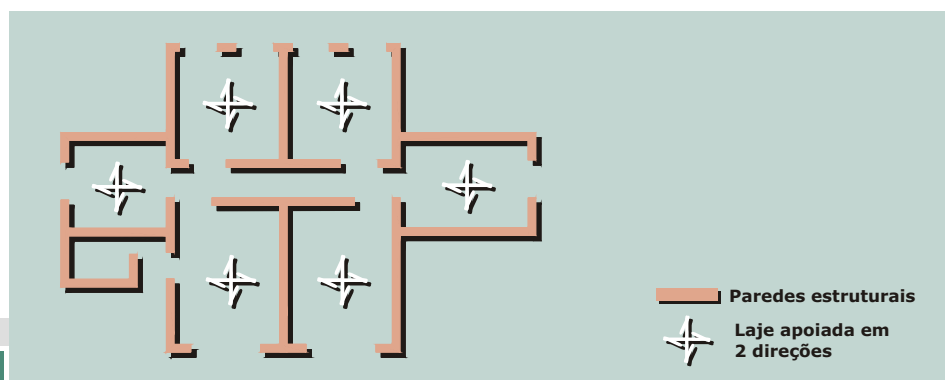


Figura 12 - Sistema celular

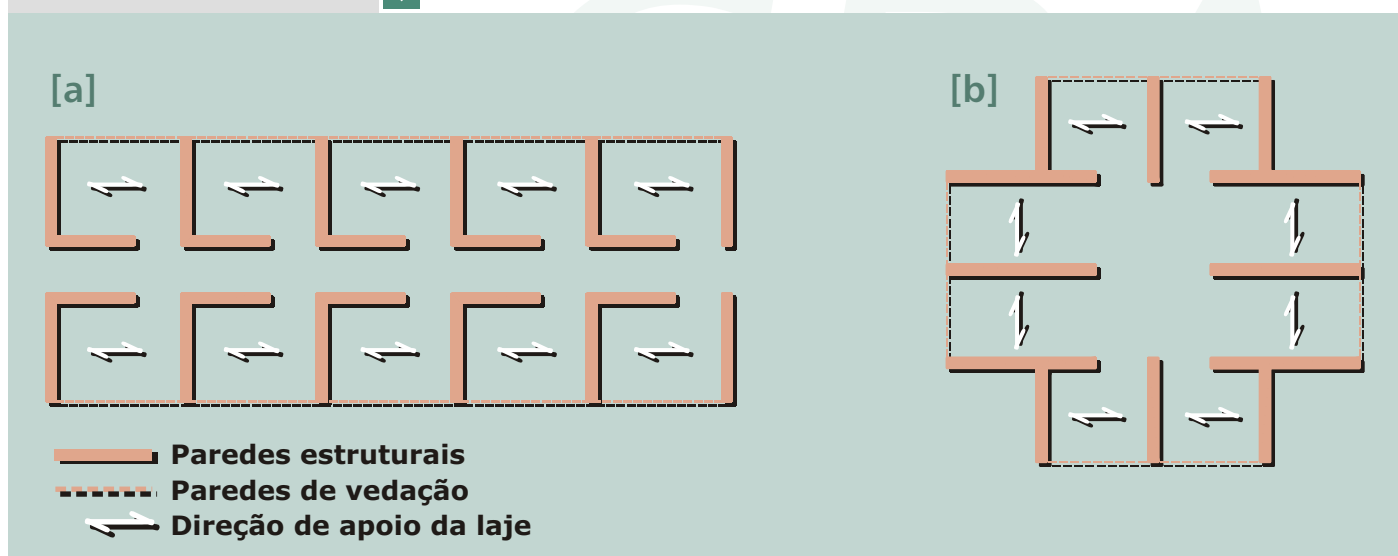
### 2.3.2.2 - Sistema de paredes transversais simples ou duplas

Tal sistema é apropriado para edifícios retangulares com peças repetitivas e compartimentadas, tais como escritórios, lojas, hotéis, salas de aula, etc.

Nos sistemas simples, as paredes carregadas formam ângulos retos com o eixo longitudinal da construção. As lajes são apoiadas nas paredes transversais, e a estabilidade longitudinal se obtém através das paredes do corredor. A natureza das paredes externas pode ser apenas de vedação (figura 13-a).

O sistema duplo contém paredes resistentes paralelas aos dois eixos da construção (figura 13-b).

Figura 13 a - Sistema paredes transversais simples e Figura 13 b - Sistema duplo



### 2.3.2.3 - Sistemas complexos

São sistemas compostos de **combinações do sistema celular e do transversal**. São adequados para edifícios com plantas complexas.

Uma das formas de disposição de paredes prevê a construção de paredes que atuam como "**espinha dorsal**". Estas, juntamente com as paredes externas, resistirão às cargas das lajes. É um sistema importante para os casos em que se deseja **maiores vãos**, ou para aqueles cujas paredes de andares diferentes não podem ser superpostas, devido a **diferentes necessidades funcionais em cada pavimento**. A figura 14 exibe um exemplo de sistema complexo.

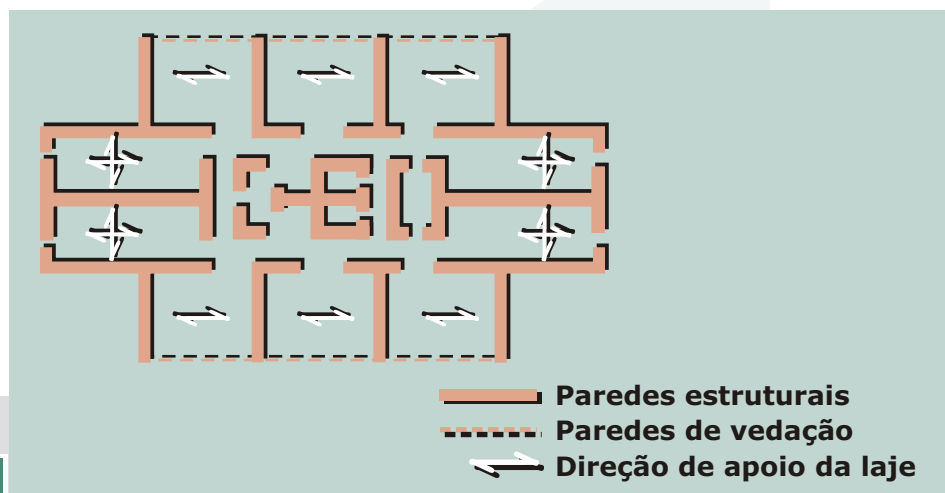


Figura 14- Sistemas complexos

### 2.3.3 - Construção com colunas ou em pódium

O uso de **colunas** constitui-se numa das alternativas para as construções com "espinha dorsal". Usa-se nos casos em que se desejam **grandes vãos** (figura 15-a).

O sistema de construção em **pódium** é utilizado nos casos cujas necessidades funcionais requerem **grandes espaços abertos no térreo**, tais como área de recepção e restaurante de hotel, estacionamentos, grandes lojas, etc. Normalmente, consiste de pilares de alvenaria, concreto ou aço, suportando uma laje de concreto. Acima dessa laje, a estrutura pode ser de paredes com sistema celular, transversal ou outro (figura 15-b).

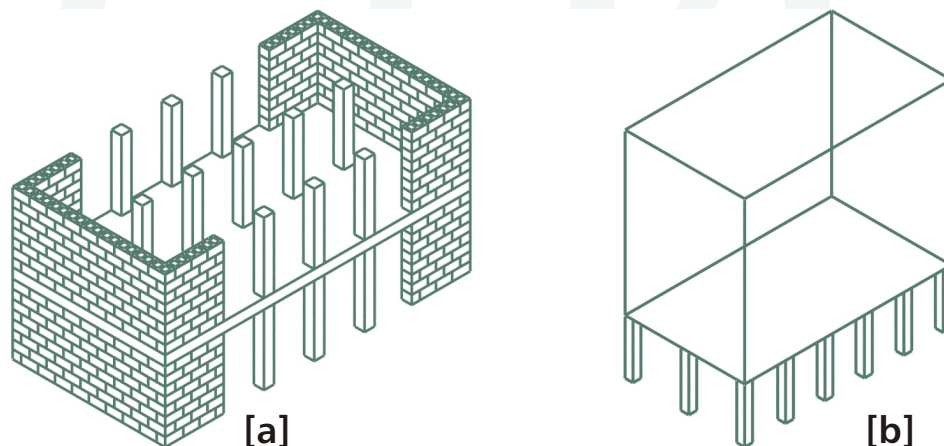
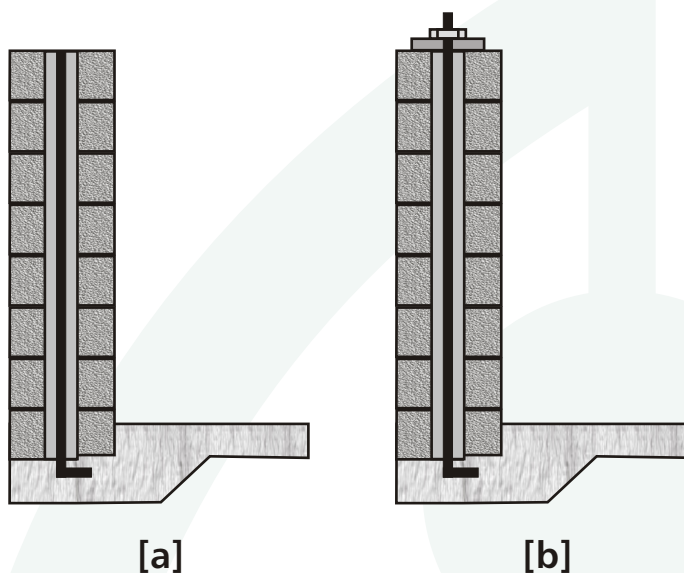


Figura 15 a - Construção com colunas e Figura b - Construção em pódium

### 2.3.4 - Uso de armadura ou parede protendida

Estas técnicas são usadas para **aumentar a resistência da alvenaria** a cargas laterais que atuam no plano da parede e fora dele. São geralmente simples, práticas, econômicas e mais rápidas do que o concreto armado e protendido. Podem ser usadas para reforçar pontos localizados de uma obra ou como princípio estrutural de todo o projeto. **Favorecem o desenvolvimento de formas arquitetônicas mais arrojadas** (figura 16-a e 16-b).

Figura 16 a - Armadura passiva e Figura 16 b - Armadura protendida



### 2.3.5 - Combinação dos métodos anteriores

Qualquer **combinação das soluções** apresentadas nas seções anteriores pode ser usada para aumentar a capacidade resistente da alvenaria.

Sempre que possível, deve-se buscar as soluções dentro da alvenaria não armada, soluções que não envolvam a utilização de materiais mais resistentes, para que o projeto não seja encarecido ou, até mesmo, inviabilizado.

## 2.4 - Esforços Solicitantes da Alvenaria

Os esforços que atuam sobre os elementos estruturais da alvenaria (paredes) são obtidos através da análise estrutural dos edifícios.

Os principais esforços aos quais as paredes devem resistir estão representados na figura 17.

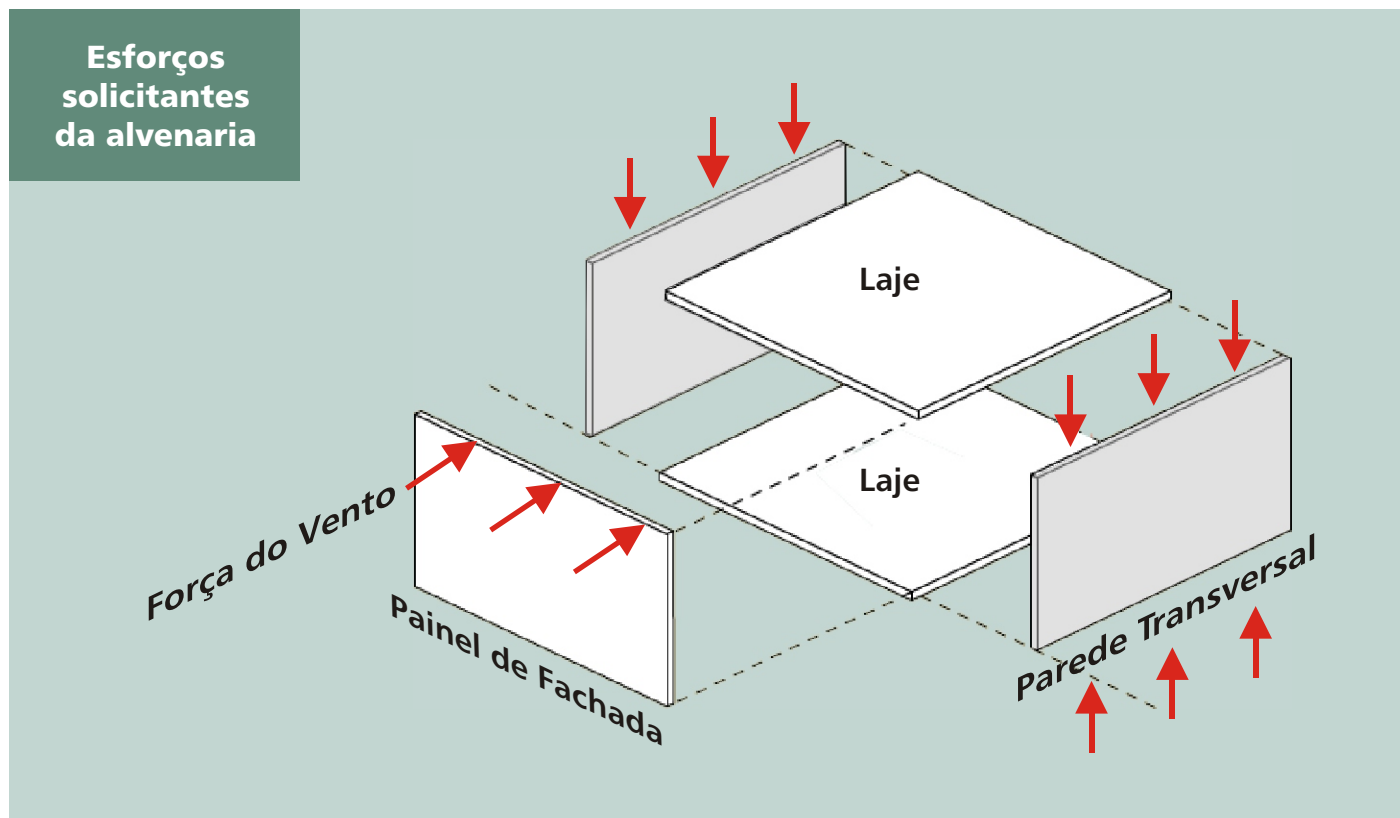


Figura 17 - Ação de cargas sobre um prédio

As paredes estão preponderantemente submetidas a **esforços de compressão**, devidos ao peso próprio dos elementos e das cargas das lajes sustentadas pelas paredes.

Outro esforço a ser considerado nos edifícios é o resultante das cargas de vento. O **vento origina forças horizontais**, perpendiculares aos planos das paredes externas, ocasionando, nesses painéis, esforços de flexão.

Esses esforços horizontais que atuam sobre as paredes externas são transmitidos pelas lajes, na forma de **tensões de cisalhamento**, às paredes internas transversais. Estas, sucessivamente, transmitem os esforços para os andares inferiores até chegarem às fundações do edifício.

Portanto, em cálculos de prédios em alvenaria estrutural, deve-se considerar os esforços de compressão, cisalhamento e flexão aos quais os elementos estarão submetidos.

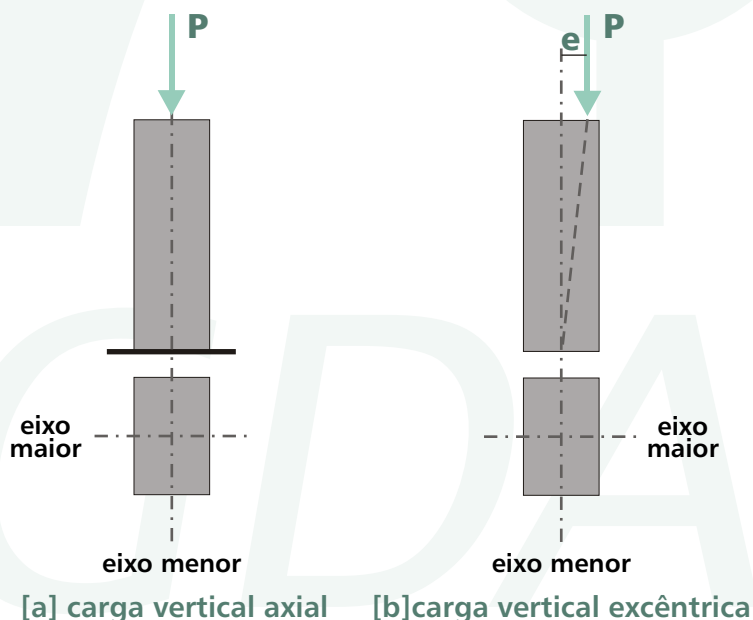
## 2.5 - Teoria do Projeto em Alvenaria Estrutural

O desenvolvimento de projetos em alvenaria estrutural exige do projetista, procedimentos diferentes dos tomados nos casos de cálculos de estruturas em concreto armado. Por se tratar de sistemas diferentes, com filosofias distintas, o calculista não deve conceber soluções com base em conhecimentos aplicáveis ao concreto armado. Deve pensar em alvenaria estrutural.

A base de projetos em alvenaria estrutural assenta-se nos seguintes princípios:

- O objetivo do projeto consiste em **ajustar a forma, a espessura da parede ou a compressão inicial**, de tal modo que os carregamentos não produzam tensões de tração nem fissuras excessivas, uma vez que a alvenaria pode suportar grandes tensões de compressão, mas pequenas tensões de tração.
- As forças que atuam através do centróide de qualquer seção transversal de uma parede ou pilar são chamadas de forças axiais. As demais são ditas excêntricas. **Forças excêntricas** podem ser divididas em **duas componentes: uma força axial  $P$ , e um momento fletor  $M=P.e$** , cujo  $e$  representa a excentricidade da seção que está sendo considerada (figura 18). Geralmente, a excentricidade produzida por cargas verticais excêntricas varia nas seções horizontais situadas ao longo da altura da parede, sendo máxima no topo e tendendo a zero na base da parede.

Figura 18 -Elevação e seção horizontal de alvenaria



- Cargas excêntricas originam tensões de compressão superiores às que são produzidas por cargas axiais, em virtude do aumento de tensão gerado pela componente de flexão.
- A posição do ponto de aplicação da força resultante de compressão determina as tensões que aparecerão na parede.

- A força resultante aplicada dentro do terço médio central da seção (núcleo central) produz tensões de flexão sempre menores que as de compressão axial, não produzindo tração no elemento. Neste caso, as paredes podem romper por esmagamento, por flambagem, ou por uma combinação dos dois efeitos (figura 18 a, b e c).
- A flambagem é associada só a elementos que apresentem esbelteza maior que seis. A ruptura por flambagem processa-se com rapidez, por efeito da produção de um momento fletor grande e incontrolável. Geralmente é iniciada por forças laterais, pela não verticalidade da parede ou, em alguns casos, pelo incompleto preenchimento de algumas juntas.
- Os elementos de alvenaria em flexão haverão de romper-se quando excederem a resistência à tração da alvenaria. Existem critérios de projeto (por exemplo, os da norma britânica) que determinam o combate a tensões de tração em todos os pontos da seção. Nesse caso, admitindo-se uma distribuição elástica de tensões ao longo da seção, a capacidade de o elemento de alvenaria suportar a flexão é proporcional à compressão axial e à espessura da seção ( $t$ ) na direção do momento.
- Em paredes ou pilares sujeitos a grandes tensões de flexão pode tornar-se necessário o aumento das cargas de compressão, ou o uso de armadura ou de protensão.

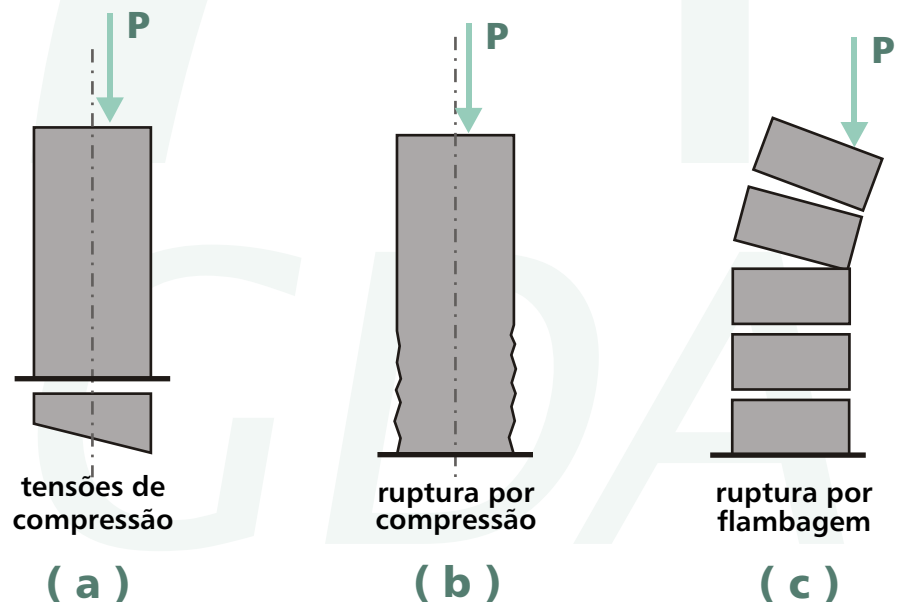


Figura 19 - Paredes com carga excêntrica dentro do terço médio

## 2.6 - Conclusão

A Alvenaria estrutural, após ter passado por adequada etapa de implantação, apresenta várias vantagens em relação aos processos construtivos tradicionais.

Para a execução dos projetos, o sistema permite detalhamentos estéticos bastante atraentes, com variadas formas, texturas e cores, oferecendo boas possibilidades arquitetônicas e estruturais. Devido à coordenação modular apresentada, todos os projetos são mais fáceis de detalhar. O sistema possibilita a elaboração de um projeto executivo de fácil compreensão pela mão-de-obra. Projetos realizados em alvenaria estrutural são aplicáveis a uma grande variedade de usos funcionais.

Quanto ao custo, normalmente, a alvenaria estrutural é mais econômica do que a de prédios estruturados em concreto armado ou em aço, o que ocorre não só por se executar estrutura e alvenaria numa mesma etapa, mas também por se fazer economia no uso de madeiras para formas, redução no uso de concreto e ferragem, menores espessuras de revestimentos, maior rapidez na execução. Além disso, a simplificação nas instalações, em cujas paredes são evitados rasgos, ocasiona menor desperdício de material do que o ocorrido em obras convencionais.

Em relação à mão-de-obra, verifica-se boa receptividade ao treinamento, com aprendizagem rápida, o que possibilita menor número de equipes ou sub-contratados para o trabalho, bem como redução significativa na mão-de-obra de carpintaria e ferragens, além de extrema facilidade de supervisão da obra.

Como inconveniente, registre-se a limitada possibilidade de remoção de paredes, havendo a necessidade de definir, já no projeto, quais as que podem ser removidas. Também como desvantagem, verifica-se, em alguns casos, o aumento de custo para projetos mais arrojados (com detalhes específicos e grandes vãos).





3.

## Curso de Alvenaria para Avaliadores de Projetos e Obras

A Alvenaria Estrutural é um processo construtivo em que as paredes, além de cumprirem a função de divisão dos espaços, são responsáveis pela sustentação das cargas devidas ao peso próprio, à ocupação e aos esforços horizontais, como o vento. É um sistema moderno, porque favorece a utilização de técnicas racionais de construção quando comparado com os sistemas convencionais. Conseqüentemente, ela **proporciona aumento da qualidade do ambiente construído, aliado à redução de custo.**

Um curso sobre construções habitacionais em Alvenaria Estrutural, elaborado exclusivamente para os técnicos do quadro da CAIXA, justifica-se plenamente porque este sistema construtivo é, hoje, largamente utilizado no Brasil. Por ser utilizada em obras destinadas à classe média baixa, um grande número destas obras conta com a participação da CEF e se enquadra em todos os programas destinados à habitação, quer no setor público, quer no privado, tanto em imóveis na planta, quanto nos já executados.

**Aliado ao expressivo volume de obras, desponta um não menos significativo número de defeitos.** Tal constatação reforça a premência de treinamento específico. É importante frisar que as patologias observadas advêm exclusivamente da má aplicação da tecnologia em questão, em uma ou em várias das etapas (planejamento / projeto / execução) de um empreendimento. É incorreto debitar esses problemas ao emprego da técnica em si, já que, como regra, a Alvenaria Estrutural infere a mesma segurança e melhor qualidade final do que as dos sistemas convencionais quando corretamente empregada. A redução dos problemas construtivos traz benefícios tanto à instituição quanto à sociedade, uma vez que a satisfação dos clientes se traduz, ao mesmo tempo, em melhoria para a imagem da empresa, em maiores garantias de retorno dos recursos investidos e em perpetuação dos financiamentos imobiliários, atingindo, assim, a todos os que deles necessitam.

**O número expressivo e crescente de obras em Alvenaria Estrutural é acompanhado por também expressivo número de patologias.**

Vale lembrar que **patologias são comuns a qualquer sistema construtivo**. No caso da Alvenaria Estrutural, pode-se atribuí-las, em sua maioria, à falta de conhecimento do sistema por parte dos profissionais envolvidos no processo construtivo, desde o projeto até a execução. E, infelizmente, essa falta de formação não se refere a teorias complexas ou inovadoras, mas a questões básicas do sistema que podem ser assimiladas rapidamente e, assim, evitar a maior parte dos problemas.

Deve-se ressaltar que a falta de conhecimentos não é uma deficiência dos profissionais, pois não há como esquecer que a cultura brasileira das últimas décadas deu, prioritariamente, formação voltada ao concreto armado. Dessa forma, todos os desenvolvimentos mundiais do período, que deram à Alvenaria Estrutural as condições de competitividade que hoje a tornam um sistema tão empregado, não foram incorporados pela maioria do corpo técnico nacional. Soma-se ainda a falta de oferta da disciplina de Alvenaria Estrutural na grande maioria dos cursos de graduação em Engenharia Civil e Arquitetura existentes no Brasil, o que faz com que, na maioria das vezes, o grande potencial deste sistema construtivo não seja adequadamente aproveitado.

### **3.1 - Objetivos Gerais**

Das obras construídas em alvenaria estrutural, espera-se que sejam sólidas, seguras e confortáveis. Além disso, elas devem possibilitar a redução de custos aos consumidores, tanto na aquisição quanto na manutenção, sem qualquer redução de vida útil em relação aos demais sistemas construtivos.

**Espera-se que os participantes do curso entendam o sistema construtivo de tal forma que possam analisar projetos e saibam quais são os procedimentos corretos que devem ser adotados na execução e no acompanhamento de obras.**

Para que os objetivos sejam alcançados, o corpo técnico da CAIXA deverá, por muitas vezes, auxiliar e conduzir as construtoras para que estas planejem e executem os processos de acordo com estas premissas. Cabe lembrar que as construtoras geralmente não dispõem de profissionais adequadamente qualificados, os quais, muitas vezes, aprendem empiricamente a construir no sistema em causa. Muitas serão as experiências em que o empreendedor, já provido de projeto arquitetônico "acabado", aventará a hipótese do emprego da Alvenaria Estrutural, ignorando o importante aspecto da concepção preliminar da obra ao visar o seu emprego.

## 3.2 - Objetivos específicos

Considerando-se a Alvenaria Estrutural como um processo construtivo recente, com o qual poucos profissionais habilitados têm familiaridade, faz-se necessário submeter todos os agentes envolvidos a uma análise de capacidade técnico-operacional. Dessa forma, a construtora, os fornecedores e os projetistas (o arquitetônico, o estrutural e o de instalações) devem comprovar sua capacidade ou experiência para obras no sistema em causa, como segue.

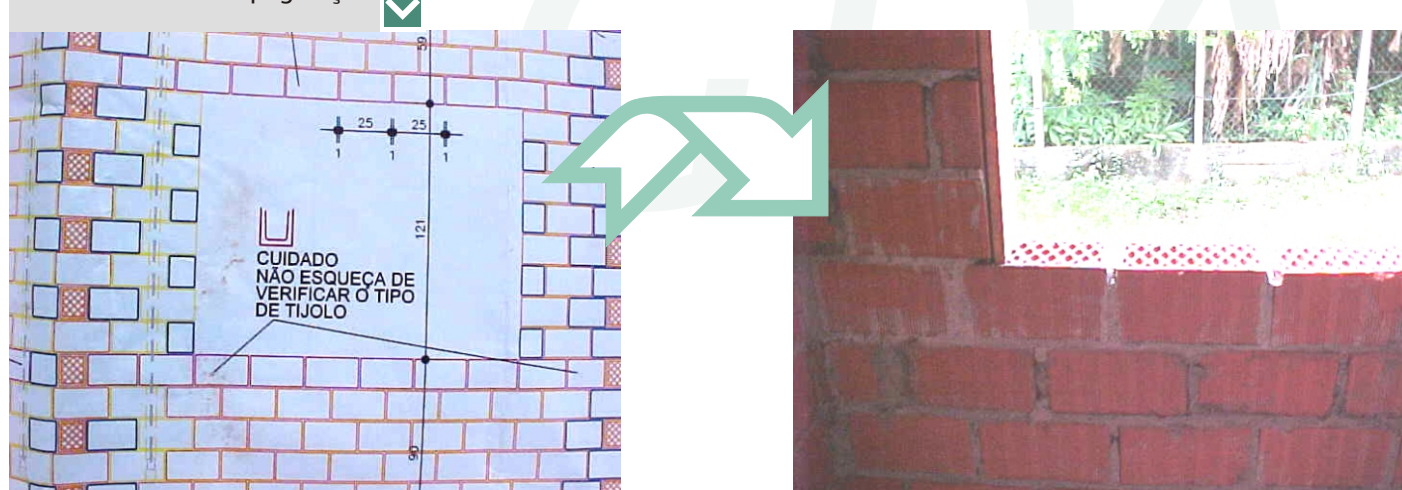
## 3.3 - O que se espera das construtoras

### 3.3.1- Experiência no sistema

A primeira condição que deve ser verificada no que toca à construtora é a comprovação de que a entidade tem experiências anteriores de sucesso no sistema. Estas experiências devem ser comprovadas com a apresentação das obras que a mesma já tenha construído, sendo que tais obras devem ser objeto de vistoria para constatar se existem flagrantes desrespeitos às normas específicas e/ou se as mesmas apresentam bom desempenho ao longo do tempo. As condições de ocupação do imóvel devem ser pesquisadas, aconselhando-se, para isso, questionamento aos seus usuários, nos moldes de breve e informal avaliação pós-ocupação.

Busca-se, com esta análise, procurar evitar que construtoras venham a "aprender" a construir em Alvenaria Estrutural, por exemplo, utilizando recursos do FGTS. Também se deve afastar empresas que acreditam que o sistema consiste em "empilhar blocos" e que nele atuam somente no intuito de aumentarem sua margem de lucro, muitas vezes motivada por "terem ouvido falar" que as obras em Alvenaria Estrutural são mais econômicas. A figura 20 mostra um caso em que, mesmo de posse de um projeto adequado, a construtora cometeu graves erros na medida em que não seguiu a paginação, não tendo executado a contra-verga com os blocos-canaleta e armação, conforme o projeto especificava.

Figura 20 - Janela construída sem contra-verga, apesar de a mesma estar prevista na paginação



Outra exigência em relação à construtora é que esta tenha, em seu corpo técnico, profissionais que sejam experientes ou formados no sistema. A exigência dessa condição se deve ao fato de que, até há pouco tempo, os cursos universitários não ofereciam disciplinas específicas de alvenaria estrutural, e mesmo na atualidade, apenas alguns poucos cursos a oferecem e, quase que invariavelmente, em caráter optativo.

Pelo termo experiência, entende-se que o profissional já tenha projetado, executado ou fiscalizado obras em Alvenaria Estrutural que atendam às prescrições das normas específicas. O profissional tem formação no sistema quando teve aulas de graduação ou pós-graduação ou, mesmo, participou de curso ministrado por entidade idônea, cujo aproveitamento tenha sido medido e considerado satisfatório.

Buscando garantir a qualidade das obras, a construtora deverá manter um técnico residente em canteiro, a menos, naturalmente, que a obra seja muito pequena para justificá-lo (menos de 1000 m<sup>2</sup>). Caso contrário, a presença do profissional pode ser justificada por meio de analogia com as obras em concreto armado: seria inconcebível que a estrutura de uma edificação fosse concretada sem que o engenheiro responsável vistoriasse as formas e a armação. Considerando que, nos edifícios em alvenaria estrutural, as paredes constituem a estrutura, também parece inconcebível que as mesmas sejam confeccionadas sem a atenta supervisão de um profissional habilitado.

Longe de constituir empecilho, essa atitude na verdade traz valorização profissional, ganhos para a CAIXA e para os mutuários, por aumentar a probabilidade de sucesso do empreendimento, e para a própria construtora, uma vez que aumento de qualidade também resulta em redução de custos e em aumento de ganhos institucionais.

**O agente construtor deve comprovar ter experiência bem sucedida no uso de Alvenaria Estrutural. Deve utilizar equipamentos adequados que garantam a execução das obras com qualidade e contratar responsáveis técnicos e mão-de-obra capacitados para o uso do sistema.**



### 3.3.2 - Equipamentos adequados

Como em qualquer outro processo construtivo, a construtora deverá possuir os equipamentos mínimos necessários à qualidade de sua obra. Para a alvenaria estrutural, a rigor, a empresa poderia construir apenas com equipamentos simples, tais como a colher, uma mangueira transparente, um nível, um prumo e linha. No entanto, a opção por apenas essas ferramentas leva a perder produtividade, já que, para conseguir produção satisfatória, cada bloco assentado deve ser conferido quanto ao prumo, nível e alinhamento, ou à perda de qualidade.

Dessa forma, a empresa, para que possa construir com rapidez e sem abrir mão da qualidade, deve investir em equipamentos adequados para o sistema, tais como **misturadores automáticos para argamassa** (caso a mesma seja industrializada), **argamasseiras**, **escantilhões**, **nível alemão**, **réguas de nível** com tamanho maior que o padrão e outros, que serão detalhadamente explicados na seção de Acompanhamento de Obras.

Figura 21 - a) Escantilhão.  
b) Nível alemão



### 3.3.3 - Mão-de-obra adequada

Uma das principais características do processo construtivo em Alvenaria Estrutural é a **simplificação das especialidades de mão-de-obra**. Por outro lado, os assentadores de blocos serão aqueles que mais influenciarão no resultado final do produto, motivo pelo qual devem ser muito bem qualificados. Assentadores despreparados, via de regra, construirão paredes com baixa resistência e alta incidência de patologias.

Estudos desenvolvidos em países com grande desenvolvimento em Alvenaria Estrutural mostraram a grande importância desta variável, tanto que a norma britânica para o sistema (BS 5628 - Code of practice for use of structural masonry - "Código de prática para uso de alvenaria estrutural") determina, por meio de seus coeficientes

parciais de segurança, importantes reduções de seus valores para controle especial de execução, como se enfatizará neste curso.

A título ilustrativo, 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 paredes. Note-se que estes problemas dificilmente seriam considerados no projeto estrutural, de maneira que a segurança dos edifícios estaria comprometida. Desníveis, desalinhamentos e desaprumos têm efeitos semelhantes, de forma que a construtora deverá providenciar o treinamento de seus operários para trabalhar no sistema.

Outras conseqüências danosas do emprego de mão-de-obra não capacitada são o assentamento de unidades quebradas ou trincadas, o uso de argamassas mal dosadas, o assentamento de blocos muito secos ou muito úmidos. Todos esses casos, que podem ser visualizados nas figuras 22 a 25, serão mais bem discutidos nas suas respectivas seções.

Figura 22 - O flagrante desnível dos blocos poderia ter sido evitado com assentadores treinados e com equipamentos adequados



Figura 23 - Os desaprumos, além de reduzirem a resistência das paredes, requerem maiores espessuras de revestimento, elevando os custos da empresa



Figura 24 - Operários não treinados assentam bloco quebrado, o que enfraquece a estrutura



Figura 25 - O assentamento de blocos molhados causará o surgimento posterior de patologias nas paredes



### 3.4 - O que se espera dos fornecedores

Os responsáveis pela análise de projetos em Alvenaria Estrutural devem preocupar-se, já na fase inicial, com os prováveis fornecedores de insumos necessários obra. Dessa forma, juntamente com a apresentação dos projetos, a construtora ou a entidade organizadora deverá especificar os prováveis fornecedores de seus insumos, os quais também deverão ser objeto de análise.

**A construtora ou a entidade organizadora deverá especificar os fornecedores de seus insumos, os quais também deverão ser objeto de análise.**

Esta etapa visa garantir que os materiais a serem utilizados na construção da estrutura tenham qualidade adequada. Uma vez que não é função da CAIXA homologar fabricantes ou fornecedores, basta que os mesmos juntem ao processo certificados de atendimento às normas pertinentes, fornecidos por entidades idôneas e capacitadas para tal. Esta prática alinha-se às disposições do PBQP-H, que prevê o atendimento às normas dos principais insumos e serviços da construção.

Paralelamente à capacitação dos fornecedores, o construtor deverá estar **apto a avaliar e criticar as condições de fornecimento**, bem como a qualidade do material entregue, controlando parâmetros, tais como variações dimensionais, porosidade, integridade das peças e outros específicos de cada obra ou material.

As principais exigências que devem ser cumpridas pelos fornecedores são estas:

#### 3.4.1 - Fornecedores de blocos de concreto

- A contratação de técnicos habilitados que acompanhem a produção, fornecendo ART's dos blocos aos clientes, orientando-os sobre o manuseio e a aplicação de seus produtos;



- A utilização de processos e equipamentos adequados para a fabricação, contando no mínimo com dosadores confiáveis (por peso), com moldagem por vibro-compactação e com cura a vapor;
- O acompanhamento sistemático de qualidade, contratado junto a laboratório idôneo e capacitado para tal, que deverá fornecer atestados regulares de conformidade;
- A emissão de notas fiscais, discriminando perfeitamente o **material fornecido no que toca à classificação** como "estrutural", sua resistência e dimensões.

Note-se que a prática de fabricação de blocos no próprio canteiro de obras não deve ser permitida, a menos que as exigências descritas sejam integralmente cumpridas. Infelizmente, muitos problemas já foram enfrentados, devido ao desrespeito a essas premissas, motivo que leva a CAIXA a opor restrições a esse processo de produção de blocos.

Figura 26 - a) Silo de armazenagem de agregados, dotado de correia transportadora com pesagem automática. b) Máquina de moldagem de blocos por vibro-compressão



### 3.4.2 - Fornecedores de blocos cerâmicos

- A contratação de técnicos habilitados que acompanhem a produção, fornecendo ART's dos blocos aos clientes, orientando-os sobre o manuseio e a aplicação de seus produtos;
- A utilização de processos e equipamentos adequados para a fabricação, contando no mínimo com análises regulares da argila, laminadores, marombas dotadas de bomba de vácuo, secagem controlada em estufa e queima em forno contínuo, com controle da função tempo x temperatura;
- O acompanhamento sistemático de qualidade, contratado junto a laboratório idôneo e capacitado para tal, que deverá fornecer atestados regulares de conformidade;

- A emissão de notas fiscais, discriminando perfeitamente o material fornecido no que toca à classificação como "estrutural", sua resistência e dimensões.

No caso de obras que utilizam unidades cerâmicas, vale lembrar que a variação de qualidade deste material é muito grande, dependendo de fatores de difícil controle. Isto faz com que a seleção da cerâmica fornecedora deva ser bastante cuidadosa, para que posteriormente não haja surpresas desagradáveis com o resultado da obra.

**A seleção da Cerâmica fornecedora deve ser bastante cuidadosa, pois a variação de qualidade deste material é muito grande e depende de fatores de difícil controle.**

### **3.4.3 - Fornecedores de argamassas pré-misturadas**

- A contratação de técnicos habilitados que acompanhem a produção, fornecendo ART's dos lotes aos clientes, orientando-os sobre o manuseio e a aplicação de seus produtos;
- A utilização de processos e equipamentos adequados para a fabricação, contando no mínimo com dosadores confiáveis (por peso);
- O acompanhamento sistemático de qualidade, contratado junto a laboratório idôneo e capacitado para tal, que deverá fornecer atestados regulares de conformidade;
- A emissão de notas fiscais, discriminando perfeitamente a argamassa fornecida no que toca à classificação como "estrutural", sua resistência e composição.

Também as **argamassas pré-misturadas para uso estrutural devem ser objeto de controle**, uma vez que a utilização de argamassas inadequadas traz sérios prejuízos ao desempenho estrutural e à durabilidade das paredes.

### 3.5 - O que se espera dos projetistas

Ao se falar de análise de empreendimentos, é ponto pacífico o entendimento de que os autores dos projetos arquitetônico e complementares exercem papel preponderante, motivo pelo qual estes devem estar sintonizados com o sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Embora a experiência profissional de cada um seja de grande importância e, por isso mesmo, impossível de ser desconsiderada, pelo menos uma mínima formação teórica sobre a matéria é imprescindível. Por formação teórica entenda-se aquela que é adquirida em disciplinas de graduação, pós-graduação ou mesmo em cursos específicos, desde que com avaliação de desempenho.

Com efeito, muitos problemas têm sido verificados na prática porque os projetos foram elaborados por profissionais de larga experiência em outros sistemas construtivos, sem, no entanto, haverem atentado para particularidades da alvenaria estrutural. Servem de exemplos básicos a concepção de projetos arquitetônicos com modulação insatisfatória ou sem previsão de shafts para a passagem dos dutos hidráulicos, ou, mesmo, o cálculo do projeto estrutural com base unicamente em um coeficiente de segurança global aplicado à resistência das unidades de alvenaria, sem considerar os demais fatores importantes.

**"Muitos problemas têm sido verificados na prática porque os projetos foram elaborados por profissionais de larga experiência em outros sistemas construtivos, sem, no entanto, haverem atentado para particularidades da Alvenaria Estrutural."**

A capacitação de todos os projetistas, então, é ponto de extrema importância na definição da qualidade de um projeto. A sua integração é a segunda chave para o sucesso de qualquer empreendimento, pois se todos conhecerem as capacidades e as limitações do sistema, bem como a interferência de suas ações no conjunto da obra, o resultado será um projeto adequado do ponto de vista econômico e técnico.

#### 3.5.1 - Arquiteto

No profissional responsável pelo projeto arquitetônico - pode-se afirmar sem sombra de dúvida - repousa a maior responsabilidade relativa ao resultado global da obra. De fato, certas decisões tomadas na fase de concepção do empreendimento terão de repercutir sobre todos os demais estágios necessários a sua consecução, conforme se explanará a seguir.

Existe ainda a função coordenadora dos demais projetos, que tem como principal objetivo, garantir que as ações dos demais projetistas não descaracterizem o planejamento original, o que comprometeria a qualidade do todo. Esse papel pode muito bem ser executado pelo arquiteto, uma vez que ele é um profissional com formação bastante ampla e que conhece como ninguém as implicações de certos detalhes no desempenho da mercadoria, sob a ótica do cliente.

É importante desvincular o preconceito que relaciona a Alvenaria Estrutural a empreendimentos voltados a um público de baixo poder aquisitivo ou a edificações "caixotes". Justamente nesta área de conhecimento (a Arquitetura), de onde deveriam emanar a criatividade e a plástica dos espaços contruídos, é que se encontram mais enraizados esses paradigmas, que tentam limitar o emprego da Alvenaria Estrutural.

### **3.5.2 - Projetista estrutural**

Embora pareça dispensável discorrer sobre a importância do projeto estrutural de uma edificação, é importante ressaltar que, também nesta fase do planejamento, muitos problemas têm surgido. Embora a ruína estrutural não seja fenômeno muito comum, a CAIXA já vivenciou algumas dessas experiências com Alvenaria Estrutural, que impõem a tomada de cuidados específicos. Além disso, muitos outros problemas de fácil prevenção e difícil solução (como o caso das fissuras recorrentes em últimos pavimentos de prédios) têm ocorrido, evidenciando a importância de o projetista estrutural os conhecer e saber como evitá-los.

Dessa forma, torna-se importante que também o projetista estrutural possua conhecimentos sobre as teorias básicas de dimensionamento, bem como sobre os principais problemas que costumam ocorrer em obras, para que seu projeto não reúna as condições que lhes dão causa.

Cabe ao projetista estrutural incorporar detalhamentos que se revelem eficazes na diminuição e, até, na eliminação de patologias encontradas nas obras de alvenaria. Muitos desses aprendizados extrapolam teorias de dimensionamento, mas, por esses estarem intrinsecamente ligados à execução de procedimentos descritos num projeto estrutural, devem ser contemplados por este.

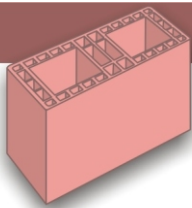
Finalmente, não se deve conceber a proposição de "experimentações" não respaldadas pelas normas técnicas vigentes ou por ensaios laboratoriais conclusivos quando se estiver tratando de estados limites últimos ou de utilização. Infelizmente têm se tornado muito raras as constatações empíricas de profissionais dessa área.

### 3.5.3 - Demais projetistas complementares

A maior necessidade existente para os projetos hidráulico, sanitário, elétrico, telefônico, de gás, preventivo contra incêndio e demais complementares é a consciência das limitações do sistema estrutural. É usual que, algumas vezes, por ignorância dessas limitações ou, mesmo, do sistema em que o edifício será construído, os projetos complementares prevejam dutos embutidos horizontalmente em paredes estruturais. Ora, se as paredes constituem a estrutura do prédio, então seccioná-las horizontalmente não pode ser permitido, uma vez que a sua área resistente estará sendo suprimida.

Os projetos complementares, quando destinados à alvenaria estrutural, deverão dar um passo além no sentido de detalhamentos providos de maior riqueza de detalhes e imprescindivelmente compatibilizados com os demais projetos.

Este e outros temas, que serão discutidos neste curso, devem ser conhecidos dos projetistas, de forma que seus trabalhos contribuam com o sistema, ao invés de prejudicá-lo.



## Unidades de Alvenaria

### 4.1 - Introdução

Os materiais usados para alvenaria estrutural são as **unidades de alvenaria, vazadas ou maciças, as argamassas e o graute.**

O comportamento dos diferentes materiais ao formarem a parede pode variar muito, dependendo de vários fatores, tais como o tipo e a geometria da unidade, os componentes da argamassa, a resistência do graute, etc.

**Entender o comportamento estrutural das paredes de alvenaria em função dos materiais utilizados é de fundamental importância,** tanto na etapa de projeto quanto na de execução. A especificação incorreta dos mesmos pode levar à ocorrência de patologias ou, mesmo, de colapso da estrutura. Da mesma forma, também a falta de cuidado no processo de construção, seja pelo uso de unidades inadequadas, seja pela mistura incorreta das argamassas e grautes, pode causar danos à estrutura.

O presente capítulo trata das principais propriedades dos materiais de alvenaria estrutural mais usados no Brasil e do comportamento dos mesmos em paredes de alvenaria.

**Os materiais usados para alvenaria estrutural são as unidades de alvenaria, vazadas ou maciças, as argamassas e o graute.**

### 4.2 - Unidades de alvenaria

As unidades de alvenaria (tijolos e blocos) mais utilizadas no Brasil podem ser divididas da seguinte forma:

#### Quanto à natureza do material:

**Cerâmico** - unidades fabricadas a partir de uma mistura de argila, normalmente moldadas por extrusão.

**Concreto** - unidades produzidas a partir de uma mistura de cimento, areia e brita, moldadas por vibro-prensagem.

**Sílico-calcário** - unidades compostas por uma mistura homogênea e adequadamente proporcionada de cal e areia quartzosa, moldadas por prensagem e curadas por vapor a alta pressão.



**Solo-cimento** - unidades constituídas por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento, água e, eventualmente, aditivos em proporções que atendam às exigências da NBR 8491/1984 -Tijolo maciço de solo-cimento.

#### Quanto à função:

**Vedação** - São tijolos e blocos projetados para serem assentados com os furos na horizontal e para resistirem apenas às cargas devidas ao peso próprio e a pequenas cargas de ocupação.

**Estruturais** - São tijolos maciços e blocos projetados para serem assentados com os furos na vertical e que têm a finalidade de resistir a cargas verticais, bem como a seu peso próprio.

Diferentes formatos de unidades foram desenvolvidos com o objetivo de se ajustarem a uma função específica, como se exemplifica a seguir:

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

#### Quanto às dimensões:

**Comuns** - Trata-se de produtos cujas dimensões nominais são recomendadas pela norma acima referida.

**Especiais** - São peças portadoras de formas e dimensões diversas das apresentadas na referida norma. A Norma Brasileira apresenta algumas medidas especiais, que podem ser encontradas em produtos comerciais.

Segundo a Norma Brasileira, as dimensões das unidades de alvenaria podem ser classificadas em **nominais e reais**. As **dimensões reais** são as efetivadas pela fabricação. As **dimensões nominais** são as reais, acrescidas de 1 (um) cm para a argamassa e as especificadas pelo fabricante. A norma especifica várias dimensões de unidades e admite que outras dimensões podem ser utilizadas, desde que previamente acordadas entre o fabricante e o consumidor.

Do ponto de vista estrutural, as unidades de alvenaria são fundamentais para que a parede desenvolva as características mecânicas adequadas à sua segurança, especialmente em relação à resistência à compressão. Além de resistência à compressão adequada ao carregamento a que a parede estará submetida nas condições de uso, a unidade de alvenaria deverá apresentar também baixa absorção de água, durabilidade e estabilidade dimensional.



A qualidade das unidades de alvenaria fabricadas no Brasil, para todos os tipos de materiais, é bastante variada, **existindo produtos de alta qualidade, frutos de processos de fabricação modernos e produtos de qualidade bastante duvidosa.** Estes últimos são geralmente fabricados por cerâmicas e fábricas de blocos de concreto bastante rudimentares, que, além de utilizarem matéria prima de má qualidade, não exercem controle adequado de produção. É importante que o projetista e o executor de edificações em alvenaria estrutural sejam bastante cuidadosos no momento de **definirem a unidade de alvenaria a ser utilizada, estabelecendo formas de controle de qualidade** da mesma, quanto às características físicas e mecânicas dela.

#### 4.2.1 - Unidades cerâmicas

O **ingrediente básico das unidades cerâmicas é a argila.** A argila é composta de sílica, silicato de alumínio e variadas quantidades de óxidos ferrosos. A argila pode ser calcária ou não calcária. No primeiro caso, a argila, quando cozida, produz um bloco ou tijolo de cor amarelada. A não calcária contém de 2 a 10% de óxido de ferro e feldspato e produz uma unidade de variados tons vermelhos dependendo da quantidade do óxido de ferro.

A argila apropriada para a fabricação de blocos e tijolos deve ter plasticidade quando misturada com água, de tal maneira que possa ser moldada; deve ter suficiente resistência à tração para manter o formato depois de moldada; enfim, deve ser capaz de fundir as partículas quando queimada a altas temperaturas.

**Todas as propriedades físicas dos materiais cerâmicos são influenciadas pela composição da matéria prima usada e pelo processo de fabricação.** Encontram-se unidades com resistências baixas, em torno de 3 MPa, e outras de elevadas resistências, que podem atingir mais de 100 MPa.

A norma brasileira, NBR 7171, de novembro de 1994, divide as unidades cerâmicas em dois tipos: tijolo e bloco. O tijolo possui todas as faces plenas de material, enquanto que o bloco apresenta furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contêm. As **especificações para tijolos e blocos cerâmicos** podem ser encontradas nas normas apresentadas na tabela 1, na próxima página.

**A NBR 7171 divide as unidades cerâmicas em dois tipos: tijolo e bloco. O tijolo possui todas as faces plenas de material, enquanto que o bloco apresenta furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contêm.**

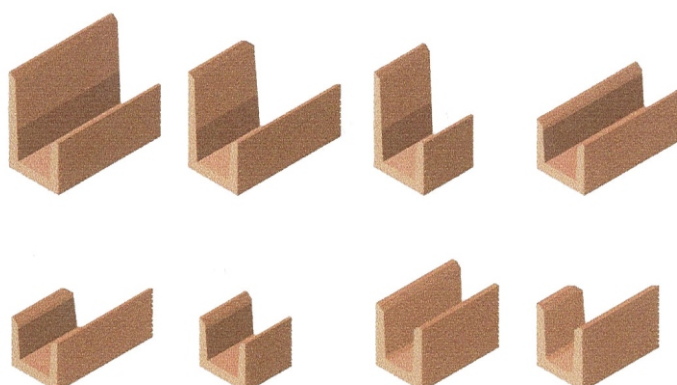
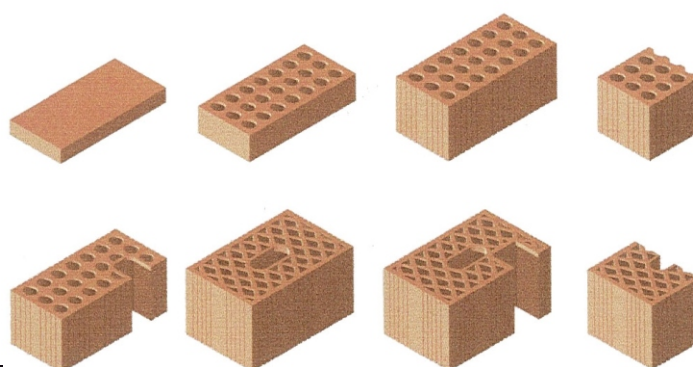
NORMA	TÍTULO
NBR 6461	Bloco Cerâmico para Alvenaria - Verificação da Resistência à Compressão
NBR 7170	Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria NBR 6460 - Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria - Verificação da Resistência à Compressão
NBR 7171	Bloco Cerâmico para Alvenaria
NBR 8041	Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria - Forma e Dimensões
NBR 8042	Bloco Cerâmico para Alvenaria - Formas e Dimensões
NBR 8043	Bloco Cerâmico Portante para Alvenaria - Determinação da Área Líquida
NBR 8949	Paredes de Alvenaria Estrutural - Ensaio para a Compressão Simples

Tabela 1 - Normas Brasileiras para Unidades Cerâmicas

Exemplos de tijolos e blocos cerâmicos, produzidos no Brasil, são mostrados nas Figura 27 e 28.



Figura 27 - Blocos cerâmicos estruturais comuns e especiais



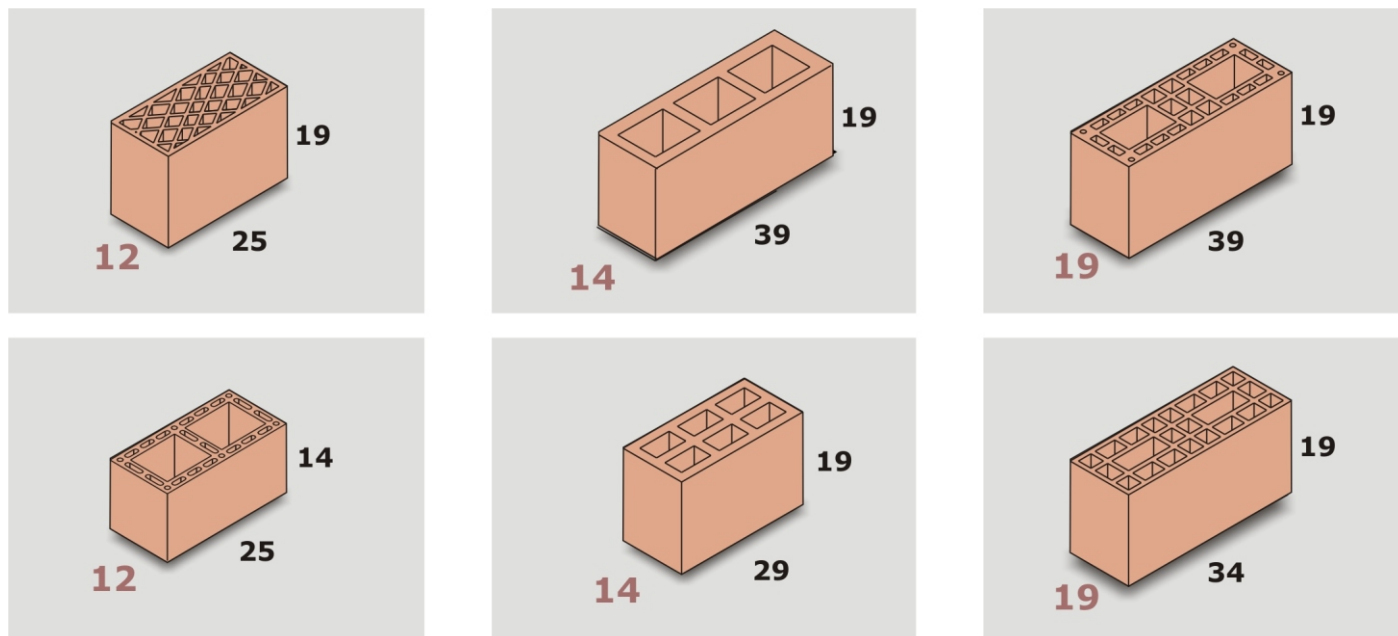


Figura 28 - Outros blocos cerâmicos estruturais utilizados na construção: blocos de 12, 14 e 19

### Os blocos e os tijolos cerâmicos para alvenaria estrutural devem apresentar as seguintes propriedades:

#### Aspecto

São as características visuais que têm interesse do ponto de vista estrutural e estético. As falhas visualmente perceptíveis, que têm reflexos na capacidade resistente das paredes, são quebras, trincamentos e deformações. Do ponto de vista estético podem-se citar a integridade das arestas e dos vértices, a textura da superfície, a cor etc.

#### Dimensão

Quanto mais uniforme o tamanho do tijolo ou do bloco, melhor será a qualidade deles e mais fácil será o trabalho do pedreiro. A homogeneidade das dimensões torna-se ainda mais importante na medida em que se utiliza, cada vez mais, a modulação da alvenaria como forma de eliminar o desperdício com quebras.

#### Esquadro e planeza

Os processos de extrusão, corte e cozimento dos produtos cerâmicos podem gerar distorções nas faces dos mesmos, se não houver um controle adequado na produção. Desvios em relação ao esquadro, bem como falta de planeza das faces das unidades, dificultam o assentamento, diminuem a produtividade e influem na capacidade portante da parede.

Os blocos não devem apresentar defeitos sistemáticos, tais como trincas, quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam seu emprego na função especificada. Na tabela 2 são apresentadas as tolerâncias máximas de fabricação dos blocos.

Tabela 2 -Tolerâncias máximas de fabricação



DIMENSÃO	TOLERÂNCIA (mm)
Largura (L)	± 3
Altura (H)	± 3
Comprimento (C)	± 3
Desvio em relação ao esquadro (D)	3
Flecha (F)	3

### Absorção de água

A absorção de água é definida como o peso de água, expresso como uma porcentagem do peso seco do tijolo, que é absorvida durante a imersão em água num determinado período de tempo. Esse tempo é normalmente de 5 horas em água fervente ou de 24 horas em água fria.

O cálculo da absorção é feito através desta fórmula:

$$\text{Absorção} = \left[ \frac{P_{\text{sat}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{seco}}} \right] \times 100$$

Convenções:

Absorção de água (em %)

Psat = peso saturado (Kg)

Pseco = peso seco (Kg)

Esta propriedade está relacionada à permeabilidade da parede à água de chuva. A absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 25%.

### Taxa de absorção inicial

A taxa de absorção inicial (taxa de sucção) de uma unidade cerâmica é definida como a quantidade de água absorvida por um tijolo seco quando parcialmente imerso em água (profundidade de 3 mm) pelo período de 1 minuto. Essa taxa, dada em Kg/m<sup>2</sup>.min, mede a tendência de absorção de água das unidades. Sua magnitude depende das características superficiais da unidade, do tipo de argila empregada e do grau de cozimento da peça.

A taxa de sucção do tijolo tem importância muito grande na aderência entre o tijolo e a argamassa. Quanto maior for a taxa de sucção, tanto menor será a resistência à flexão e ao cisalhamento. Por isso, nos casos em que um tijolo tem elevada taxa de absorção inicial, este deve ser umedecido antes do assentamento na parede para reduzi-la. O valor máximo recomendado para a taxa de sucção é de 1,5 Kg/m<sup>2</sup> min.

### Durabilidade

A durabilidade dos tijolos e dos blocos cerâmicos pode ser afetada pela presença de sais solúveis. Todos os tipos de tijolos de argila

possuem sais solúveis. Estes sais podem igualmente ser absorvidos das argamassas, do solo ou também da atmosfera. Quando a água evapora, carrega para a superfície os sais, gerando o fenômeno da eflorescência. Este processo costuma produzir não danos estruturais à parede, mas somente prejuízos estéticos.

O ataque dos sulfatos presentes no tijolo pode gerar problemas mais sérios. Quando o tijolo fica saturado, a água, por conter sulfatos, atinge a argamassa e reage com componentes do cimento e da cal. Esta reação ocasiona a expansão da argamassa com conseqüente desintegração da mesma.

### **Resistência à compressão**

É a principal característica da unidade para uso em alvenaria estrutural. Ela deve atingir os requisitos mínimos que a norma especifica, bem como as exigências do projeto estrutural.

A resistência à compressão mínima dos blocos de vedação e estruturais, na área bruta, e dos tijolos maciços deve atender aos valores especificados nas tabelas 3 e 4, respectivamente. Para a alvenaria estrutural, não são aceitáveis unidades com resistência à compressão que menor do que 4,0 Mpa; o valor correto de resistência do bloco deverá ser especificado pelo projeto estrutural.

CLASSE	Resistência à compressão na área bruta (MPa)
10	1,0
15	1,5
25	2,5
45	4,5
60	6,0
70	7,0
100	10,0

Tabela 3 - Classe e resistência à compressão dos blocos na área bruta (MPa) (NBR 7171)



**Para a alvenaria estrutural, não são aceitáveis unidades com resistência à compressão que seja menor do que 4,0 Mpa; o valor correto de resistência do bloco deverá ser especificado pelo projeto estrutural.**

Tabela 4 - Classe e resistência à compressão dos tijolos (MPa) (NBR 7171)

CLASSE	Resistência à compressão (MPa)
A	1,0
B	1,5
C	4,0

A qualidade da argila empregada na fabricação afeta a resistência mecânica do material cerâmico. Elevados teores de ferro divalente, elementos alcalinos e alcalinos terrosos são prejudiciais em virtude do fato de causarem excessiva retração, reduzirem a faixa de vitrificação e causarem colorações indesejáveis. Argilas muito plásticas apresentam tendência a trincamento ou a empenamento, comprometendo o desempenho mecânico do componente acabado. Em relação ao processo de produção, quanto melhor o controle de qualidade efetuado durante a fabricação dos blocos cerâmicos, maior será a resistência mecânica do produto final.

A homogeneidade dimensional e a planicidade das superfícies facilitam a aplicação da argamassa, garantindo melhor aderência entre os dois materiais. A presença de fissuras pode acarretar o aparecimento de áreas de concentração de tensões, provocando a ruptura prematura da peça. A resistência das unidades cerâmicas pode ser afetada tanto pela qualidade da argila e do processo de produção, quanto pelas dimensões e geometria dos tijolos e dos blocos, conforme se pode na tabela 5.

Tabela 5 - Características físicas e mecânicas dos diferentes blocos cerâmicos produzidos pela mesma fábrica.

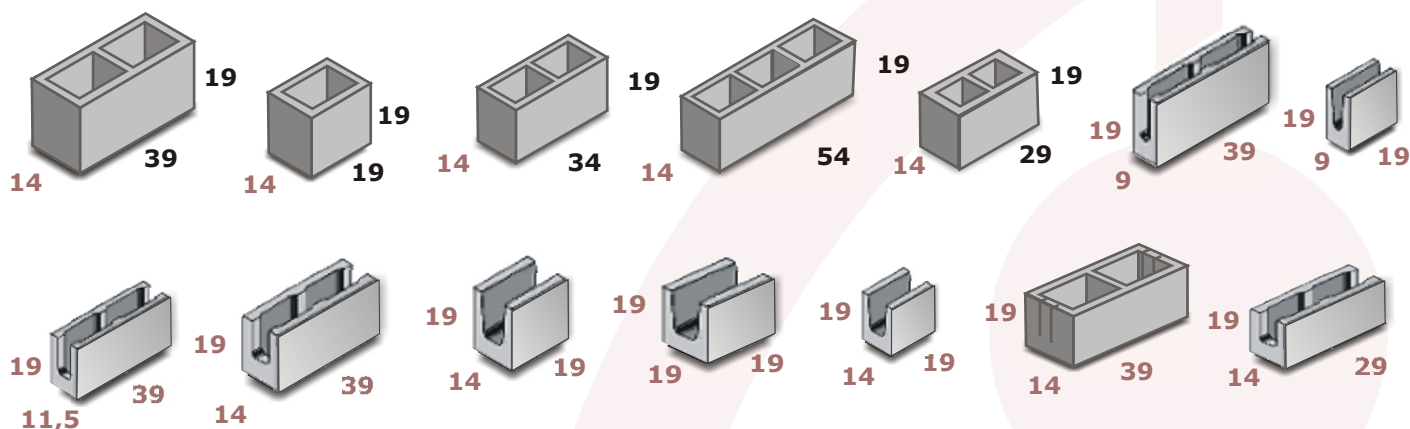
TIPO	Dimensões (mm)			Resistência à compressão na área bruta (MPa)
	L	H	C	
Tijolo maciço	120	55	250	19,5
21 furos, pequeno	122	54	258	7,2
21 furos, grande	123	110	260	14,3
Pequeno losangular	100	141	248	11,3
Grande losangular	160	143	248	7,0
Bloco vazado	145	190	290	22,9



## 4.2.2 - Unidades de concreto

Os blocos de concreto são unidades de alvenaria fabricadas a partir de uma mistura de cimento, agregados (areia e brita) e água. A mistura é introduzida em máquina de moldar, onde, através de uma combinação de pressão e vibração, se produz os blocos. A cura destes é produzida comumente com algum tipo de aquecimento, no intuito de acelerá-la. Os processos de fabricação e cura dos blocos devem assegurar a obtenção de um concreto suficientemente compacto (slump = zero) e homogêneo. São fabricados vários tipos e tamanhos de blocos, com diferentes funções, os quais seguem as modulações de 15 cm ou de 20 cm, conforme a malha modular definida no projeto. A figura 29 mostra os tipos de blocos de concreto mais fabricados no Brasil.

Figura 29 - Diferentes tipos de Blocos Estruturais de Concreto



Quanto ao uso dos blocos de concreto, a NBR 6136 divide-o em duas classes: classe AE e classe BE. A classe AE compreende os blocos aparentes. Estes blocos podem ser usados para paredes internas ou externas sem haver a necessidade de serem revestidos com argamassas. Os blocos da classe BE não poderão ser usados em fachadas se não receberem revestimento com argamassa.

Tabela 6 - Normas Brasileiras para Blocos de Concreto

As Normas Brasileiras para blocos de concreto são ministradas na tabela 6.

NORMA	TÍTULO
NBR 6136	Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural - Especificação
NBR 7173	Blocos vazados de Concreto Simples para Alvenaria sem Função Estrutural - Especificação
NBR 7186	Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria com Função Estrutural - Método de Ensaio
NBR 8215	Prismas de Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural - Preparo e Ensaio para a compressão - Método de Ensaio
NBR 8949	Paredes de Alvenaria Estrutural - Ensaio à Compressão Simples - Método de Ensaio
NBR 10837	Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto



## Os blocos de concreto para alvenaria estrutural devem apresentar as seguintes propriedades:

### Aspecto

Os blocos devem apresentar aspecto homogêneo, ser compactos, ter arestas vivas e ser livres de trincas ou outras imperfeições que possam prejudicar o seu assentamento, ou as características de mecânica e de durabilidade da edificação.

### Dimensões

Os blocos de concreto devem atender às dimensões estabelecidas no contrato entre fornecedor e comprador. Caso isto não ocorra, poderão ficar comprometidas tanto a modulação prevista na fase de projeto, quanto a racionalização do processo construtivo. Pequenos desvios dimensionais podem ser aceitos, desde que estejam dentro dos limites estabelecidos pela NBR 6136, que serão mostrados na tabela 7.

Tabela 7 - Tolerâncias máximas de fabricação

DIMENSÃO	TOLERÂNCIA (mm)
Largura (L)	$\pm 2$
Altura (H)	$\pm 3$
Comprimento (C)	$\pm 3$

### Absorção de água

A absorção de água dos blocos está indiretamente relacionada com a sua densidade. Quanto mais denso for o bloco, menor será a taxa de absorção. A densidade e a absorção de água afetam a construção, o isolamento térmico e acústico, a porosidade, a pintura, a aparência e a qualidade da argamassa requerida. Para o assentamento de unidades com alta absorção de água, é necessário utilizar argamassa com maior retenção de água. Dessa forma, evita-se a perda de trabalhabilidade decorrente da absorção de água pelos blocos.

A absorção de água para qualquer uma das classes de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10 %.

### Retração na secagem

A quantidade excedente de água utilizada na preparação do bloco de concreto permanece livre no interior da massa e evapora posteriormente. Esta evaporação gera forças capilares equivalentes a uma compressão isotrópica da massa, produzindo redução de volume. Para blocos de concreto com índices de retração inferiores a 0,08%, as solicitações devidas à retração por secagem podem ser desprezadas.

## Resistência à compressão

É a principal característica da unidade para uso em alvenaria estrutural. A resistência deve atingir os requisitos mínimos da Norma específica, bem como as exigências do projeto estrutural.

A NBR 6136/1994 divide os blocos de concreto em classes de resistência mínima à compressão, conforme mostra a tabela 8.

Para uso estrutural, os blocos de concreto devem apresentar resistência mínima de 4,5 MPa, conforme especificação da Norma.

**Para uso estrutural, os blocos de concreto devem apresentar resistência mínima de 4,5 MPa, conforme especificação da NBR 6136.**

A resistência à compressão dos blocos de concreto é função do grau de compactação, do consumo de cimento e da resistência mecânica dos agregados utilizados na fabricação dos mesmos. O grau de compactação, por sua vez, depende da granulometria dos agregados, da umidade da mistura e das condições de moldagem.

CLASSE	Resistência à compressão na área bruta (MPa)	
	Classe AE	Classe AE
4,5	--	4,5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16

Tabela 8 - Classe e resistência à compressão dos blocos de concreto (NBR 6136)



### 4.3 - Argamassa

A argamassa é material composto por um ou mais aglomerantes (cimento e cal), por um agregado miúdo (areia) e água suficiente para produzir uma mistura plástica de boa trabalhabilidade. Em alvenaria estrutural, usam-se, comumente, cimento e cal como aglomerantes, e a areia como agregado. Nos últimos anos tem crescido a oferta de argamassas industrializadas, feitas à base de cimento, areia e aditivos plastificantes.

#### 4.3.1 - Características gerais

A argamassa é o elemento de ligação das unidades de alvenaria em uma estrutura única. Apesar de ela ser material utilizado há milhares de anos, apenas nas últimas décadas é que sua tecnologia passou a receber tratamento racional. Parte da responsabilidade por esta situação deve-se ao fato de se ter procurado tratar as argamassas como se fossem concretos. Mesmo que, na essência, ambos sejam compostos dos mesmos elementos (aglomerantes e agregados), suas funções e empregos são radicalmente distintos. Não é correto pensar que os mesmos requisitos necessários à obtenção de um bom concreto sejam necessários para obter uma boa argamassa. Em certos casos, estes requisitos caminham em sentidos opostos.

**A argamassa é o elemento de ligação das unidades de alvenaria em uma estrutura única.**

O concreto geralmente é lançado em formas impermeáveis; uma vez lançado, ele deve ser provido de umidade para que se processe a total hidratação do cimento. Essa hidratação garantirá que seja atingida a resistência especificada em projeto. Como conseqüência, faz parte da tecnologia do concreto o uso da mínima quantidade de água necessária, compatível com os métodos de adensamento disponíveis, o uso de agregados de maior tamanho possível de acordo com as seções das formas a preencher e a cura durante o maior tempo possível. O objetivo final é a mais alta resistência à compressão possível ao menor custo.

Já a argamassa é assentada sobre materiais cujas superfícies são absorventes e, além disso, fica exposta aos efeitos da evaporação. Esta capacidade de sucção das unidades de alvenaria é necessária para que haja integração com a argamassa e o conseqüente desenvolvimento de aderência na interface dos materiais. Entretanto, se essa absorção passa de certos limites, a unidade pode absorver água indispensável à hidratação do cimento.

Ao contrário do concreto, a argamassa não deve ser curada: não somente pela dificuldade de executar tal operação, mas também e principalmente porque o processo de cura umedeceria as unidades de alvenaria. Isto causaria deformações de expansão e contração que prejudicariam a integridade da alvenaria, especialmente de blocos de concreto.

Estruturalmente, a principal função da argamassa é a transferência uniforme das tensões entre os tijolos e os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais dos mesmos. Além disso, deve unir solidariamente as unidades de alvenaria e ajudá-las a resistirem aos esforços laterais.

**Estruturalmente, a principal função da argamassa é a transferência uniforme das tensões entre os tijolos e os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais dos mesmos**

#### **4.3.2 - Materiais constituintes da argamassa**

##### **Cimento**

Em geral se utiliza cimento Portland Comum, mas podem ser usados outros tipos de cimento, tais como o Pozolânico e o Alto-Forno. O cimento não só é o principal responsável pela resistência da argamassa, mas também melhora a aderência, a trabalhabilidade e a retentividade. Porém, o uso de muito cimento, acima de 1/3 do volume total, pode deixar a argamassa excessivamente rígida e aumentar a retração dela.

Os cimentos portadores de maior superfície específica têm potencial para tornar as argamassas mais trabalháveis e mais capazes de reter água. Os cimentos de endurecimento mais lento podem produzir argamassas mais resilientes, ou seja, com maior capacidade de absorver pequenas deformações.

##### **Cal**

A cal utilizada no preparo da argamassa de assentamento é a hidratada, com uma percentagem de componentes ativos, CaO e MgO, superior a 88%. Podem também ser utilizadas cales extintas em obra, as quais são capazes de produzir argamassas de melhor qualidade final.


A cal confere à argamassa plasticidade, coesão, retentividade e extensão da aderência, razão pela qual é componente fundamental para assegurar a durabilidade da aderência.

##### **Areia**

A areia é o agregado inerte na mistura e tem a função de reduzir a proporção dos aglomerantes e de diminuir os efeitos nocivos do excesso de cimento.

A granulometria da areia influi na qualidade da argamassa produzida. As areias grossas aumentam a resistência à compressão da argamassa, enquanto que as areias finas reduzem esta resistência, mas aumentam a aderência. É recomendável que a distribuição granulométrica das areias seja contínua. As Normas britânica e norte-americana estabelecem as granulometrias da tabela 9 para as areias destinadas às argamassas de assentamento.

Peneira Abertura (mm)	Percentagem nominal (em peso) que passa nas peneiras	
	BS - 1200	AASTM C-144
4,8	100	100
2,4	90-100	95-100
1,2	70-100	70-100
0,6	40-80	40-75
0,3	5-40	10-35
0,15	0-10	2-15

 Tabela 9 - Granulometrias recomendadas para as areias de argamassa

### Água

A quantidade de água deve ser tal, que garanta boa produtividade no assentamento, sem causar a segregação dos constituintes. A adição de água em argamassa já pronta para repor a água evaporada durante o processo de assentamento, para manter constante sua fluidez, deve ser feita com cuidado. Sempre que possível, deve ser evitada.

### 4.3.3 - Tipos de argamassa

Os materiais utilizados no assentamento de unidades são argamassas com base de cal, argamassas de cimento, argamassas mistas de cimento e cal e argamassas aditivadas. Estas últimas têm sido desenvolvidas por empresas especializadas, mas devem ser avaliados os ensaios de desempenho delas, antes de recomendar o uso em alvenarias estruturais que exijam maior responsabilidade estrutural.

#### Argamassa de Cal

É a argamassa mais tradicional da alvenaria. Constitui-se de mistura de cal e areia. O desenvolvimento da resistência à compressão é lento. Essa resistência geralmente tem valores baixos. O endurecimento se processa pela perda de água, não por pega. Não é recomendada para alvenaria estrutural.

#### Argamassa de Cimento

É feita com cimento Portland e areia. Adquire alta resistência com rapidez. Tem a desvantagem de apresentar pouca trabalhabilidade para as misturas pobres, enquanto que as misturas ricas são anti-econômicas e podem facilitar o aparecimento de fissuras.

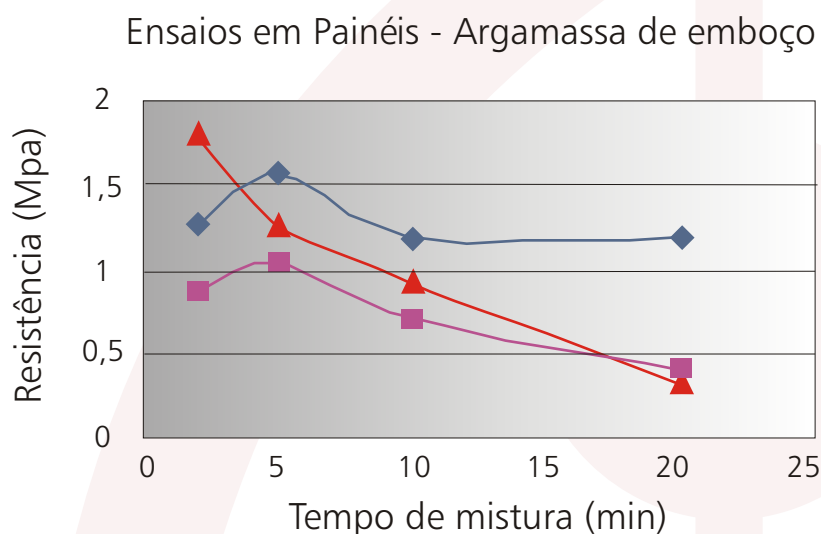
### Argamassas mistas

São constituídas de cimento, cal e areia. Elas, quando adequadamente dosadas, apresentam a combinação das vantagens das argamassas de cal e de cimento. A presença do cimento confere boa resistência à compressão; a cal melhora a trabalhabilidade da mistura. Por isso, essas argamassas são as mais adequadas para o uso em alvenaria estrutural.

### Argamassas aditivadas

Neste tipo de argamassa, a cal é substituída por aditivo, geralmente incorporador de ar. Resulta uma argamassa de menor resistência à compressão relativamente às produzidas com cal. A resistência à compressão diminui se o tempo de mistura for excessivo, conforme pode ser visto na figura 29.

- ◆ Resistência (MPa) x teor 0.1%
- Resistência (MPa) x teor 0.5%
- ▲ Resistência (MPa) x teor 0.6%



## Influência do tempo de mistura na resistência à compressão de argamassas (Mohamad et al, 2000)

A utilização do incorporador de ar pode também ocasionar problemas de aderência, bem como dureza superficial muito baixa.

### 4.3.4 - Propriedades das argamassas

#### 4.3.4.1 - Argamassas no estado fresco

A propriedade mais importante da argamassa no estado fresco é a trabalhabilidade. Argamassa de boa trabalhabilidade pode ser espalhada facilmente sobre a superfície do bloco e penetra-lhe nos poros, assegurando a extensão da penetração da argamassa na unidade de alvenaria.

**A propriedade mais importante da argamassa no estado fresco é a trabalhabilidade.**



A trabalhabilidade é uma propriedade de difícil definição, tanto que não existe um método direto para medi-la. Em geral se mede a fluidez da argamassa. A fluidez, ou consistência pode ser definida como a porcentagem do aumento de diâmetro da base de um tronco de cone de argamassa depois de submetida a 30 impactos sucessivos em uma mesa vibratória padrão. Uma argamassa de boa trabalhabilidade apresenta fluidez entre 115 e 150 %. Entretanto, a medição de fluidez nem sempre é indicativa de boa trabalhabilidade. Misturas ásperas e destituídas de coesão, mesmo com fluidez nesta faixa, produzem argamassas inadequadas para uso em alvenaria.

A argamassa de boa trabalhabilidade adere melhor às superfícies verticais. A *consistência* deve ser tal, que o tijolo (ou bloco) possa ser prontamente alinhado, mas que seu peso e o peso das fiadas subsequentes não provoquem posterior escorrimento da argamassa.

No processo de assentamento, parte da água existente na argamassa flui em direção ao bloco em virtude das forças capilares que se formam nas proximidades da superfície de contato entre os dois materiais, e uma outra parte pode evaporar, especialmente em clima quente. A pasta, na medida em que perde água, vai se tornando menos consistente, podendo acontecer que esteja muito seca quando for assentada a próxima fiada de blocos. Por isso, é necessário que a argamassa possa conservar, no estado fresco, a consistência inicial quando submetida a solicitações que provoquem perda de água de amassamento.

Retentividade é a capacidade de retenção de água pela argamassa, no estado fresco, em oposição às forças de sucção do bloco e de evaporação. A sucção do bloco é necessária para promover o contato com o cimento. Entretanto, se o bloco for muito poroso e retirar muito rapidamente a água da argamassa, acelerando o tempo de endurecimento, não haverá líquido suficiente para a completa hidratação do cimento, do que resulta fraca ligação entre o bloco e a argamassa. Além disso, o endurecimento muito rápido da argamassa, pela perda de água, impede o assentamento correto da fiada seguinte. Por outro lado, se o endurecimento for muito lento, causará atraso na construção pela espera que se fará necessária para a **continuação do trabalho**.

**Retentividade é a capacidade de retenção de água pela argamassa, no estado fresco, em oposição às forças de sucção do bloco e de evaporação.**

A má retentividade de água pode resultar de má granulometria do agregado, de agregados muito grandes, de mistura insuficiente ou de escolha errada do tipo de cimento. O uso de material pozolânico ou a adição de mais água e mais tempo de mistura podem aumentar a retentividade.

Para medir a retenção de água, primeiramente mede-se a fluidez. Em seguida, submete-se a argamassa a uma quantidade e a um tempo de vácuo padrão; depois se volta a medir a fluidez. A relação entre a fluidez final e a inicial, expressa em porcentagem, é a medida da retentividade. Esse valor não deve ser inferior a 75%. Esse teste, juntamente com o da fluidez, fornece boa idéia da plasticidade e coesão de uma argamassa. Uma mistura áspera pode ter a fluidez recomendada, mas não passará no ensaio de retenção de água.

O endurecimento é função da hidratação, ou seja, da reação química entre o cimento e a água. A velocidade em que esta ocorre determina o tempo necessário para a argamassa resistir à ação de cargas. Se o endurecimento for muito rápido, causará problemas no assentamento dos tijolos e no acabamento das juntas. Se for muito lento, causará atraso na construção, por efeito da espera que se fará necessária para a continuação do trabalho.

A temperatura ambiente também influencia no tempo de endurecimento. Temperaturas muito altas tendem a acelerar o endurecimento, enquanto que climas muito frios retardam o endurecimento. O processo de endurecimento também é acelerado em misturas homogêneas. Nelas, o agrupamento das partículas de cimento dificulta o contato com a água e, conseqüentemente, acelera o processo de endurecimento.

#### **4.3.4.2 - Argamassas no estado endurecido**

Para as argamassas no estado endurecido, uma das propriedades mais importantes é a *aderência*. Esta depende não só de uma argamassa adequada, mas também das características da interface da unidade de alvenaria. É, portanto, uma combinação do grau de contato entre a argamassa e a unidade e da adesão da pasta de cimento à superfície do bloco ou do tijolo.

Os fatores que influenciam o grau de contato e a adesão são a trabalhabilidade da argamassa, a retentividade, a taxa de absorção inicial do tijolo, a mão-de-obra, a quantidade de cimento na mistura, a textura da superfície do tijolo, o conteúdo de umidade do tijolo, a temperatura e a umidade relativa.

Resistência de aderência é a capacidade de a interface bloco x argamassa absorver tensões tangenciais de cisalhamento e normais de tração, sem que haja ruptura. As variações de temperatura e umidade, assim como as cargas horizontais devidas ao vento, produzem tensões na interface que podem levar à redução da resistência de aderência. A propriedade que define a manutenção da capacidade de aderência entre a argamassa e a unidade ao longo do tempo é chamada durabilidade.

**Resistência de aderência é a capacidade de a interface bloco x argamassa absorver tensões tangenciais de cisalhamento e normais de tração sem que haja ruptura.**

Outra importante propriedade da argamassa é a *resistência à compressão*. Esta propriedade depende do tipo e da quantidade de cimento usada na mistura. Importa saber que uma grande resistência à compressão da argamassa não é necessariamente sinônimo de melhor solução estrutural. A argamassa deve ser resistente o suficiente para suportar os esforços aos quais a parede será submetida. Contudo ela não deve exceder a resistência dos tijolos ou dos blocos da parede, de maneira que as fissuras que venham a ocorrer, devido a expansões térmicas ou a outros movimentos da parede, ocorram na junta.

**É importante saber que uma grande resistência à compressão da argamassa não é sinônimo de melhor solução estrutural.**

#### **4.3.5 - Escolha da argamassa (traço)**

O tipo de argamassa a ser usado depende principalmente da função que a parede vai exercer, das condições de exposição da parede e do tipo de tijolo ou de bloco que será utilizado. Quando se pensa no uso das alvenarias como elementos estruturais, tende-se a especificar o uso de argamassas com alto consumo de cimento e com grande resistência à compressão. Na verdade, nem sempre uma argamassa mais resistente é a mais indicada.

A argamassa é um adesivo que integra as unidades de alvenaria. Deve, portanto, ser resistente, durável, impedir a penetração de água, ser resiliente, econômica e com boa trabalhabilidade. As especificações e os requisitos para o uso de argamassas altamente resistentes podem prejudicar as propriedades desejáveis citadas acima. Não é interessante que uma argamassa tenha grande resistência à compressão em prejuízo da aderência e/ou da trabalhabilidade. Também não é aceitável que uma argamassa tenha elevado consumo de cimento, alta resistência à compressão e características de retração que causem fissuras de separação na interface junta / unidade, resultando num caminho próprio para a penetração de umidade.

As tabelas 10 e 11 mostram os traços recomendados pelas normas inglesa e norte-americana respectivamente.

Designação	Designação Tipo de Argamassa (proporção por volume)			Resistência à Compressão aos 28 dias (MPa)	
	Cimento	Cal	Areia	Laboratório	Obra
(i)	1	0 a 1/4	3	16,0	11
(ii)	1	1/2	4 a 4,5	6,5	4,5
(iii)	1	1	5 a 6	3,6	2,5
(iv)	1	2	8 a 9	1,0	1,0

Tabela 10 - Traços de argamassa: norma inglesa

Designação	Designação Tipo de Argamassa (proporção por volume)			Resistência à Compressão aos 28 dias (MPa)
	Cimento	Cal	Areia	
M	1	1/4	2,25 a 3 vezes a soma dos volumes de cimento e cal	17,2
S	1	1/4 a 1/2		12,4
N	1	1/2 a 1,25		5,2
O	1	1,25 a 2,5		2,4
K	1	2,5 a 4,0		0,5

Tabela 11 - Traços de argamassa: norma norte-americana

A norma norte-americana recomenda os seguintes usos para os traços acima:

*Argamassa tipo M* é recomendada para alvenaria em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade.

*Argamassa tipo S* - É recomendada para alvenarias sujeitas a esforços de flexão. É de boa resistência à compressão e produz boa resistência à tração na interface com a maioria dos tipos de unidades.

*Argamassa tipo N* - É recomendada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. É de média resistência à compressão e de boa durabilidade.

*Argamassa tipo O* - Pode ser usada em alvenaria de unidades maciças, cuja tensão de compressão não ultrapasse 0,70 MPa e não esteja exposta em meio agressivo. É de baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes interiores em geral.

#### 4.4 - Graute

O graute é um concreto ou argamassa com suficiente fluidez para preencher os vazios dos blocos completamente e sem separação dos componentes. Tem a finalidade de aumentar a capacidade de resistência à compressão da parede e de solidarizar as ferragens à alvenaria, preenchendo as cavidades onde estas se encontram.

O graute para alvenaria é composto de uma mistura de cimento e agregado, devendo estes possuir módulo de finura em torno de 4 (areias grossas). O graute é composto dos mesmos materiais usados para produzir concreto convencional. As diferenças estão no tamanho do agregado graúdo (mais fino, 100% passando na peneira 12,5 mm) e na relação água/cimento.

Como se deseja uma elevada trabalhabilidade, o concreto deve ser bastante fluido. O ensaio de slump deve mostrar um abatimento entre 10 e 14 cm. A relação água/cimento deve estar entre 0,8 e 1,1 dependendo do módulo de finura da areia. A fixação do slump nesta faixa dependerá fundamentalmente da taxa de absorção inicial das unidades e da dimensão dos alvéolos. Quanto mais absorventes forem as unidades e menores forem seus alvéolos, maior deverá ser o slump da mistura. Ao se colocar o graute na alvenaria, estas retiram grande parte do excesso de água, deixando o mesmo com uma relação água/cimento final entre 0,5 e 0,6.

Para definição dos traços e, conseqüentemente, das resistências deve-se considerar dois fatores: a resistência à compressão dos blocos usados e o traço de argamassa utilizado na parede.

**A norma inglesa BS 5628 especifica que o graute deve ter a mesma resistência à compressão na área líquida do bloco. Este valor de resistência otimiza o desempenho estrutural da parede.**

As principais propriedades que o graute deve apresentar são:

- ⊙ Consistência: a mistura deve apresentar coesão e, ao mesmo tempo, ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos.
- ⊙ Retração: a retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o graute e as paredes internas dos blocos.
- ⊙ Resistência à compressão: a resistência à compressão do graute, combinada com as propriedades mecânicas dos blocos e da argamassa definirão as características à compressão da alvenaria.



O graute na alvenaria pode ser usado como material de enchimento em reforços estruturais, em zonas de concentração de tensões e quando se necessita armar as estruturas (armaduras construtivas ou para absorver esforços de tração).

Estudos realizados na UFSC mostram a importância da compatibilidade entre bloco e graute e que uma combinação inadequada destes materiais pode afetar a resistência da alvenaria, devido às tensões de tração desenvolvidas. Na Figura 30 são mostrados os estados de tensões gerados nos diferentes materiais (bloco, argamassa e graute). No capítulo relacionado com o desempenho da alvenaria, são detalhados os comportamentos de alvenarias com diferentes unidades e grauteadas.

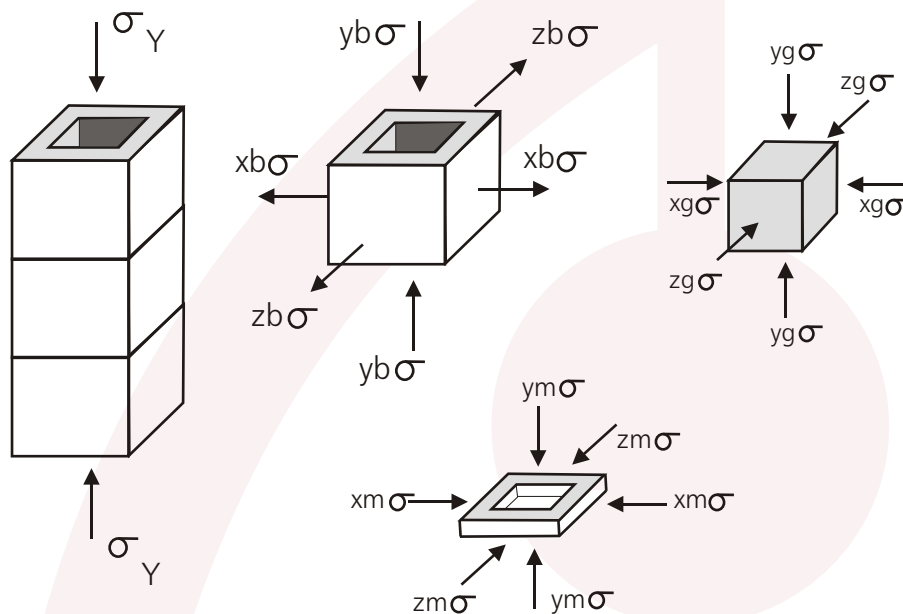


Figura 30 - Estado de tensões nos prismas devido a um carregamento axial de compressão apresentados no modelo de Hamid e Drysdale (1979)

#### 4.4.1 - Materiais constituintes

Para o graute devem ser usados exclusivamente cimentos do tipo CP e MRS. Alguns autores afirmam não ser admissível o emprego de cimentos modificados por pozolanas pelo fato destes serem mais retentivos. Esta característica leva a um aumento da relação água/cimento final e, conseqüentemente, a uma menor resistência à compressão.

Em certos casos pode ser adicionada cal na mistura para diminuir a rigidez da mesma. A quantidade de cal deve ser controlada para evitar a corrosão da armadura (de 0 a 1/10 do volume de cimento).

A Tabela 12 indica as granulometrias recomendadas para as areias pela norma ASTM C404. São recomendadas areias com módulo de finura entre 2,3 e 3,1, pois estas requerem menos cimentos e o graute, além de alcançar maior resistência à compressão, apresentam menor retração no endurecimento.

O pedrisco, quando utilizado, deve ter a granulometria indicada na tabela 13.

Tabela 12 - Granulometria recomendada para areias: porcentagem retida acumulada

Abertura da peneira (mm)	Tipo 1	Tipo 2
9,5	0	0
4,80	0 - 5	0
2,4	0 - 20	0 - 5
1,2	15 - 50	0 - 30
0,6	40 - 75	25 - 60
0,3	70 - 90	65 - 90
0,15	90 - 98	85 - 98
0,075	95 - 100	95 - 100

Tabela 13 - Granulometria recomendada do agregado graúdo para o graute.

Abertura da peneira (mm)	% retida acumulada
12,5	0
9,5	0 - 15
4,8	70 - 90
2,4	90 - 100
1,2	95 - 100

#### 4.4.2 - Dosagem

O graute deve ser dosado para que atinja as características físicas e mecânicas necessárias para o bom desempenho estrutural da parede. É recomendável que seja sempre realizado ensaio de prismas feitos com material a ser utilizado na obra, para se verificar se a especificação de materiais proporciona o resultado de resistência desejado. Em caso de obras pouco carregadas, no entanto, pode-se utilizar alguns traços clássicos de graute. Estes podem ser vistos na tabela 14. Um é dosado com agregado graúdo (pedrisco), e outro sem agregado graúdo.

Tabela 14 - Proporções Recomendadas para a Dosagem do Graute

	Materiais constituintes		
	Cimento	Areia	Brita
sem agregado graúdo	1	3 a 4	-----
com agregado graúdo	1	2 a 3	1a 2

#### 4.4.3 - Proporcionalamento, mistura e lançamento

O proporcionalamento dos materiais componentes do graute deve ser feito de tal forma que as quantidades especificadas possam ser controladas e mantidas com uma precisão da ordem de +/- 5%.

A mistura dos materiais constituintes deve efetuar-se mecanicamente por um tempo não menor que 5 minutos e suficiente para proporcionar boa homogeneidade.

O transporte e o lançamento do graute geralmente tem sido efetivado em duas ou três etapas. Estas opções permitem que se use um graute com menor teor de água/cimento e maior controle do lançamento, diminuindo a possibilidade de haver segregação do mesmo e de ocorrência de vazios nas células dos blocos.

O graute deve ser adensado. Muitas vezes, a própria pressão hidráulica gerada pela coluna líquida da mistura é suficiente. Em alguns casos pode ser necessário vibrá-lo (vibradores de agulha de pequeno diâmetro) ou compactá-lo manualmente (barras de aço do mesmo tipo utilizado como armadura na parede).



## 4.5 - Comportamento estrutural da alvenaria

A Alvenaria Estrutural pode ser considerada como um sistema formado por materiais distintos que interagem para responder às cargas às quais são solicitados durante a sua vida útil. O comportamento do conjunto depende não somente da qualidade de cada material empregado, mas também e principalmente das interações físico-químicas que se processam entre os mesmos. Dessa forma, o desempenho estrutural de paredes de alvenaria não pode ser estimado sem a realização de testes com paredes ou prismas dos materiais que serão utilizados.

Do ponto de vista estrutural, as principais propriedades mecânicas que devem apresentar as paredes de alvenaria são a resistência à compressão, à tração, à flexão, ou ao cisalhamento. De todas essas propriedades, a mais importante é a resistência à compressão, porque, geralmente, as paredes de alvenaria estão submetidas a carregamentos verticais, de características compressivas, muito mais intensos que os carregamentos horizontais.

**O comportamento das paredes de alvenaria estrutural depende não somente da qualidade de cada material empregado, mas também e principalmente das interações físico-químicas que se processam entre os mesmos.**

A alvenaria estrutural, como todo o material frágil, tem boa resistência à compressão e baixa resistência à tração. Quando o projetista prever a existência de tração, deve buscar soluções que minimizem ao máximo esse tipo de tensão. As normas nacional e internacionais, destinadas ao cálculo da Alvenaria Estrutural, não recomendam a admissão de tensões de tração, permitindo apenas a consideração de valores muito pequenos.

Cada diferente combinação dos materiais para alvenaria responde com um fator de eficiência próprio. Esse fator de eficiência da alvenaria é dado pela razão entre a resistência dos prismas e a resistência da unidade. Trabalhos experimentais realizados por pesquisadores de vários países mostraram que o fator de eficiência pode variar entre 10 e 70 % para materiais cerâmicos e entre 50 e 90 % para blocos de concreto. Esta variabilidade comprova a importância da realização de ensaios antes da utilização dos materiais em prédios de alvenaria estrutural.

**O fator de eficiência da alvenaria é dado pela razão entre a resistência dos prismas e a resistência da unidade.**

## 4.5.1 - Resistência à compressão da alvenaria

O processo construtivo em alvenaria estrutural depende fortemente da combinação de materiais e de projetos de qualidade com a utilização de mão-de-obra qualificada, capaz de construir de acordo com o projeto. Assim, fatores relacionados com as características físicas e mecânicas do material e com a técnica construtiva têm influência na resistência da alvenaria. Passa-se a explicar os fatores mais importantes.

### 4.5.1.1 - Desempenho de diferentes materiais

A resistência à compressão da unidade é o mais importante fator na resistência à compressão da alvenaria. Esta resistência é função da matéria-prima empregada, do processo de fabricação, da forma e do tamanho da unidade.

Existe diferença de comportamento entre as alvenarias não grauteadas e as alvenarias com graute. Passa-se a a descrever as principais diferenças.

**A resistência à compressão da unidade é o mais importante fator na resistência à compressão da alvenaria.**

### Alvenaria não-grauteada

O aumento na resistência à compressão das unidades implica o aumento da resistência da alvenaria, embora o fator de eficiência tenda a diminuir à medida que são utilizados blocos mais resistentes, como pode ser visto nas figuras 31 e 32 para blocos cerâmicos e de concreto respectivamente.

Figura 31 - Fator de eficiência obtido para os blocos cerâmicos ensaiados em função da resistência da unidade (Prado, 1993).

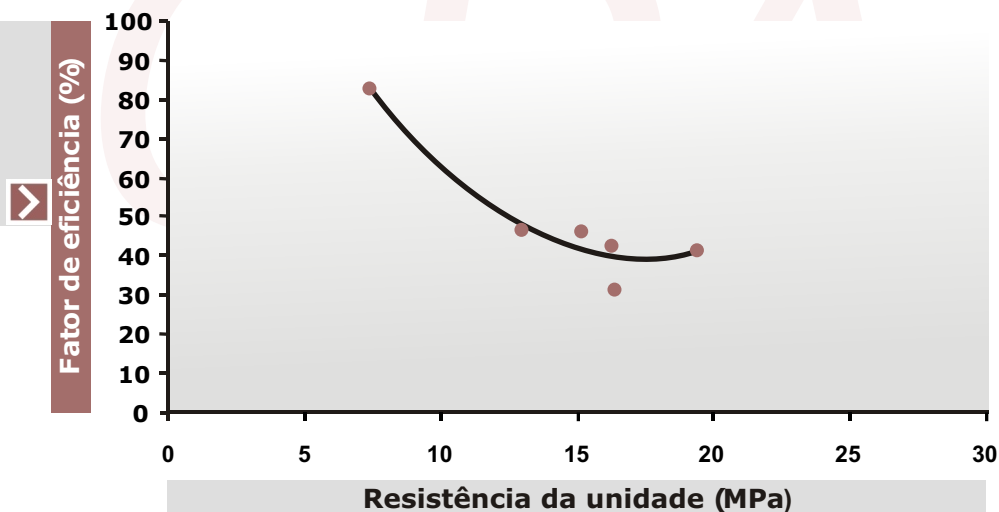




Figura 32 - Fatores de eficiência das paredes para diferentes blocos de concretos e argamassas (Medeiros) unidade (Prado, 1993).



A argamassa pouco influi na resistência dos prismas quando o bloco utilizado é pouco resistente. Porém esta influência cresce com o aumento da resistência dos blocos, conforme pode ser visto na figura 33, que apresenta resultados obtidos por diversos pesquisadores.

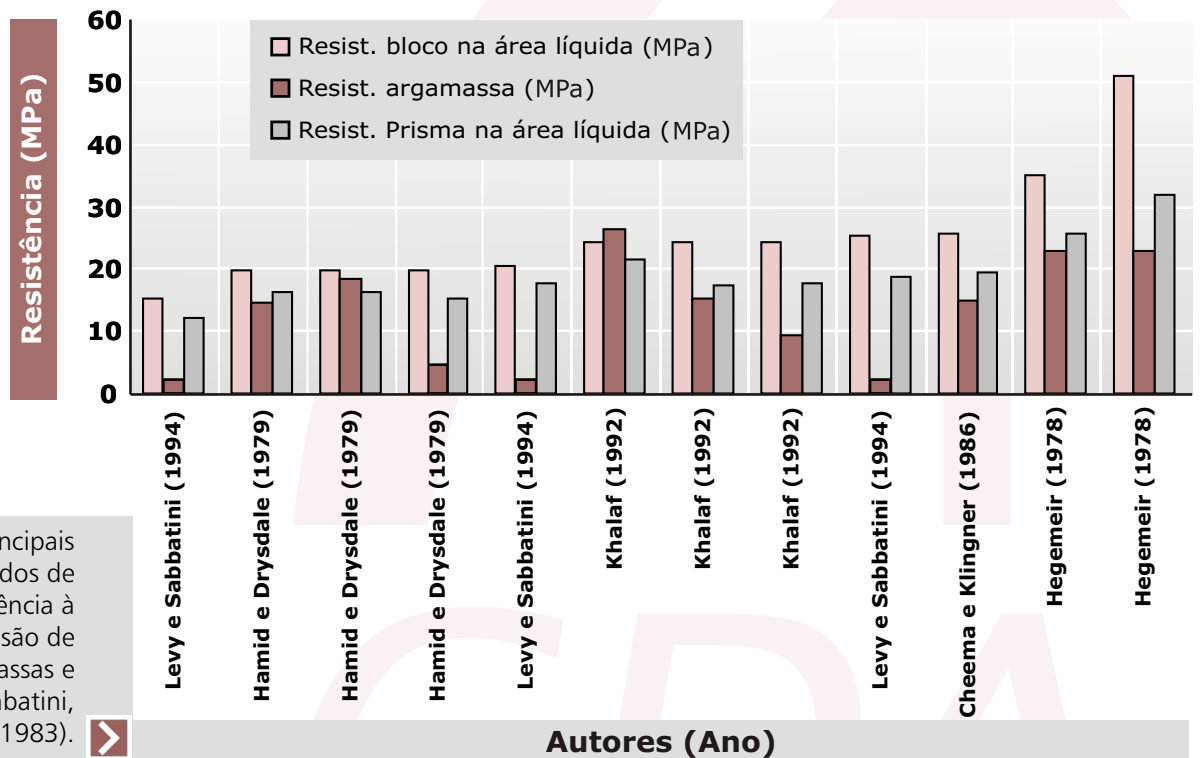


Figura 33 - Principais resultados de resistência à compressão de blocos, argamassas e prismas (Sabbatini, 1983).

Ensaio de laboratório conduzidos na UFSC possibilitaram a determinação de um modelo para a previsão da tensão de ruptura de alvenarias de bloco de concreto não grauteadas, considerando as relações entre:

- ⊙ Módulos de deformação do bloco e da argamassa;
- ⊙ Resistência à compressão do prisma (na área líquida) e da argamassa;
- ⊙ Resistência à compressão do prisma (na área líquida) e resistência à tração do bloco.

⊙ Nas figuras 34 e 35 são apresentados os principais resultados das diferentes relações de resistência e proporções entre módulos de elasticidade dos materiais. A partir das curvas apresentadas nestas figuras é possível estabelecer as equações (1) e (2).

$$f_p = f_a \cdot (0,5794 \cdot (E_a / E_b)^{1,1093}) \quad (1)$$

$$f_p = f_{bt} \cdot 5,4491 \cdot (E_a / E_b)^2 - 3,6377 \cdot (E_a / E_b) + 10,219 \quad (2)$$

**Onde:**

$f_p$  = resistência à compressão do prisma (MPa)  
 $f_a$  = resistência à compressão da argamassa (MPa)  
 $f_{bt}$  = resistência à tração do bloco (MPa)  
 $E_a$  = módulo de elasticidade da argamassa (MPa)  
 $E_b$  = módulo de elasticidade do bloco (Mpa)

Figura 34 - Relação entre a resistência do prisma pela resistência da argamassa em função da proporção entre os módulos de elasticidade da argamassa e bloco.

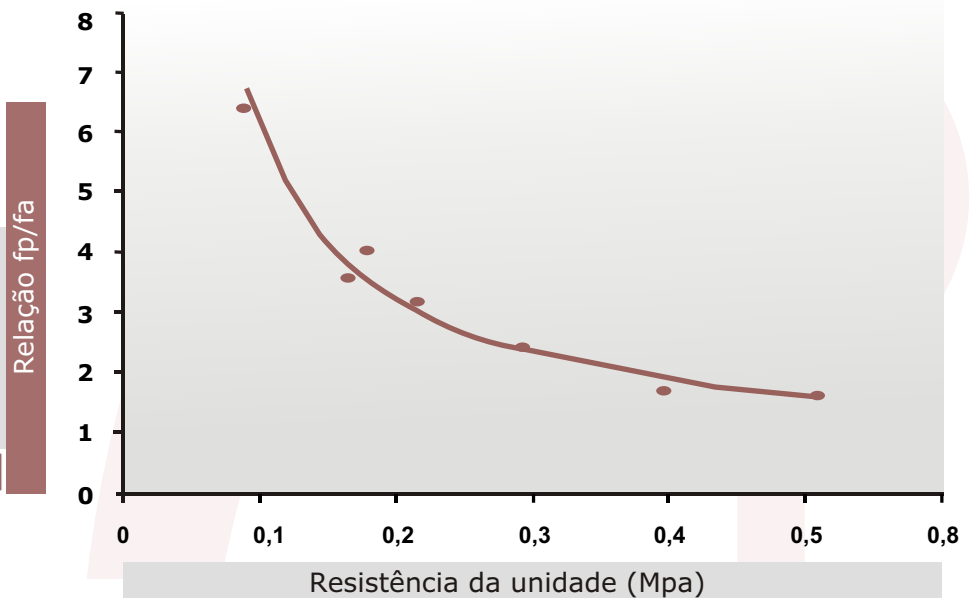
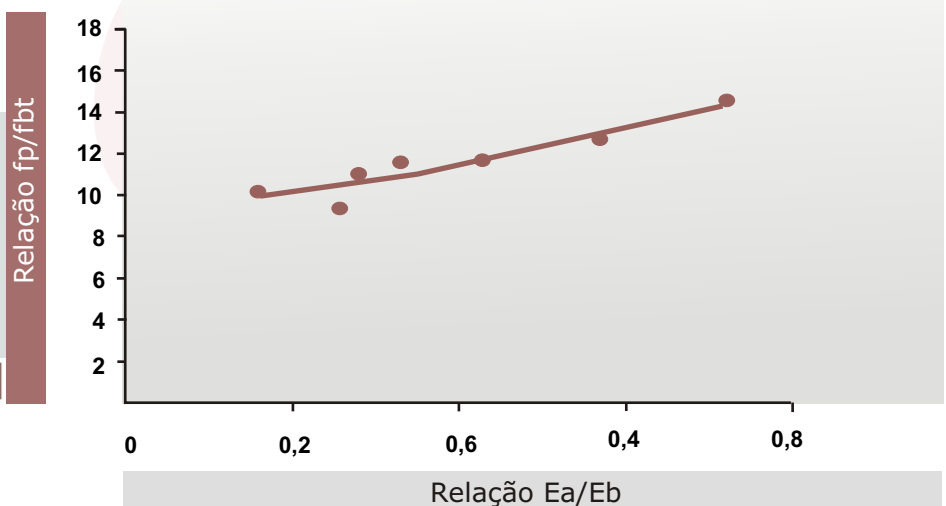


Figura 35 - Relação entre a resistência do prisma pela resistência à tração dos blocos em função da proporção entre os módulos de elasticidade da argamassa e bloco.



## Alvenaria grauteada

Para a alvenaria grauteada é muito importante compatibilizar as características mecânicas do graute com as características da argamassa e do bloco utilizado. A figura 36 exibe resultado de trabalho desenvolvido na UFSC. Este trabalho consistiu de ensaios de compressão realizados em prismas de alvenaria cerâmica grauteados e não grauteados. Os prismas foram construídos com blocos de 2 furos, 2 traços de argamassa e 3 tipos diferentes de grautes. As características mecânicas dos materiais usados podem ser vistas na tabela 15.

Tabela 15 - Resistências dos materiais utilizados na construção dos prismas (Mendes).

Bloco cerâmico Resistência à compressão (área bruta) (Mpa)	Argamassa		Graute
	Traço	Resistência à compressão (Mpa)	
23,0	1:1:6	6,64	50
	1:1/4:3	20,2	27
			14

Como pode ser visto na figura 36, para a argamassa 1:1/4:3, com resistência à compressão próxima à resistência do bloco, a escolha do graute não foi significativa para a melhora da resistência do prisma. Por outro lado, os prismas testados com argamassa 1:1:6, com resistência de 6,64 MPa, tiveram a resistência sensivelmente reduzida com o uso de grautes mais resistentes.

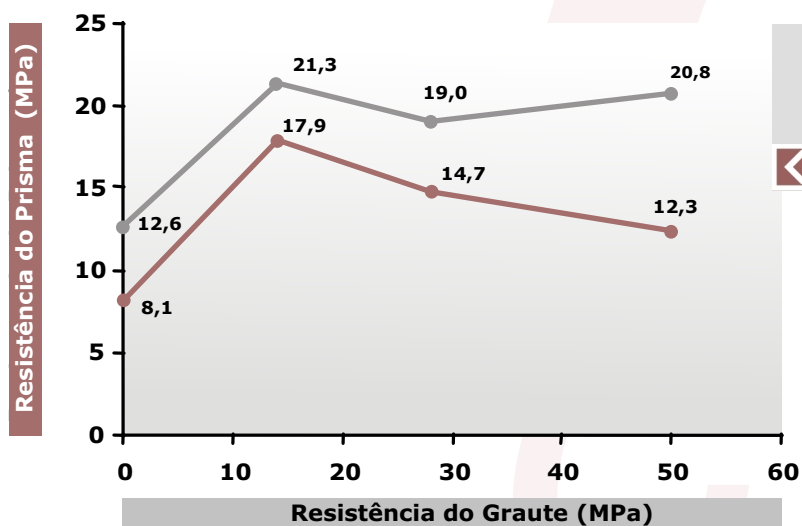
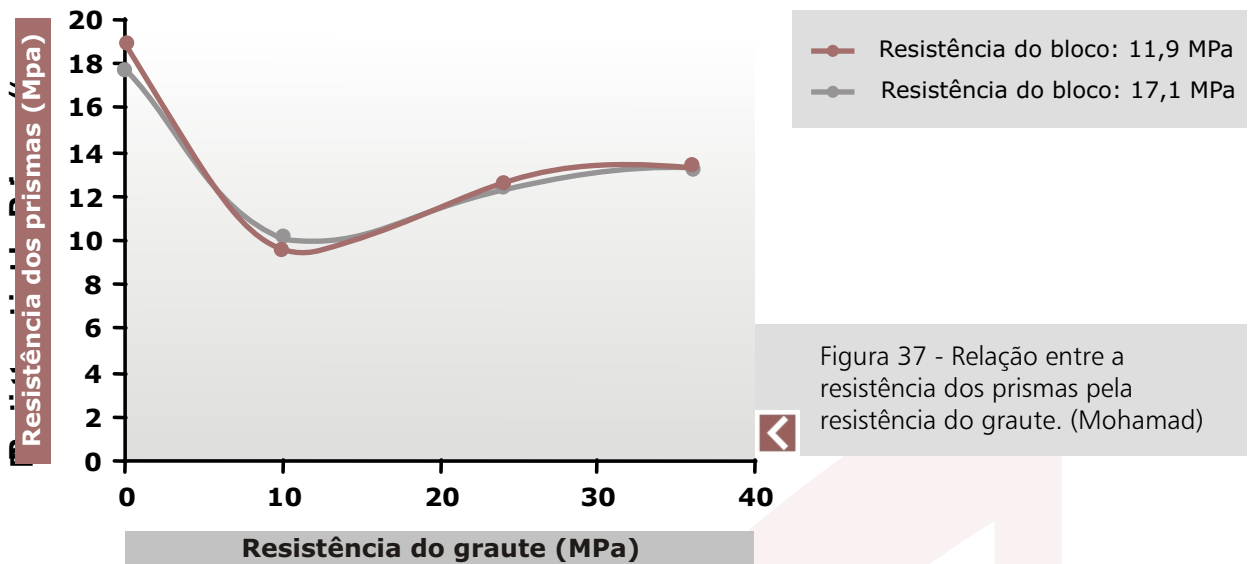


Figura 36 - Resultados de resistência à compressão de prismas para diferentes resistências de grautes e diferentes traços de argamassas.

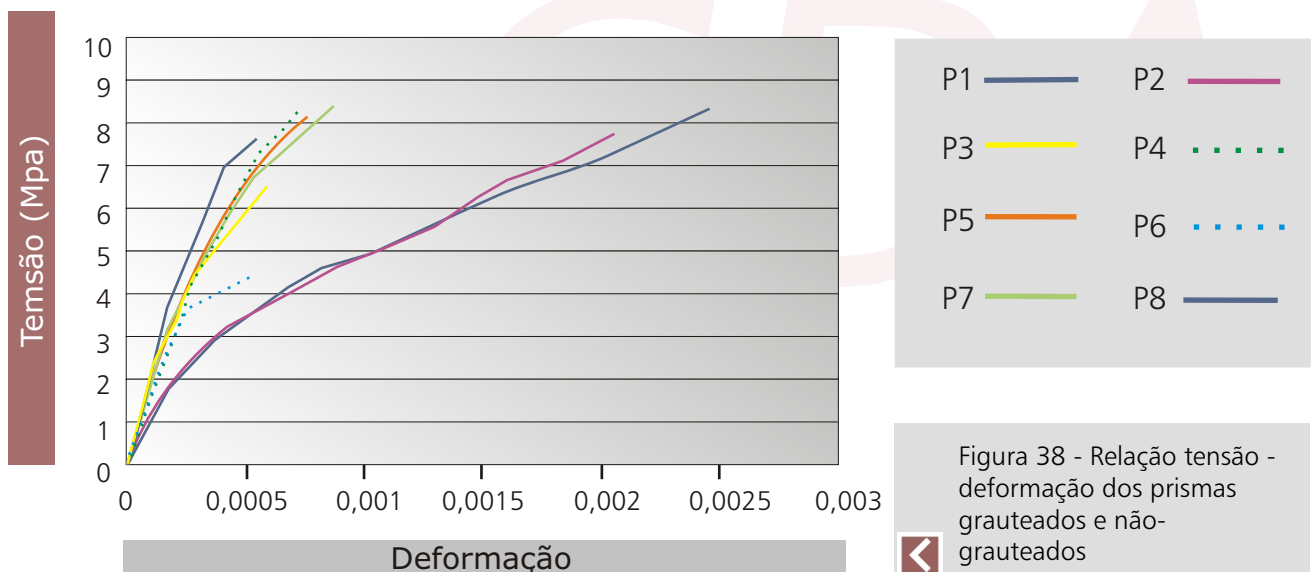
Estes resultados indicam que a escolha de grautes mais resistentes não implica necessariamente a melhora do comportamento estrutural à compressão da alvenaria de blocos cerâmicos. Conclusão semelhante pode ser obtida para a alvenaria de blocos de concreto, conforme mostram os resultados da figura 37, de prismas grauteados e não-grauteados, variando a resistência dos blocos e do graute. A tabela 16 mostra as resistências à compressão dos materiais utilizados na execução dos prismas.



Prisma Designação	Resistência a compressão (Mpa)		
	Bloco areia pura	Argamassas	Graute
P1	11,9		
P2	17,1	4,6	-----
P3			10
P4	11,9	4,6	24
P5			36
P6			10
P7	17,1	4,6	24
P8			36

Tabela - 16 Resistência média à compressão dos materiais utilizados nos ensaios. (Mohamad, 1998).

O comportamento dos prismas na ruptura pode ser visto no gráfico tensão-deformação apresentado na figura 38. Nota-se que os prismas grauteados tiveram diminuição nas deformações últimas, ocasionando conseqüente redução na resistência à compressão em relação àqueles não-grauteados (P1 e P2). Isso leva a concluir que esse tipo de alvenaria tem menor capacidade de absorver deformações do que os prismas não-grauteados.



Estes resultados mostram que, também para blocos de concreto, é importante a compatibilidade entre materiais, o que ressalta a importância de estudos específicos relacionados ao conhecimento das propriedades mecânicas dos materiais e suas interações.

As tabelas 17 e 18 servem como indicativo para determinação da resistência à compressão de alvenarias de blocos de concreto. Apresenta resultados médios de ensaios com prismas de 3 unidades grauteados e não grauteados. Refere-se também a prismas assentados com argamassamento total, ou seja, nas paredes laterais e nos septos dos blocos, e com argamassamento apenas nas paredes laterais dos blocos.

Tabela 17 - Resistências médias à compressão dos prismas com assentamento total



Bloco Res. Área Líquida (MPa)	Argamassa (MPa)	Graute (MPa)	Prisma Res. Área Líquida (MPa)	Fator de Eficiência da Alvenaria	Ruptura (%)
17,68	3,90		12,47	0,70	87,20
		7,55	9,17	0,52	79,80
		13,86	12,92	0,73	89,76
		27,12	15,50	0,87	68,13
		38,01	18,20	1,03	42,43
27,42	5,57		15,73	0,57	49,58
		7,81	11,01	0,40	67,00
		14,51	14,40	0,52	68,70
		27,22	16,48	0,60	63,88
		38,30	19,09	0,69	47,30
28,98	3,80		17,06	0,58	79,70
		7,40	11,61	0,40	61,36
		13,10	15,77	0,54	69,60
		27,27	17,12	0,59	62,37
		39,60	20,27	0,70	56,62
12,50	7,68		8,00	0,64	54,74
		6,31	5,56	0,44	90,10
		15,10	11,15	0,89	79,28
		26,79	12,90	1,03	61,06
		37,01	15,76	1,26	55,57
24,06	7,39		17,89	0,74	49,62
		6,81	10,92	0,45	65,05
		14,70	17,05	0,70	54,29
		25,08	17,84	0,74	59,45
		34,91	21,11	0,87	56,09
33,52	7,81		22,04	0,65	52,24
		6,70	11,35	0,33	75,33
		16,37	16,71	0,50	65,77
		27,64	17,07	0,51	47,03
		40,62	17,14	0,51	65,42



Bloco Res. Área Líquida (MPa)	Argamassa (MPa)	Graute (MPa)	Prisma Res. Área Líquida (MPa)	Fator de Eficiência da Alvenaria	Ruptura (%)
14,39	4,83		10,08	0,70	87,00
		7,17	6,05	0,42	100,00
		15,02	12,65	0,88	94,61
		25,78	15,00	1,04	100,00
		33,90	15,81	1,10	100,00
20,70	3,90		15,88	0,77	92,96
		6,95	9,62	0,46	91,82
		13,00	14,46	0,70	100,00
		23,82	17,11	0,82	96,40
		32,41	19,53	0,94	72,78
35,46	4,27		20,55	0,58	53,71
		8,22	13,04	0,36	40,23
		11,92	17,08	0,48	61,63
		21,45	20,12	0,56	60,29
		31,86	20,44	0,57	58,80
14,39	7,90		12,20	0,84	84,14
		6,57	8,16	0,56	100,00
		12,45	13,10	0,91	93,64
		28,42	16,69	1,16	76,33
		35,72	17,34	1,20	66,46
20,70	9,84		17,23	0,83	67,76
		6,26	10,29	0,49	90,00
		12,81	16,10	0,77	75,00
		28,50	18,51	0,89	71,70
		33,83	20,52	1,00	65,31
35,46	7,14		23,56	0,66	68,10
		8,33	13,54	0,38	71,33
		13,68	18,18	0,51	56,50
		25,53	20,13	0,56	71,43
		34,66	25,12	0,71	59,43

Tabela 18 - Resistências médias à compressão dos prismas com argamassamento lateral



#### 4.5.1.2 - Influência da técnica construtiva e da qualidade da mão-de-obra

A resistência da alvenaria depende não só da escolha adequada do material utilizado, mas também de fatores decorrentes dos procedimentos construtivos adotados. Estes procedimentos podem ser a técnica construtiva e a qualidade da mão-de-obra empregada.

## a) Técnica construtiva

A espessura da junta é um dos principais pontos que devem ser controlados em obra. Como regra geral, aumento na espessura da junta provoca redução na resistência à compressão de prismas de alvenaria, conforme pode ser visto na figura 39. Espessuras pequenas, que teoricamente levariam a alvenarias mais resistentes, não são recomendáveis, pois, neste caso, a junta não consegue absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades. Além disso, para juntas de pequena espessura, os blocos absorvem facilmente a água da argamassa de assentamento antes do assentamento da fiada subsequente, trazendo dificuldade de assentamento, prejuízo na aderência entre a unidade e a argamassa de assentamento e diminuição da resistência da argamassa devido à perda de parte da água necessária para a hidratação do cimento. Diversos pesquisadores recomendam a adoção de juntas de aproximadamente 10 mm, para garantir a resistência à compressão e a aderência entre a argamassa e a unidade.

### Aumento na espessura da junta provoca redução na resistência à compressão de prismas de alvenaria.

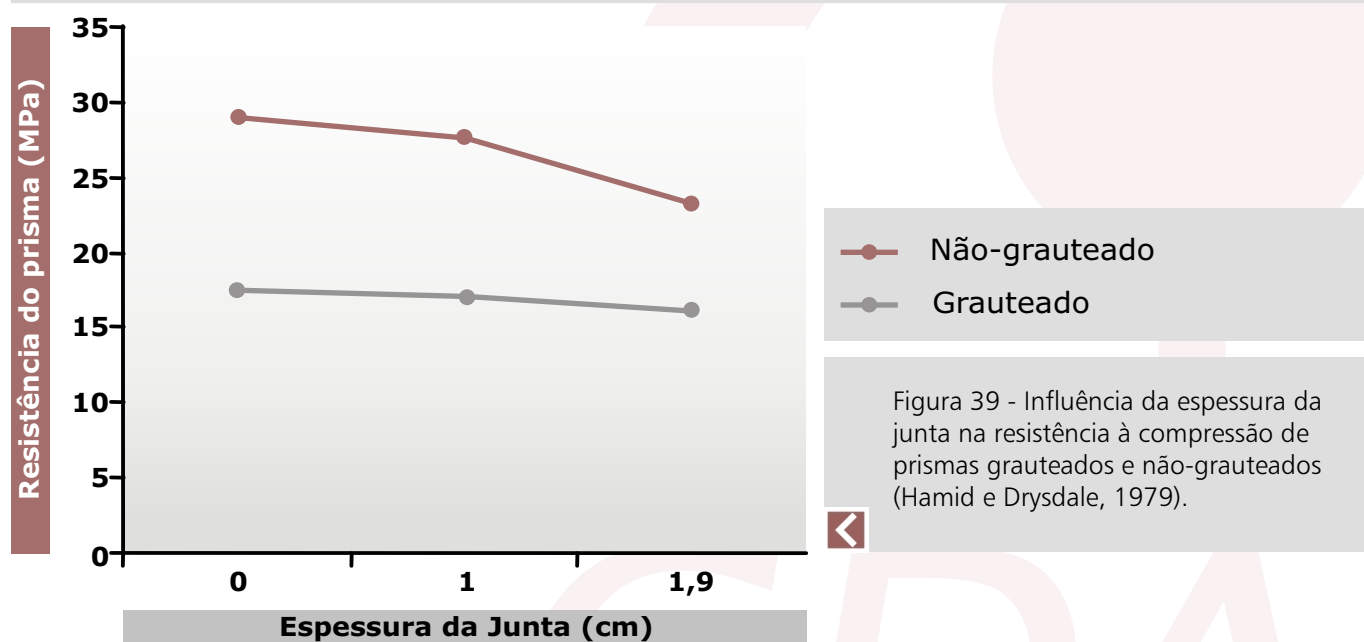


Figura 39 - Influência da espessura da junta na resistência à compressão de prismas grauteados e não-grauteados (Hamid e Drysdale, 1979).

A mão-de-obra não treinada e desmotivada pode produzir alvenaria de menor qualidade, com conseqüente diminuição da resistência das paredes. O construtor deve ter sempre em mente que as relações humanas, o respeito, o incentivo e a qualificação do operário são fatores decisivos na execução de alvenarias mais resistentes. O operário motivado melhora o seu desempenho, aumentando a produtividade e a qualidade do produto final. Pesquisas indicam que a especialização da mão-de-obra é capaz de aumentar a resistência da alvenaria entre 30 e 80 %.

Os problemas mais comuns nas construções de alvenaria, relacionados com a mão-de-obra são os seguintes.

## b1. Espessura das juntas

A consequência do uso de mão-de-obra inadequada reflete-se na construção de juntas muito irregulares, com espessura diferente dos 10 mm recomendados. De maneira geral, existe a tendência de produzir juntas mais grossas, conforme pode ser visto nas figuras 40 e 41, pois estas facilitam o processo de assentamento das unidades e aumentam a produtividade. Esta prática, porém, gera aumento das tensões laterais nos blocos, levando a alvenarias menos resistentes. A resistência à compressão diminui 15 % para cada aumento de 3 mm na espessura da junta.

Deve-se ressaltar que não é raro deparar-se com esse problema. As figuras 40 e 41 mostram a variação observada na espessura da junta de assentamento de um prédio em alvenaria estrutural de bloco de concreto construído em Florianópolis. Outros prédios avaliados mostraram resultados semelhantes.

Figura 40 - Variação da espessura das juntas em diversas obras de alvenaria estrutural (Fonte: Santos 2001)

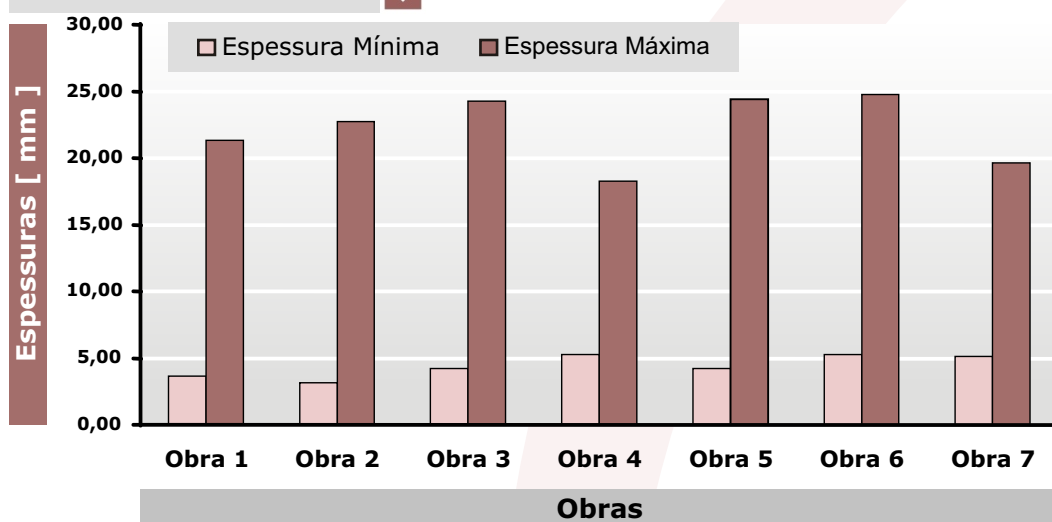
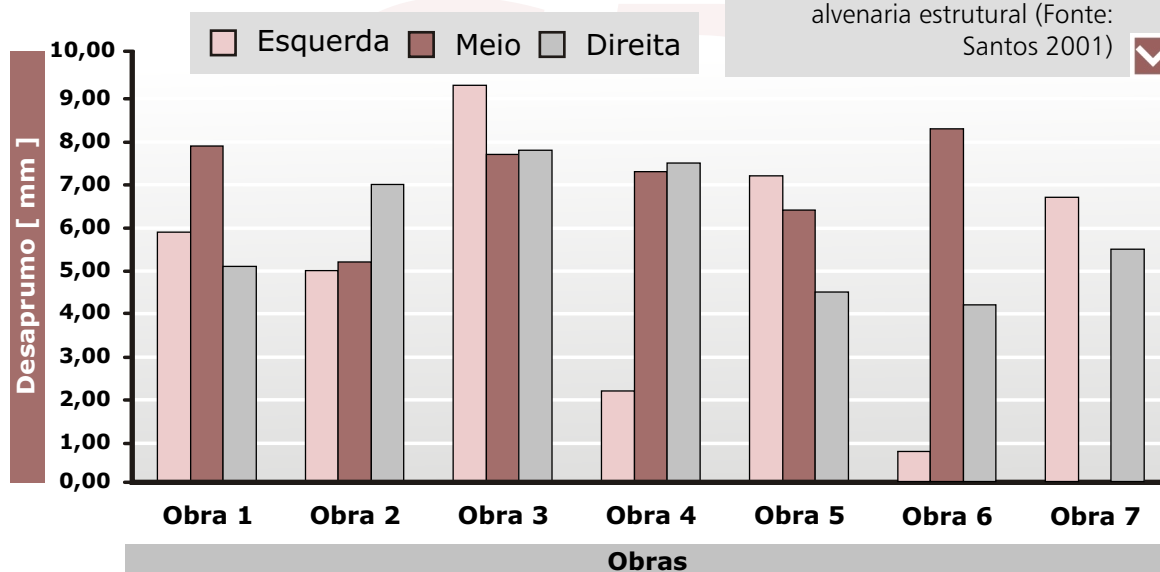


Figura 41 - Variação da espessura das juntas ao longo de uma mesma obra de alvenaria estrutural (Fonte: Santos 2001)



## **b.2. Preenchimento das juntas**

As juntas horizontais devem ser completamente preenchidas. Juntas incompletas podem reduzir a resistência da alvenaria em até 33%. Já as juntas verticais não preenchidas influenciam, além da resistência à compressão, nas resistências ao cisalhamento e à flexão da parede.

## **b.3. Condições climáticas adversas**

Em dias muito quentes, devem ser tomadas medidas para evitar a perda excessiva de umidade por evaporação. Se isso ocorrer, a hidratação do cimento não será completa, e haverá redução na resistência da argamassa. Em caso de chuva logo após o assentamento, as paredes devem ser protegidas para evitar o solapamento da junta.

## **b.4. Proporcionamento da argamassa**

A resistência da argamassa é diretamente proporcional ao seu traço. Portanto, o traço da argamassa deve ser constante ao longo da obra e seguir rigorosamente as recomendações estabelecidas no projeto estrutural. Mudanças no traço, seja para melhorar a trabalhabilidade, seja para compensar a perda de água decorrente da evaporação, podem acarretar alterações no comportamento estrutural da alvenaria.

## **b.5. Perturbação das unidades após o assentamento**

A perturbação das unidades após o assentamento pode alterar as condições de aderência entre estas e a argamassa. Pode também produzir fissuras na argamassa, alterando, assim, a resistência final da alvenaria. Este fato é comum e ocorre nos casos em que o pedreiro tenta corrigir eventuais erros de prumo, através de batidas nas unidades, tentando recolocá-las na posição correta.

## **b.6. Ritmo da construção**

Um ritmo de construção muito acelerado pode levar ao assentamento de um número excessivo de fiadas sobre uma argamassa que ainda não tenha adquirido uma resistência adequada à compressão, o que gera deformações. Essas deformações causarão problemas no prumo e no alinhamento da parede, com conseqüente diminuição da resistência.

## **b.7. Desvio do prumo ou alinhamento da parede**

A mão-de-obra despreparada, utilizada em grande número de obras construídas em alvenaria estrutural, tende a produzir paredes fora de prumo e desalinhadas, como pode ser visto nas figuras 42 e 43. Essas figuras mostram desaprumos observados em obras de alvenaria estrutural de bloco de concreto. Paredes fora de prumo, com reentrâncias ou não alinhadas com as paredes dos pavimentos inferior ou superior, produzem cargas excêntricas, do que resulta redução na resistência. Um desvio de 12 a 20 mm implica diminuição de resistência da parede entre 13 e 15%.

Desaprumo (mm)  
Parede "A"

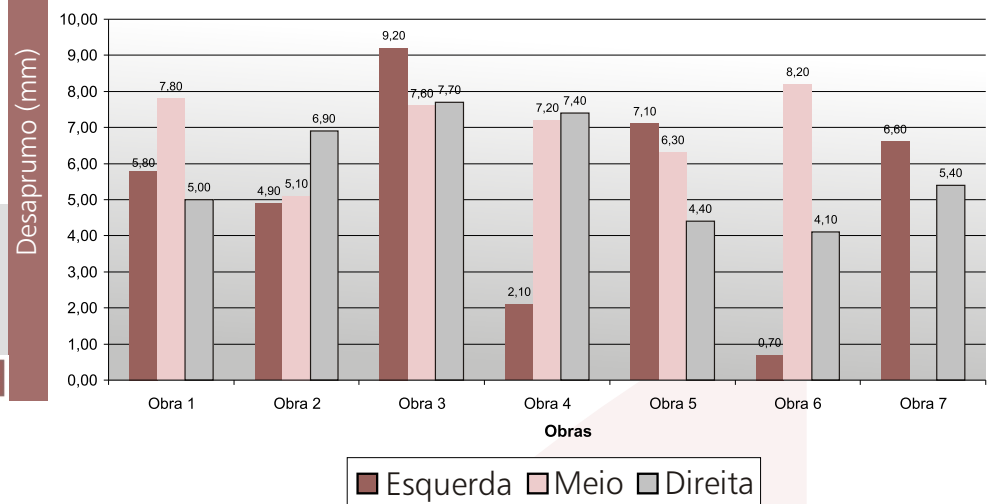


Figura 42 - Variação do desaprumo das paredes em obras de alvenaria estrutural (Fonte: Santos 2001)



Alinhamento das Paredes  
Parede "A"

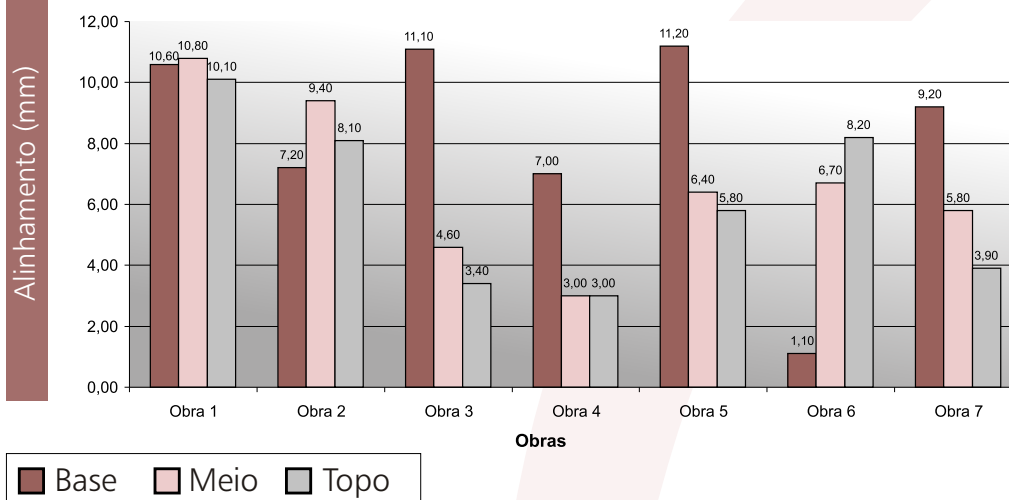


Figura 43 - Variação do alinhamento das paredes em obras de alvenaria estrutural (Fonte: Santos 2001)



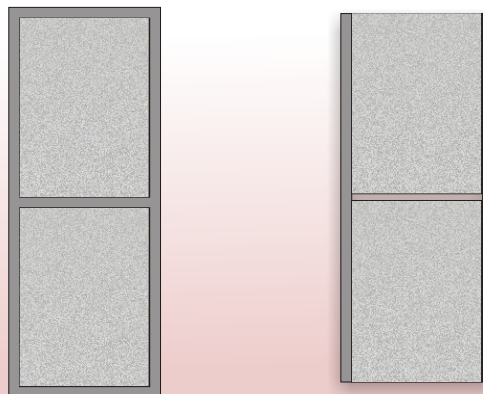
### b.8. Resistência da argamassa e forma de assentamento

A influência da resistência à compressão da argamassa cresce com o aumento da qualidade do bloco e conseqüente aumento das tensões admissíveis. As propriedades mecânicas do material de assentamento são muito importantes para a resistência à compressão da alvenaria, uma vez que o mecanismo de ruptura da parede está diretamente ligado à interação entre junta e unidade. Por essa razão, deve-se garantir que os operários façam mistura adequada com as proposições corretas dos diferentes materiais que compõem a argamassa.

Além do proporcionamento da argamassa, a forma de assentamento dos blocos pode também variar. Os blocos, ao serem assentados, podem receber argamassa em todas as suas faces horizontais, argamassamento total, ou somente nas paredes longitudinais, argamassamento lateral, conforme mostra a figura 44.



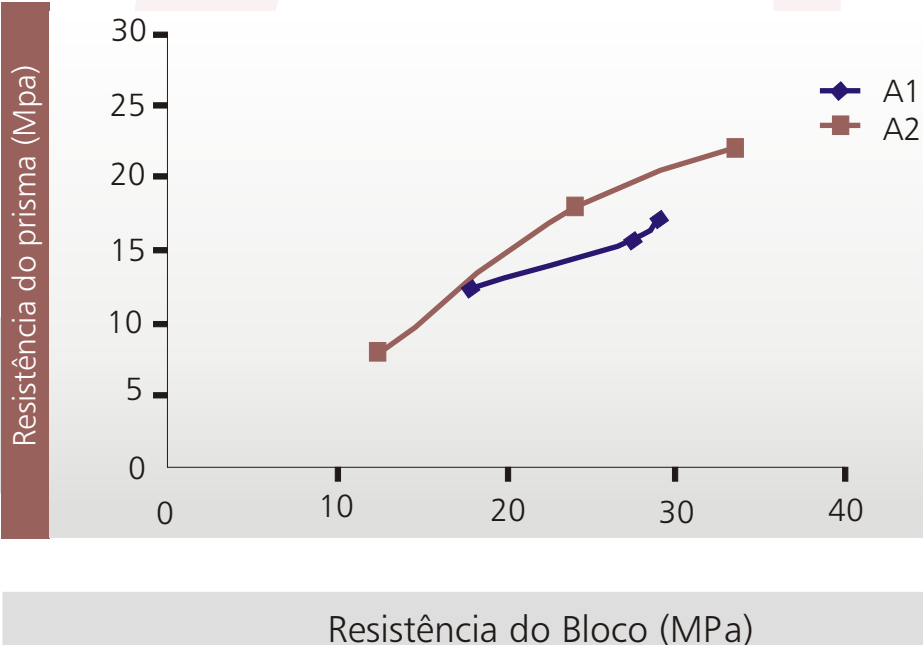
Figura 44 - Argamassamento total e lateral



A distribuição de tensões na face assentada varia, dependendo do tipo de argamassamento utilizado e, conseqüentemente, pode originar reflexos na resistência das alvenarias. Ensaios realizados mostram que pode haver diminuição de resistência de até 20% em prismas com argamassa apenas nas paredes laterais. Esta variação é maior na medida em que se utilizam blocos mais resistentes. Em caso de prismas grauteados, essa diferença não é significativa, podendo ser utilizado assentamento apenas nas laterais, sem prejuízo na resistência.

As figuras 45 e 46 mostram a influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas com blocos de concreto e argamassas (1:1/2:4,5 (A1) e 1:1:6 (A2)) para casos de argamassamento total e lateral respectivamente.

Figura 45 - Influência da resistência do bloco na resistência dos prismas sem graute com argamassamento total (Romson)



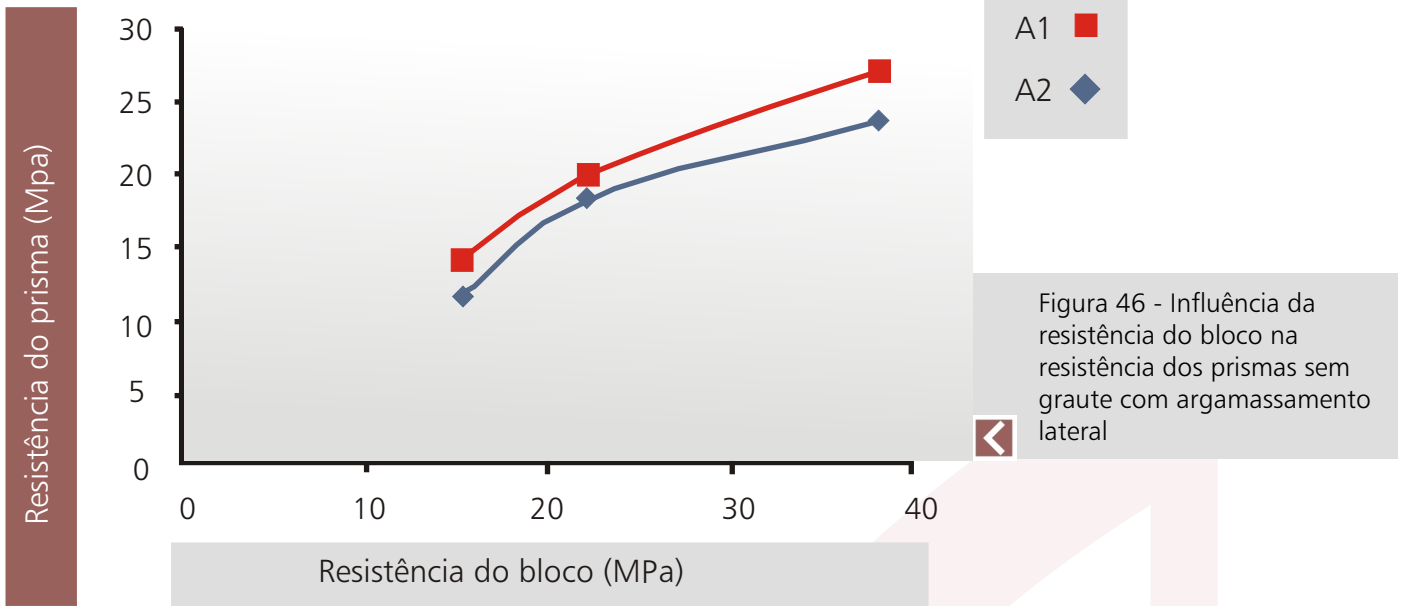
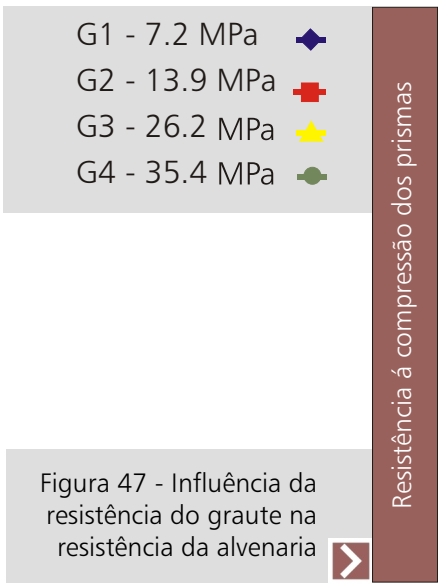


Figura 46 - Influência da resistência do bloco na resistência dos prismas sem graute com argamassamento lateral

A figura 47 ilustra a influência do uso de graute na resistência da alvenaria com argamassamento total. A figura 48 evidencia essa influência nos casos em que a argamassa é colocada apenas nas paredes laterais do bloco. Como se pode ver, o uso de graute muito resistente não implica aumento da resistência da alvenaria.



Resistência de prismas grauteados - argamassa total

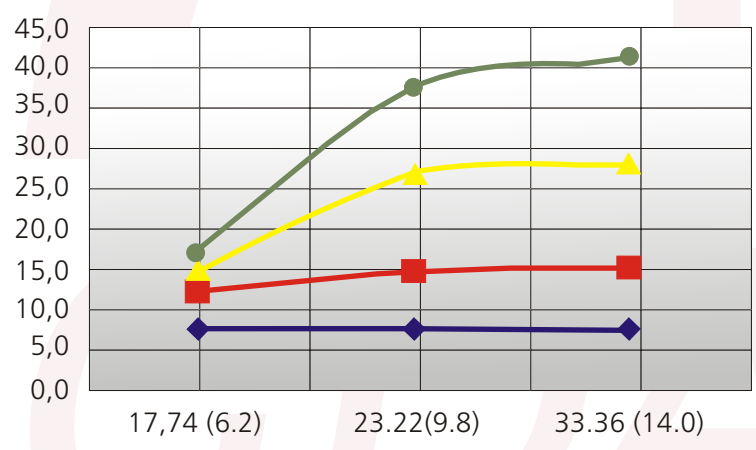


Figura 47 - Influência da resistência do graute na resistência da alvenaria

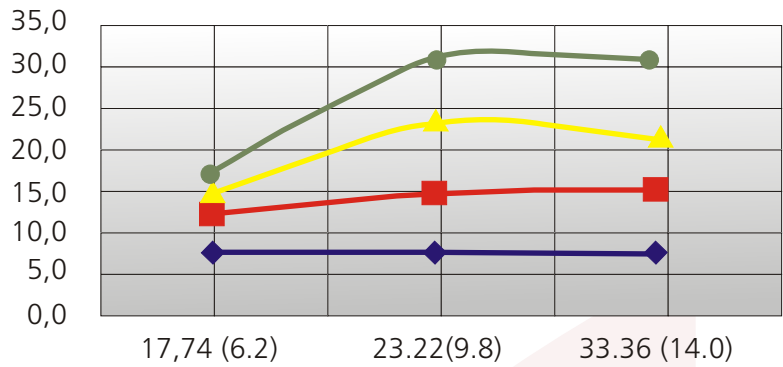
Resistência á compressão dos blocos - referido á área líquida e (área bruta)

## Resistências de prismas grauteados - argamassa

G1 - 7.2 MPa	◆
G2 - 13.9 MPa	■
G3 - 26.2 MPa	▲
G4 - 35.4 MPa	●

Figura 48 - Influência da resistência do graute na resistência da alvenaria

Resistência à compressão dos prismas



Resistência à compressão dos blocos referida à área líquida e (área bruta)

### 4.5.2 - Conclusão

A resistência da alvenaria depende muito do tipo de material utilizado. Cada unidade terá um fator de eficiência próprio. Esse fator depende do tipo de material da unidade (concreto ou cerâmica), da geometria da mesma, do tipo de argamassa utilizado e da forma de assentamento.

Além disso, fatores relacionados com a qualidade da mão-de-obra são igualmente importantes e conseqüências de uma mão-de-obra não adequadamente qualificada. Assim, desaprumos, espessuras de junta maiores de 10 mm, desalinhamentos e outros podem trazer sérios prejuízos à resistência final da alvenaria.

## Os projetos

### 5.1 - Introdução

Um bom empreendimento em alvenaria estrutural começa por um projeto adequado. Por projeto adequado entende-se um projeto único, que integre todos os projetos específicos, de maneira que nenhum interfira sobre os demais, ocasionando problemas durante a construção.

Neste capítulo se tratará destes aspectos relevantes:

- ◉ a coordenação de projetos,
- ◉ o projeto arquitetônico,
- ◉ o projeto hidráulico,
- ◉ o projeto elétrico e
- ◉ o projeto executivo.

### 5.2 - Coordenação de projetos

A coordenação de projetos é a atividade em que um responsável, geralmente o arquiteto ou o projetista estrutural, avaliando os diversos projetos, identificará as interferências e as inconsistências e solicitará, em função destas, alteração dos mesmos, de forma que o projeto final permita uma construção sem erros e sem necessidade de improvisações no canteiro de obras.

Assim, através do processo de coordenação, é possível elevar a qualidade do projeto global e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da construção. Muitas medidas de racionalização e, praticamente, todas as medidas de controle de qualidade dependem de clara especificação na sua fase de concepção. Não é possível controlar uma atividade ou um produto, se suas características não se encontram perfeitamente definidas. Da mesma forma, a execução só poderá ser planejada de forma eficiente se o projeto apresentar todas as informações necessárias para o planejamento.

Através da coordenação dos projetos, é possível elevar a qualidade do projeto global e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da construção.

Os principais objetivos da coordenação são estes:

- ◉ Promover a integração entre os participantes do projeto, garantindo a comunicação e a troca de informações entre os integrantes e as diversas etapas do empreendimento;

- ◉ Controlar as etapas de desenvolvimento do projeto, de tal forma que este seja executado conforme as especificações e os requisitos previamente definidos (custos, prazos e especificações técnicas);
- ◉ Coordenar o processo de tal forma que solucione as interferências entre as partes do projeto elaboradas pelos distintos projetistas;
- ◉ Garantir a coerência entre o produto projetado e o modo de produção, com especial atenção para a tecnologia do processo construtivo utilizado.

Os requisitos necessários para uma perfeita coordenação de projeto são os seguintes:

- ◉ Definir claramente os objetivos e os parâmetros a serem repassados aos diversos profissionais como requisitos do projeto;
- ◉ Definir todas as partes que constituem os projetos, bem como o seu conteúdo;
- ◉ Definir e padronizar a forma de apresentação das informações (padronização da representação gráfica);
- ◉ Criar uma sistemática de avaliação e de retroalimentação dos problemas enfrentados durante a execução dos projetos, de tal forma que ela aumente continuamente a tecnologia da empresa através da experiência;
- ◉ Integrar o projeto e a obra, inclusive durante a execução do empreendimento, no intuito de dar suporte a possíveis alterações a serem realizadas;
- ◉ Definir antecipadamente a quem caberá o detalhamento executivo de cada projeto complementar.

### 5.3 - Projeto arquitetônico

O projetista, considerando o processo construtivo diferenciado da alvenaria estrutural e suas particularidades de procedimentos, deve "pensar alvenaria estrutural".

Além das condicionantes usuais, geralmente provenientes dos códigos de obra municipais, um projeto em alvenaria estrutural impõe restrições específicas aos projetistas. Entre essas destacam-se as seguintes restrições estruturais:

- ◉ A limitação no número de pavimentos que é possível alcançar por efeito dos limites dos materiais disponíveis no mercado;
  - ◉ O arranjo espacial das paredes e a necessidade de amarração entre os elementos;
  - ◉ As limitações quanto à existência de transição para estruturas em pilotis no térreo ou em subsolos;
- A impossibilidade de remoção posterior de paredes estruturais.

**O projetista deve "pensar alvenaria estrutural".**



Todos os projetos complementares influem nos condicionantes do projeto arquitetônico e são por este influenciados, pois o mesmo estabelece o partido geral do edifício. Por esse motivo, o sucesso do empreendimento dependerá de cuidadosa elaboração do projeto arquitetônico. Caso o partido arquitetônico não seja adequado, é muito difícil compensá-lo através de medidas tomadas nos projetos complementares ou em intervenções na obra.

## FUNDAMENTOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Verificar condicionantes do projeto.

- Objetivar o máximo de simetria
- Utilizar modulação.
- Compatibilizar os projetos arquitetônicos com o estrutural e com os de instalações.
- Prever os pontos de passagem dos *shafts* para as tubulações. Em caso de não ser possível o uso destes, prever as paredes que podem funcionar como vedação, utilizando-as para passagem de tubulações.
- Apresentar os detalhes construtivos de forma clara e objetiva.
- Usar escalas diferentes para planta e detalhes. Apresentar detalhes em escalas adequadas.

Tabela 19 -  
Fundamentos do  
projeto arquitetônico



### 5.3.1 - Definição dos condicionantes de projeto

Os principais fatores condicionantes do projeto são o arranjo arquitetônico, a coordenação dimensional, a otimização do funcionamento estrutural da alvenaria e a racionalização do projeto e da produção.

São também importantes as necessidades dos clientes, os custos (incluindo aqueles de utilização e de tempo de execução), os requisitos de desempenho e os aspectos de segurança e de confiabilidade.

A dificuldade de remoção de paredes, que limita a flexibilidade do processo construtivo em alvenaria estrutural, pode ser também satisfatoriamente resolvido. O projetista estrutural, trabalhando em conjunto com o arquiteto, pode especificar paredes passíveis de serem eliminadas.

### 5.3.2 - Simplificação do projeto

Um projeto simplificado favorece a construtibilidade. Para se obter um projeto simplificado, é recomendável seguir estes passos:

- ◉ Utilizar o menor número de componentes possível;
- ◉ Concentrar trabalhos com um único tipo de material ou função;
- ◉ Utilizar materiais facilmente encontráveis no mercado, com tamanho e configuração padrões;
- ◉ Utilizar materiais e componentes simples, fáceis de serem conectados, empregando o mínimo de serviço especializado possível;
- ◉ Concentrar atenção nas juntas entre componentes e entre elementos construtivos;
- ◉ Reunir num só elemento vários componentes ou funções;

- ◉ Evitar projetos com ângulos, inclinações e superfícies curvas;
- ◉ Usar grandes componentes, para que cubram grandes áreas, volumes, metragens lineares, não esquecendo, entretanto, de limitar seu tamanho para não dificultar o manuseio.

### 5.3.3 - Simetria

Quanto mais simétrico o projeto, mais efetivo será o resultado. Por essa razão, o arquiteto deve procurar equilíbrio na distribuição das paredes resistentes por toda a área da planta. Prédios muito assimétricos podem causar concentração dos carregamentos em uma determinada região do edifício. Esta situação pode levar à necessidade de utilizar materiais com resistências diferentes para paredes do mesmo pavimento ou de grauteamento destas. O grauteamento aumenta o custo e prejudica a construtibilidade. Outro problema decorrente da assimetria é o surgimento de tensões decorrentes da torção, tensões que não são muito fáceis de ser corretamente estabelecidas.

Além da simetria, é importante lembrar que as paredes estruturais devem ser distribuídas em ambas as direções da edificação, para garantir a estabilidade da mesma em relação às cargas horizontais.

**O arquiteto deve procurar simetria na distribuição das paredes resistentes por toda a área da planta.**

### 5.3.4 - Modulação

Coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado especial modular de referência.

A modulação é a base do sistema de coordenação dimensional utilizado nos edifícios em alvenaria estrutural. O arquiteto deve conhecer as dimensões das unidades que serão utilizadas na construção e trabalhar sobre uma malha modular com medidas baseadas no tamanho do componente a ser usado.

A coordenação modular pode representar acréscimos de produtividade de cerca de 10%. O uso adequado da modulação permite evitar cortes e outros trabalhos de ajuste no canteiro que representariam perda de tempo, material e mão-de-obra. Além disso, os projetos arquitetônicos estruturais e de instalações devem ser compatibilizados. Deve-se também ter adequado controle da execução com controle das juntas.

A facilidade teórica de implantar a coordenação modular nos projetos de edifícios em alvenaria estrutural é um dos principais motivos que tornam o processo favorável ao uso de medidas de racionalização. Estas facilidades resultam da própria forma de execução, que simplifica a padronização dos serviços, a coordenação das atividades, o treinamento e a qualificação da mão-de-obra, entre outras.

A coordenação modular só pode ser alcançada se os blocos forem padronizados e se os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações forem compatibilizados. Além disso, durante a execução da obra devem ser tomadas medidas para garantir juntas com tolerâncias adequadas à modulação adotada.

A modulação deve ocorrer tanto na vertical quanto na horizontal. Esta se obtém mediante o traçado de um reticulado de referência com um módulo básico escolhido (dimensões do bloco, mais espessura de juntas, cabendo salientar que usualmente os módulos são de 15 cm ou 20 cm). As alturas e larguras das paredes devem ser múltiplas do módulo básico. A posição dos blocos no reticulado deve ser tal, que duas faces deles sempre tangenciem as linhas tracejadas. Segundo a experiência de vários projetos e projetistas, a modulação ideal é aquela em que o módulo é igual à espessura da parede, não sendo necessária a criação de blocos especiais para ajustes nas amarrações.

A coordenação modular deve ser compatibilizada com os vãos de portas e janelas, tendo em vista as dimensões externas de marcos e forras, bem como a necessidade de juntas entre estes e a alvenaria. Conforme o tipo de janela (madeira, ferro ou alumínio), deve ser estudada a fixação e estabelecidas as folgas necessárias, para consideração na coordenação modular.

Na prática, entretanto, diversos parâmetros construtivos obrigam a acomodar algumas dimensões. A espessura das lajes, por exemplo, é determinada por um dimensionamento econômico, que raramente coincide com o do módulo. Nessas condições, a preocupação de modulação vertical se restringirá à medida de piso a teto, tomando-se o cuidado de utilizar uma espessura de laje que seja constante em todo o pavimento, a fim de se obter um único nível de respaldo na última fiada e um único nível de saída para a primeira fiada do andar superior.

Em muitos projetos são utilizadas mais de uma espessura de parede. Assim, deve-se ter o cuidado de dispor o *layout* em planta de tal maneira, que os comprimentos individuais de cada painel de parede fiquem modulados entre as paredes ortogonais que as limitam.

Além das peças-padrão descritas, existem inúmeros modelos para aplicações mais específicas, tais como: bloco canaleta estrutural, meia canaleta estrutural, bloco hidráulico estrutural, bloco especial estrutural de canto 45°.

Este conjunto de blocos com funções diferenciadas é chamado de família de blocos. Cada componente da família tem funções definidas.

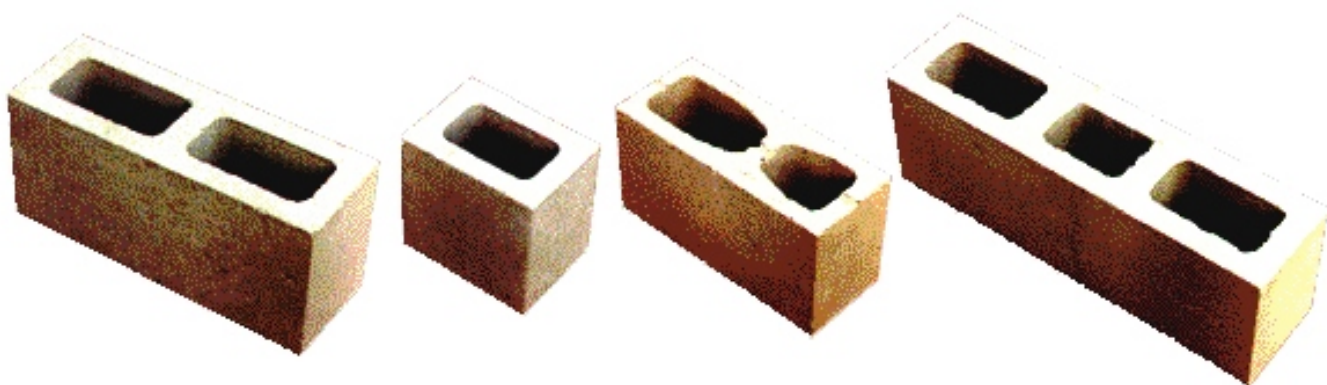
**O conjunto de blocos com funções diferenciadas para aplicações mais específicas, tais como: bloco canaleta estrutural, meia canaleta estrutural, bloco hidráulico estrutural, bloco especial estrutural de canto 45° é chamado de *família de blocos*.**

### 5.3.5 - Famílias de blocos de concreto

Entre os blocos de concreto, destacam-se 2 famílias, que se diferenciam em função da unidade modular do comprimento dos blocos.

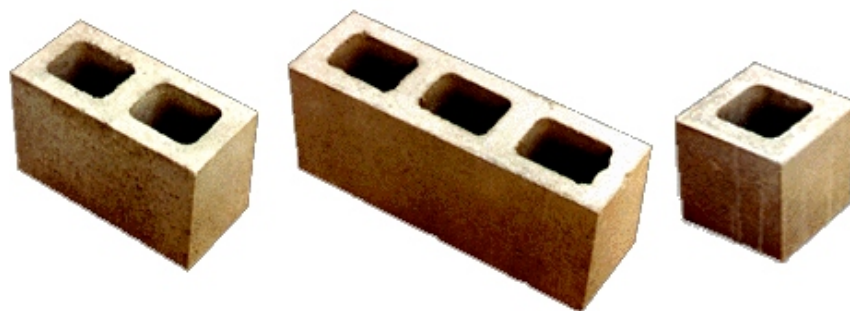
Uma das famílias tem como módulo 20 cm. É a *família 39* (figura 49). Fazem parte da família: o bloco B40 (14x19x39 - largura x altura x comprimento); o bloco B20 (14x19x19 meio bloco); o B35 (14x19x34); e o B55 (14x19x54 bloco e meio). Os dois últimos são utilizados para as amarrações de canto e meio de parede, respectivamente. O bloco B35 compensa a diferença entre a modulação do comprimento (20 cm) e da largura do bloco (15 cm).

Figura 49 - Família de blocos de concreto 39



A segunda é a *família 29*. Do ponto de vista de simplificação, ela é melhor, na medida em que tanto o comprimento quanto a largura do bloco seguem o mesmo módulo (15 cm). Fazem parte desta família os blocos B30 (14x19x29), o B15 (14x19x14) e o B45 (14x19x44).

Figura 50 - Família de blocos de concreto 29



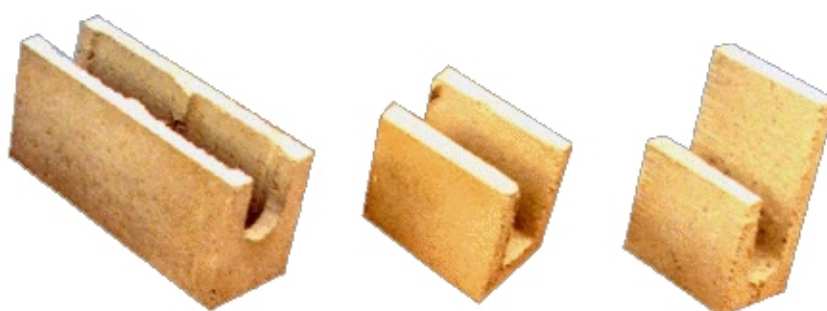
Além dos blocos básicos citados acima, ambas essas famílias possuem blocos especiais, a saber:

*Bloco canaleta, também conhecido como BU* - Possui a função de moldar cintas, vergas e contravergas.

*Blocos tipo "J"* - Possuem a função de incorporar as lajes, sem a necessidade de se usar formas na periferia dos pavimentos, formando cintas sobre as paredes externas.

*Blocos tipo compensadores, BCP* - Formam as cintas sobre as paredes internas, onde serão apoiadas as lajes.

Figura 51 - Blocos especiais: bloco hidráulico, bloco canaleta e bloco J, respectivamente



### 5.3.6 - Famílias de blocos cerâmicos

As características da indústria cerâmica, a saber, formas de produção, grande dispersão das indústrias e adaptação às peculiaridades regionais, fazem com que os blocos estruturais oferecidos ao mercado tenham gama muito variada de formas e dimensões, conforme se mostrou no capítulo sobre unidades. Além disso, poucas são as empresas que apresentam uma família completa, incluindo os blocos especiais.

O uso de alvenaria estrutural em cerâmica está mais difundido nas regiões Sul e Sudeste do Brasil. Nessas regiões, algumas empresas mais capacitadas desenvolveram blocos estruturais de resistência confiável e com todos os componentes necessários para que o processo de alvenaria estrutural seja utilizado adequadamente.

Alguns exemplos são dados a seguir.



Geralmente é possível encontrar 2 linhas de modulação: a modulação européia, que emprega blocos de dimensões múltiplas de 12,5 cm, e a modulação que emprega múltiplos de 15 cm.

Na modulação de 12,5 podem ser encontrados blocos inteiros com comprimento nominal igual a 25 cm, bem como meio bloco com comprimento nominal de 12 cm. A figura 52 ilustra blocos com modulação 12,5 cm.

Os blocos cerâmicos de 2 furos geralmente satisfazem a uma malha modular de 15 cm. Não é necessária a utilização de blocos especiais para paredes grauteadas ou armadas, uma vez que o graute e a armadura podem ser acomodados dentro dos furos do bloco. Esses blocos podem ser vistos na figura 53.

Ambas as famílias possuem blocos especiais, como se ilustra na figura 54.

Figura 52 - Família de blocos estruturais módulo 12,5

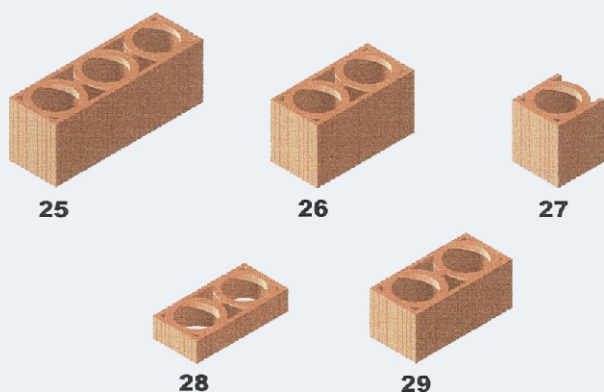


Figura 53 - Família de blocos estruturais - módulo 15

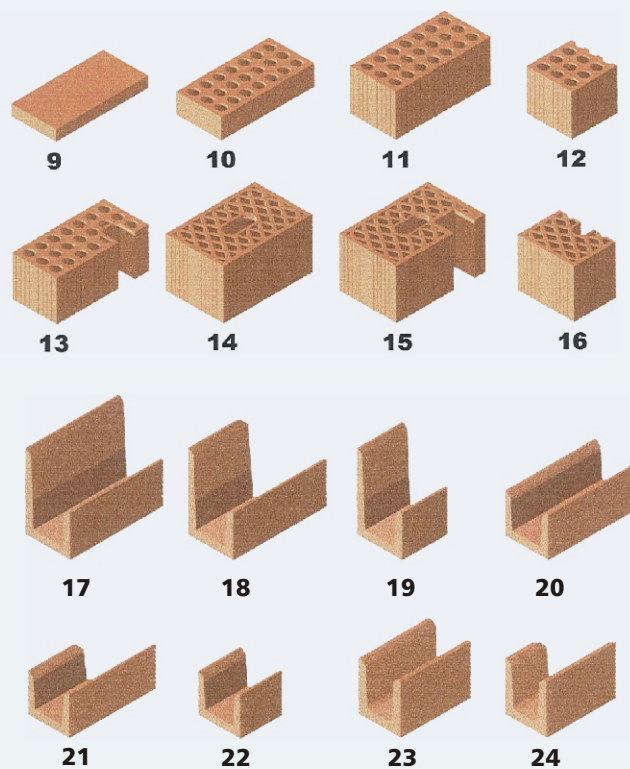


Figura 54 - Família de blocos estruturais - blocos complementares



### 5.3.7 - Passagem de dutos

No projeto e execução das instalações do edifício deve-se evitar o rasgo de paredes estruturais para inserir as instalações. Rasgos de paredes significam retrabalho, desperdício, maior consumo de material e de mão-de-obra, bem como, e principalmente, insegurança sob o ponto de vista estrutural por efeito de redução da seção resistente.

Para evitar esse problema, podem utilizar-se várias alternativas, tais como estas:

- a utilização de paredes não estruturais para o embutimento das tubulações;
- a abertura de passagens tipo *shafts* para a passagem das tubulações;
- o emprego das tubulações aparentes.

Embora não seja permitido pela NBR, muitas empresas utilizam blocos especiais (blocos hidráulicos) para embutir as tubulações nas paredes. Essa prática não é recomendada e não deve ser permitida.

**O projetista arquitetônico deve procurar agrupar ao máximo as instalações, ou seja, situar banheiros e cozinhas na maior proximidade possível.**

A melhor alternativa, tanto do ponto de vista construtivo quanto da segurança estrutural, é o uso de *shafts*. Deve-se, no entanto, prestar atenção para a localização e à dimensão deles.

O projetista arquitetônico deve procurar agrupar ao máximo as instalações, ou seja, situar banheiros e cozinhas na maior proximidade possível. Com isso economizará espaço na arquitetura e reduzirá a quantidade de *shafts*.

Os *shafts* podem ter os mais variados tamanhos, dependendo do número de instalações que o projetista conseguir agrupar. Como regra, sugerem-se os tamanhos mínimos mostrados nos seguintes exemplos.

Figura 55 - Detalhe de *shaft* de alvenaria com blocos (19x19x39 cm)

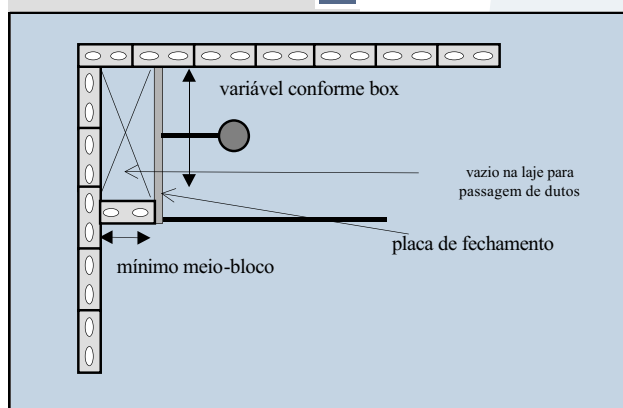
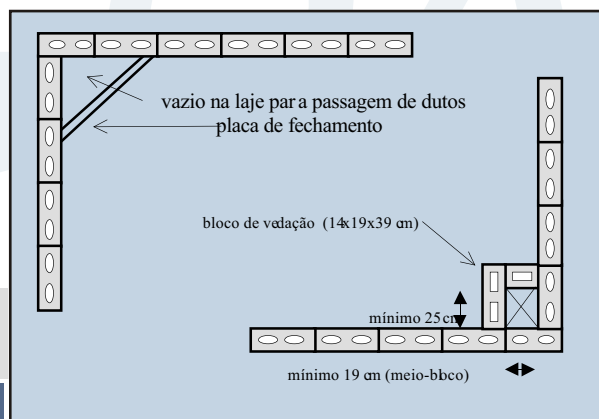


Figura 56 - Detalhe de *shaft* de alvenaria com blocos (19x19x39cm)



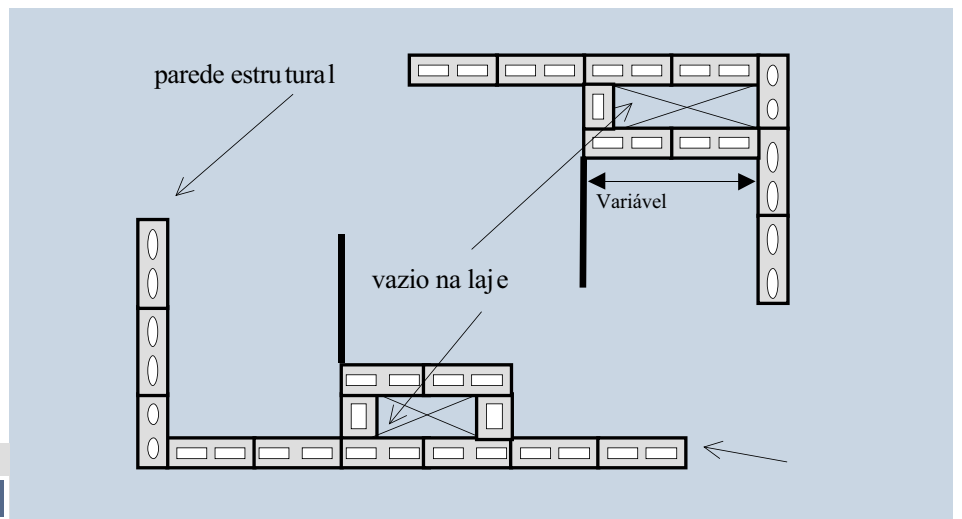


Figura 57 - Exemplos de shafts

### 5.3.8 - Paginação

É o detalhamento das paredes, uma a uma, onde são representados os blocos, as janelas (com vergas e contra-vergas e fiadas de respaldo), as instalações, e todos os demais detalhes construtivos. Deverão também ser mostrados os eletrodutos, as caixas de passagem, os interruptores e as tubulações hidráulicas. As paginações devem ser providas pelo projetista arquitetonico para a elaboração dos projetos hidráulico e elétrico.

Tanto a primeira fiada quanto as elevações das paredes devem ser desenhadas em escalas não inferiores a 1:50. Para facilitar a leitura em obra, recomenda-se que estes desenhos sejam feitos em escala 1:25.

Detalhes de fixação de tubulações aparentes deverão ser apresentados em cortes com escala apropriada para facilitar-lhe a leitura. A figura 58 exhibe um exemplo simplificado de modulação.

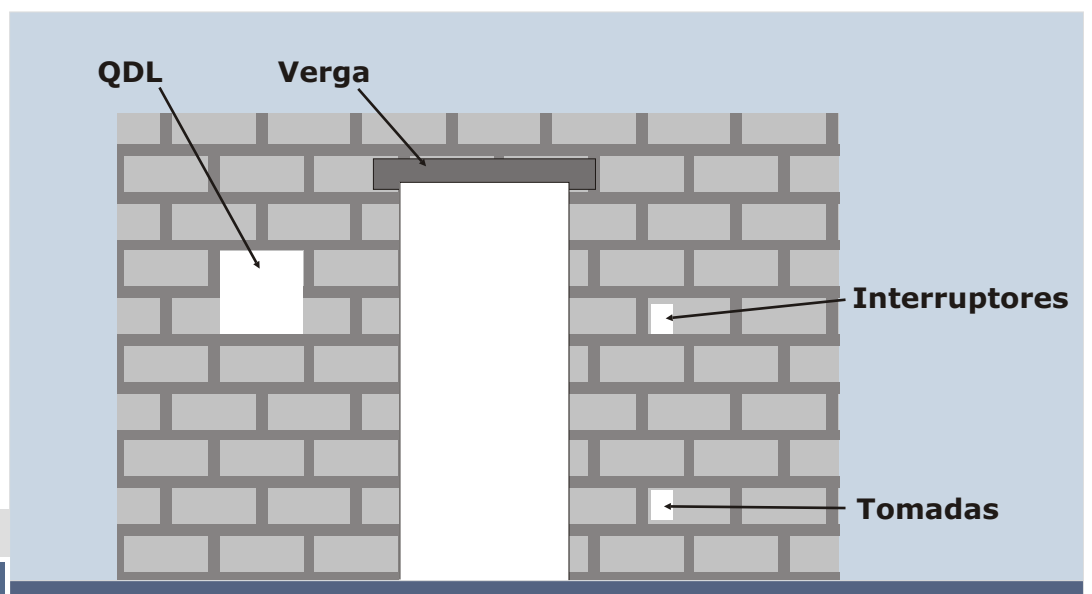


Figura 58 - Exemplo de paginação

Conhecer condicionantes do projeto.

Fazer reticulado.

Fazer partido sobre a malha, procurando o máximo de simetria possível entre as paredes estruturais.

Compatibilizar vãos e portas com dimensões externas dos marcos e com o tipo de abertura a ser usada (madeira, ferro ou alumínio).

Dispor os *shafts* e considerar espaços para passagens de tubulações, estudando as paredes que podem ser utilizadas somente como vedação.

Desenhar a primeira e a segunda fiadas.

Fazer as paginações de todas as paredes.

Apresentar detalhes de amarração.

Detalhar vergas, contravergas, portas e janelas.

Detalhar pontos grauteados.

Apresentar os apoios das lajes.

Participar da troca de informações com os demais projetistas (os de estrutura, hidráulica e elétrica).

Tabela 20 - Roteiro para projeto arquitetônico



### 5.4 - Projeto hidráulico

Para definir o projeto hidráulico, o projetista deverá interagir com o projetista arquitetônico, a fim de evitar interferência sobre os demais projetos.

Deve-se tentar, sempre que possível, passar as tubulações verticais pelos shafts.

No caso de o projeto arquitetônico apresentar solução em que uma parede seja comum a todas as áreas com instalações hidráulicas, pode-se utilizar o recurso de fazer as ligações das mesmas às prumadas dispostas externamente e rentes à parede. O fechamento poderá ser com outra parede de painel removível (parcial ou totalmente), o que facilitará a manutenção. Esta solução permite trabalhar com kits pré-fabricados e fazer inspeções na instalação sem necessidade de se remover o acabamento.

Todo o trecho horizontal da instalação deverá ser projetado para passar entre a laje do teto e o forro.

Os trechos verticais de água fria e quente para torneiras e chuveiros deverão passar horizontalmente entre o forro e o teto até o ponto donde deverão descer na vertical pelos furos dos blocos. A descida pelos furos dos blocos não deve ser encorajada. Deve-se sempre recomendar o recurso a shafts ou a paredes hidráulicas. No caso de passagem por dentro de paredes estruturais, ela deve efetuar-se em blocos especiais, com o aval do projetista estrutural e em trechos muito pequenos. Além disso, deve-se tomar o cuidado de não solidarizar os dutos com a estrutura em nenhum ponto. Em paredes estruturais, os cortes horizontais devem ser evitados. Sempre que houver paredes não estruturais, estas devem ser preferenciais para a passagem dos canos que tiverem de ser embutidos. Importa salientar que eventuais necessidades de cortes para manutenção em caso de vazamento poderão atingir a integridade das paredes e alterar a função estrutural delas.

# Em paredes estruturais, os cortes horizontais devem ser evitados.

Figura 59 - Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas num *shaft* central)

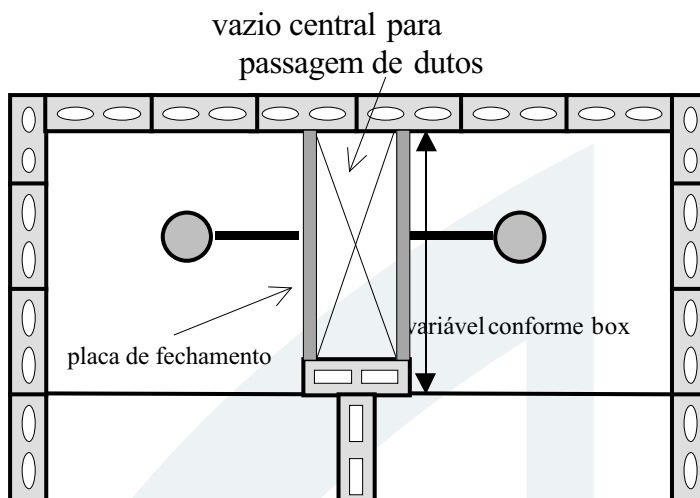


Figura 60 - Banheiro rebatido (com tubulações agrupadas num *shaft* lateral)

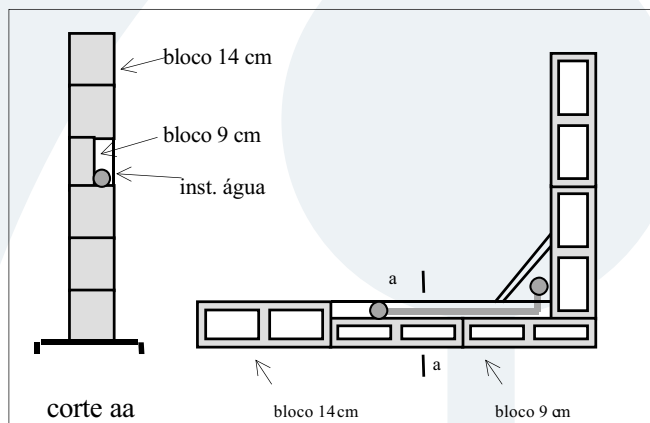
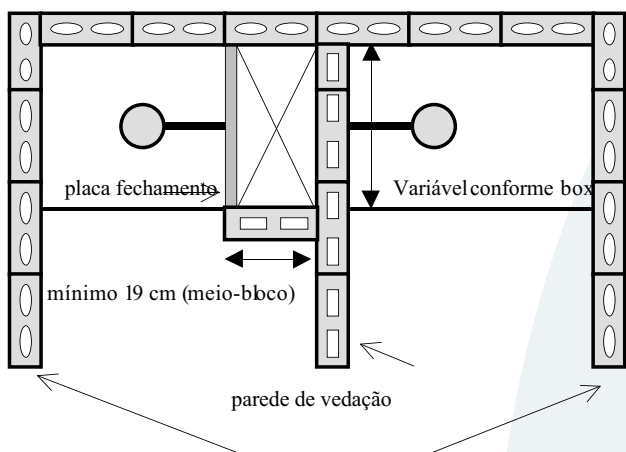
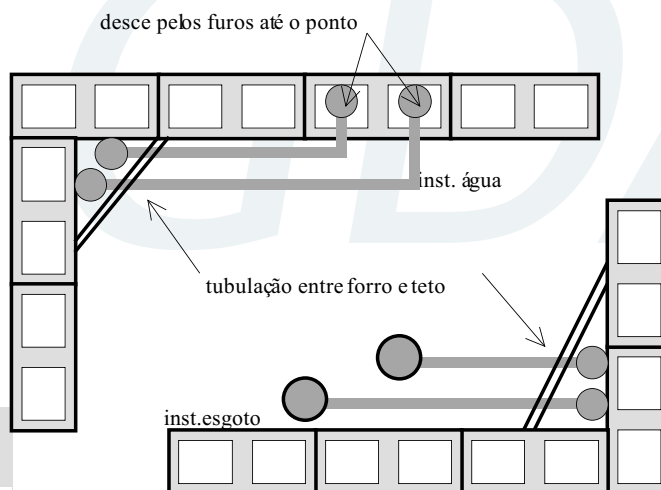


Figura 61 - Exemplo de passagem de tubulação que utiliza blocos de 9 cm de espessura

Figura 62 - Exemplo de passagem de tubulação



## 5.5 - Projeto elétrico

Também para definir o projeto elétrico, o projetista deverá interagir com o arquiteto.

Os eletrodutos embutidos deverão passar pelos blocos vazados. Outra forma possível e interessante de distribuição dos eletrodutos de instalação elétrica consiste no aproveitamento do espaço atrás do batente das portas, quando ele for de madeira, uma vez que geralmente os interruptores se situam próximos a estas. Em caso de batente com perfil metálico, pode-se utilizar o espaço no interior do mesmo.

Muitas vezes, as caixas de tomadas e os interruptores podem ser previamente instalados em blocos cortados, os quais, por sua vez, serão assentados durante a execução da alvenaria. Alternativamente, pode-se colocar o bloco cortado mediante posterior chumbamento da caixa.

A posição das caixas de interruptores e das tomadas deve ser previamente definida e mostrada claramente nas plantas de paginação. Da mesma forma, a posição e a dimensão dos quadros de distribuição de energia nos diversos pavimentos deverão ser previamente definidas e especificadas no projeto executivo.

As caixas para quadros de distribuição e as caixas de passagem devem ser projetadas em dimensões que evitem a necessidade de fazer cortes nas alvenarias. Para que a abertura dos quadros de distribuição não prejudique a integridade estrutural da parede, as dimensões e as posições dos mesmos devem ser informadas ao projetista estrutural no intuito de este detalhar o reforço necessário.

	<b>Nº de blocos horizontal X vertical</b>	<b>Dimensões de quadros de Distribuição para modulação de 20 cm (m) X (m)</b>
Tabela 21 - Dimensões recomendadas para quadros de - modulação de 20 cm >	<b>1x2</b>	<b>0,40 X 0,40</b>
	<b>1 ½ X 3</b>	<b>0,60 X 0,60</b>
	<b>2 X 4</b>	<b>0,80 X 0,80</b>
	<b>2 ½ X 5</b>	<b>1,00 X 1,00</b>
	<b>4 X 6</b>	<b>1,20 X 1,20</b>

	<b>Nº de blocos horizontal X vertical</b>	<b>Dimensões de quadros de Distribuição para modulação de 15 cm (m) X (m)</b>
Tabela 22 - Dimensões recomendadas para quadros de distribuição - modulação de 15 cm >	<b>1 ½ x 2</b>	<b>0,45 X 0,40</b>
	<b>2 X 3</b>	<b>0,60 X 0,60</b>
	<b>2 X 4</b>	<b>0,60 X 0,80</b>
	<b>3 X 5</b>	<b>0,90 X 1,00</b>
	<b>4 X 6</b>	<b>1,20 X 1,20</b>



## 5.6 - Projeto executivo

Para obter o máximo das vantagens teóricas que o processo construtivo em alvenaria estrutural proporciona, é imprescindível a elaboração do projeto executivo. Este é composto de desenhos, dos detalhes e das informações necessárias à realização dos serviços de execução das alvenarias. A utilização apenas dos projetos arquitetônicos e estruturais pode causar problemas de entendimento da obra. Por quê? Porque estes não apresentam uma série de informações necessárias à execução das alvenarias, o que acarreta, no canteiro, a tomada de várias decisões sem planejamento prévio. Em muitos casos, esta situação pode criar problemas para a qualidade e produtividade dos serviços.

**Para obter o máximo das vantagens teóricas que o processo construtivo em alvenaria estrutural proporciona, é imprescindível a elaboração do projeto executivo.**

O projeto executivo permite a integração entre as soluções do escritório e a aplicação destas.

A insuficiência de detalhes e a ambigüidade na interpretação das informações do projeto podem criar vários problemas, tais como atraso nos prazos, retrabalhos para correção de erros e diminuição da produtividade. Assim, por exemplo, a informação neste projeto dos tipos e quantidades de blocos e elementos pré-moldados a serem empregados, facilitará a programação dos trabalhos e as atividades de movimentação dos materiais.

Na elaboração dos projetos executivos pode-se antecipar e prevenir uma série de problemas, que podem ser resolvidos numa fase em que alterações são pouco significativas no aumento dos custos. Além do mais, a utilização destes projetos leva a um aumento significativo no nível de racionalização da produção.

Para a apresentação de um projeto executivo, deve-se elaborar:

- ◉ planta baixa;
- ◉ cortes e elevações;
- ◉ informações técnicas dos materiais a serem utilizados;
- ◉ detalhes-padrão de amarrações e de ligações das paredes;
- ◉ detalhes de vergas e contra-vergas;
- ◉ detalhes de passagens de tubulações e localização de pontos elétricos e hidráulicos;
- ◉ detalhes especiais (pontos a serem grauteados, amarrações com ferros, etc.);
- ◉ armazenamento e transporte;
- ◉ seqüências de execução;
- ◉ ferramentas e profissionais necessários.

Na elaboração dos projetos executivos devem ser seguidas as recomendações abaixo:

### **Planta Baixa**

A planta baixa no projeto executivo deve indicar as paredes sem revestimento. Devem ser apresentadas plantas da primeira e segunda fiadas (modulação), tipos de blocos a serem usados para cada parede e representação dos pontos que receberão graute.

Deve ser preparada para facilitar a marcação da obra. Assim, as medidas das distâncias devem ser acumuladas e feitas a partir de um ponto de referência até a face interna de cada parede. Pode ser utilizada a planta de modulação da primeira fiada.

A quantidade dos componentes necessários por pavimento também é uma informação importante que deve ser fornecida.

### **Paginações**

As paginações ou elevações devem indicar a posição dos blocos especiais (instalações elétricas e hidráulicas), locais de descida das prumadas de luz e água, amarração entre as paredes, detalhamentos sobre a ferragem necessária. Igualmente devem ser mostradas as posições dos quadros de distribuição das instalações elétricas e sua solução estrutural. Também devem ser representadas as aberturas (portas e janelas), localizando as vergas, contra-vergas e/ou blocos **canaleta**.

### **Detalhes Construtivos**

Devem ser fornecidos os detalhes construtivos que não estejam definidos nas plantas baixas e paginações.

Os detalhes que aparecem com maior frequência podem ser fornecidos em um caderno de detalhes padrão para evitar a repetição dos mesmos nas várias plantas.

O projeto executivo pode conter também o projeto de laje acabada, a localização dos equipamentos tais como escantilhões e ainda, o *lay out do canteiro*.

## Análise de projetos

### 6.1 - Introdução

Considerando que a Alvenaria Estrutural deve ser tratada como um processo construtivo recente, com o qual poucos profissionais habilitados têm familiaridade, é fundamental, para evitar a ocorrência de patologias, avaliar a capacidade técnico-operacional de todos os agentes envolvidos. Por essa razão, é importante que a construtora, os fornecedores e os projetistas (os do arquitetônico, do estrutural e de instalações) comprovem conhecimento ou experiência em projetar e construir em alvenaria estrutural.

A melhor forma de avaliar tal conhecimento consiste na análise cuidadosa dos projetos, tentando identificar o seguimento dos princípios básicos deste processo construtivo e, conseqüentemente, o uso de soluções adequadas.

Este capítulo descreve o que deve ser avaliado nos projetos de alvenaria estrutural.

### 6.2 - Projeto Arquitetônico

No processo de avaliação dos projetos, a análise do projeto arquitetônico é, talvez, a mais importante. As decisões tomadas pelo projetista terão influência decisiva no sucesso ou fracasso técnico-econômico do empreendimento em alvenaria estrutural. Por tal motivo, grande atenção deve ser despendida nesta atividade.

Alguns pontos são particularmente importantes e devem ser observados com cuidado. Tais pontos são estes:

1. Modulação
2. Rigidez estrutural
3. Previsão de shafts
4. Tamanho dos vãos
5. Cobertura
6. Revestimentos externos
7. Espessura das paredes estruturais
8. Altura dos pavimentos
9. Previsões de modificações

## 6.2.1 - Modulação

### A primeira verificação a ser feita é a existência e a adequação da modulação no projeto.

A primeira verificação a ser feita é a existência e a adequação da modulação no projeto. Com essa medida pode-se evitar a execução de projetos originalmente elaborados para concreto armado que tenham sido mal adaptados para alvenaria estrutural ou, o que é mais grave, que não estejam em sintonia com as premissas básicas deste sistema.

Tanto a planta baixa quanto os cortes devem ser baseados na família de blocos que será utilizada na construção. Dessa forma, é altamente aconselhável que o arquiteto defina essa família como ponto de partida para o projeto. Assim, na análise preliminar deve aparecer, mesmo que esquematicamente, a disposição dos blocos em uma planta, demonstrando a modulação. Deve sempre ser deixado espaço de 1,0 cm entre dois blocos para a junta de assentamento.

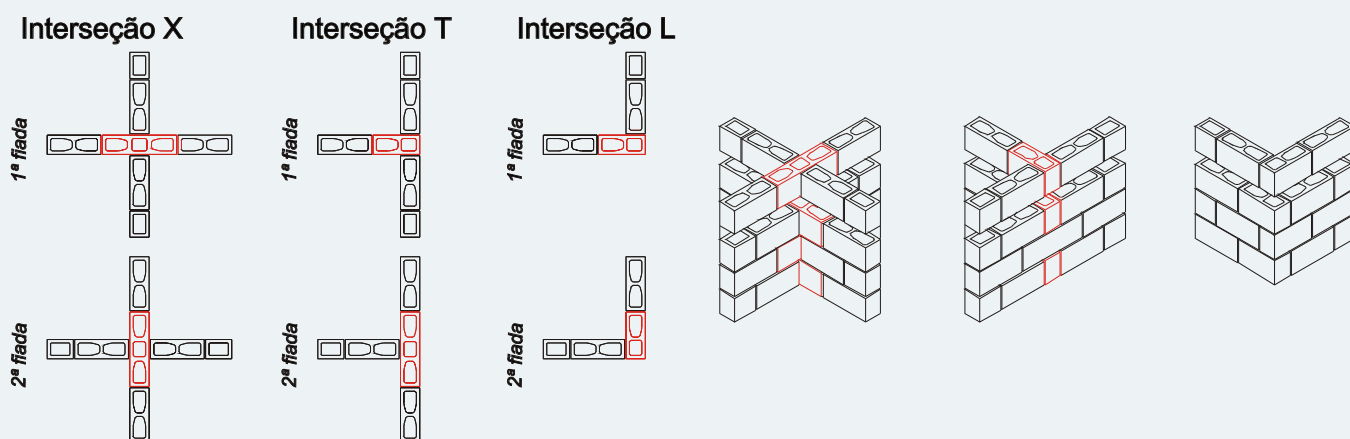
A inobservância desses cuidados gera a necessidade de ajustes posteriores, que provavelmente trarão prejuízos ao desempenho da edificação e certamente causam grandes prejuízos ao construtor, uma vez que a modulação é uma das chaves para a racionalização.

Tratando-se de modulação, devem ser feitas algumas observações na planta baixa e nos cortes.

## 6.2.2 - Planta baixa

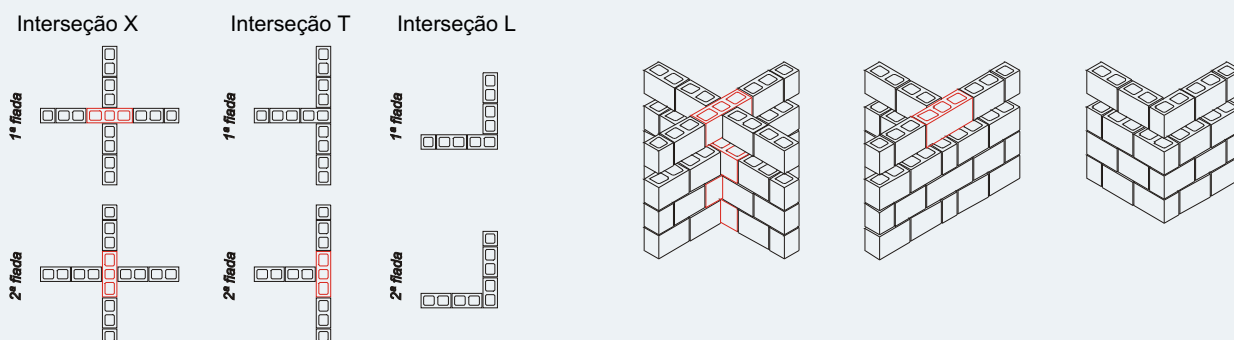
Caso a família de blocos utilizada seja a de 39 cm, o módulo básico deverá ser de 20 cm (meio bloco, mais a junta). Esta família é indicada sobretudo para paredes com 19 cm de largura, mas a utilização dela para paredes de 14 cm é viável, desde que sejam utilizados os blocos especiais de 34 cm e de 54 cm para fazer as interseções entre paredes, de tal maneira que possibilite adequação do contrafiado. As amarrações podem ser vistas na figura 63.

Figuras 63 - Modulação (planta baixa e 3D) para família 39



Caso a construtora opte pela família de 29 cm, a modulação deverá ser feita sobre malha de 15 cm, que também consiste na dimensão de meio bloco, mais a junta. Neste caso, o único bloco especial que deverá ser utilizado é o de 44 cm, de tal forma que ele possibilite o contrafiado em interseções em T e em X,

Figuras 64 - Modulação (planta baixa e 3D) para família 29



Utilizando as soluções apontadas acima, o arquiteto obterá resultados conforme se mostra nas figuras 65 e 66. Pode-se notar que, para este caso, o contrafiado dos blocos é perfeito na região em destaque. Não é possível, todavia, conseguir sempre esta qualidade, principalmente devido aos vãos das portas, que não seguem a modulação da alvenaria. Na figura 66, por exemplo, o vão da porta do banheiro é de 76 cm, e o dos quartos de 86 cm, ou seja, os vãos das folhas (70 e 80 cm respectivamente), mais uma folga de 6 cm para a fixação dos marcos. Como essas medidas não são moduladas, pode surgir a necessidade de pequenos ajustes, considerados normais ao processo construtivo.

Figura 65 - Planta baixa de edifício com a disposição dos blocos.

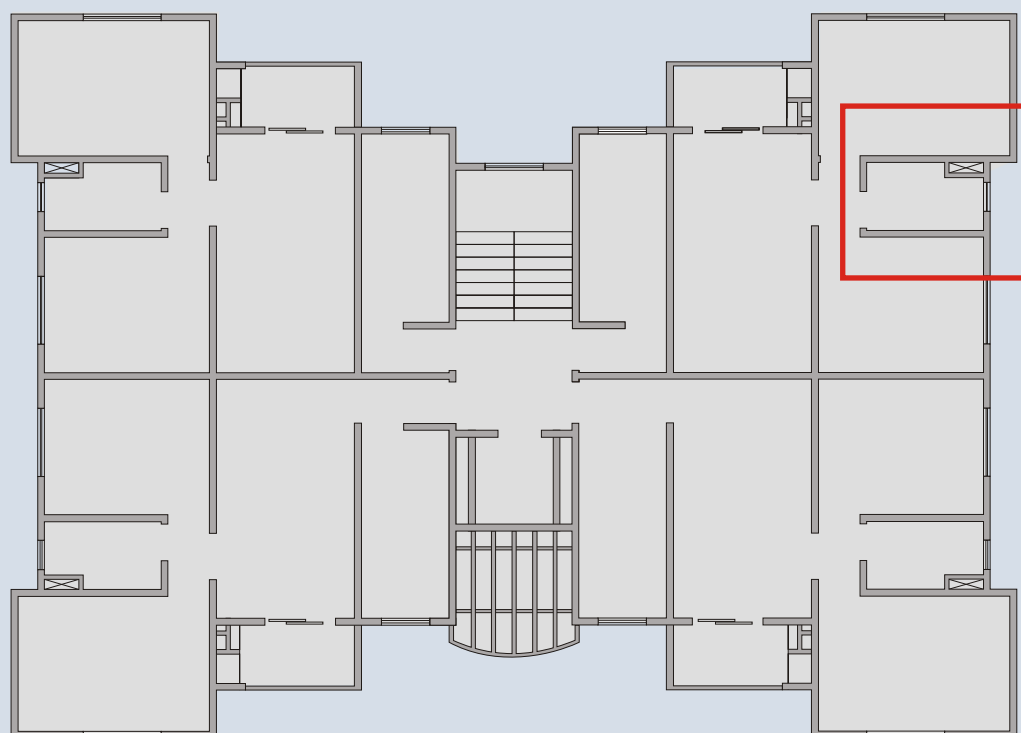
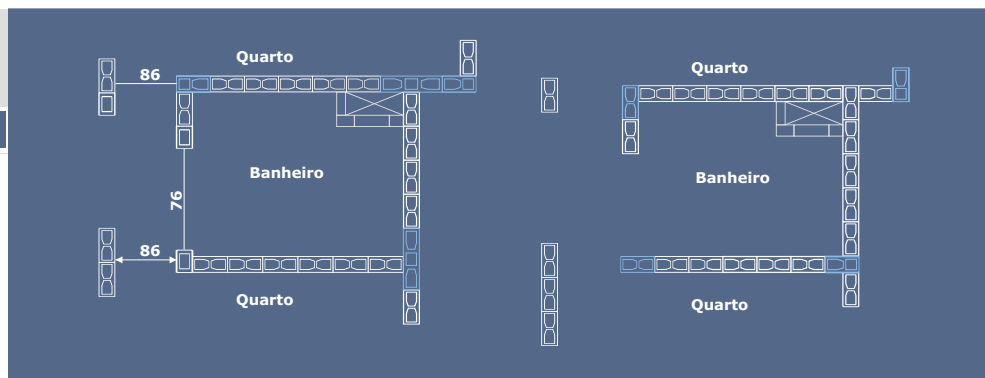


Figura 66 - 1ª e 2ª fiadas do detalhe mostrado na figura z5



### 6.2.3 - Cortes

Atenção especial também deve ser dada à modulação vertical. É usual a fixação de pés-direitos mínimos nos planos diretores de diversas prefeituras no Brasil. Considerando que o valor mínimo seja de 2,6 m, por exemplo, obtém-se exatamente 13 fiadas de altura, já que a modulação vertical é de 20 cm para os blocos de concreto, tanto na família 29 quanto na 39. A utilização de 13 fiadas, no entanto, não é suficiente, pois as ações de regularização e de revestimento do piso e de revestimento do teto costumam reduzir o pé-direito em alguns centímetros. Desta forma, ou o projeto prevê uma fiada a mais ou a fiada de respaldo deverá contar com detalhe ou peça especial, que permita ao pavimento acabado ser aprovado para o habite-se. A solução de aumentar a espessura da primeira junta de argamassa é tecnicamente errada e não deve ser aceita, uma vez que reduzirá o desempenho estrutural das paredes.

Cabe sempre destacar que principalmente os blocos cerâmicos podem ter modulação vertical diferenciada, devendo o projetista sempre ter à mão o catálogo do fabricante escolhido pelo construtor. Caso isto não ocorra, por um motivo qualquer, o construtor terá de procurar posteriormente um fornecedor que produza as dimensões especificadas no projeto.

**A solução de aumentar a espessura da primeira junta de argamassa para acertar o pé-direito de 2,60 m é tecnicamente errada e não deve ser aceita, uma vez que ela reduzirá o desempenho estrutural das paredes.**

Figura 67 - Blocos canaleta apropriados para paredes internas e externas.

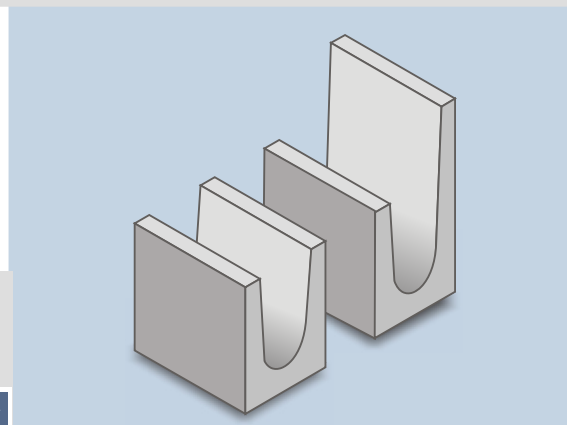






Figura 68 - Aplicação das peças detalhadas.

#### 6.2.4 - Rigidez estrutural

Desde os primeiros esboços para a definição da arquitetura dos edifícios em alvenaria estrutural, o projetista deverá preocupar-se com a existência de paredes de contraventamento nas duas direções. Esta é condição indispensável para o sistema, uma vez que todos os esforços horizontais decorrentes do vento ou de outras fontes (tais como terremotos ou, mesmo, recalques diferenciais) receberão a resistência das paredes estruturais cujos planos sejam paralelos à direção da solicitação. A inexistência ou, mesmo, a deficiência de paredes estruturais em uma direção podem transformar o edifício num "castelo de cartas", cujo colapso progressivo poderá ser facilmente iniciado por um evento qualquer.

Assim sendo, a rigidez dos edifícios será garantida pela existência de paredes estruturais bem distribuídas nas duas direções ortogonais principais, como mostram as figuras a seguir. A figura 69 mostra a planta baixa do pavimento tipo de um edifício com 6 pavimentos. É o mesmo prédio focalizado na figura 65, o qual será utilizado como exemplo ao longo deste curso. Como o arquiteto, neste caso, previu shafts para a passagem de dutos e não previu modificações futuras na alvenaria, todas as paredes podem ser consideradas estruturais. Assim, quando houver solicitações paralelas à direção horizontal (direção X), as paredes mostradas na figura 70 é que garantirão a estabilidade do edifício. Já quando os esforços agirem na direção perpendicular (direção Y), as paredes mostradas na figura 71 serão as mais solicitadas. Perceba-se que as duas direções contam com um número expressivo de paredes, de modo que a rigidez global do prédio está garantida.



Figura 69 - Planta baixa do edifício

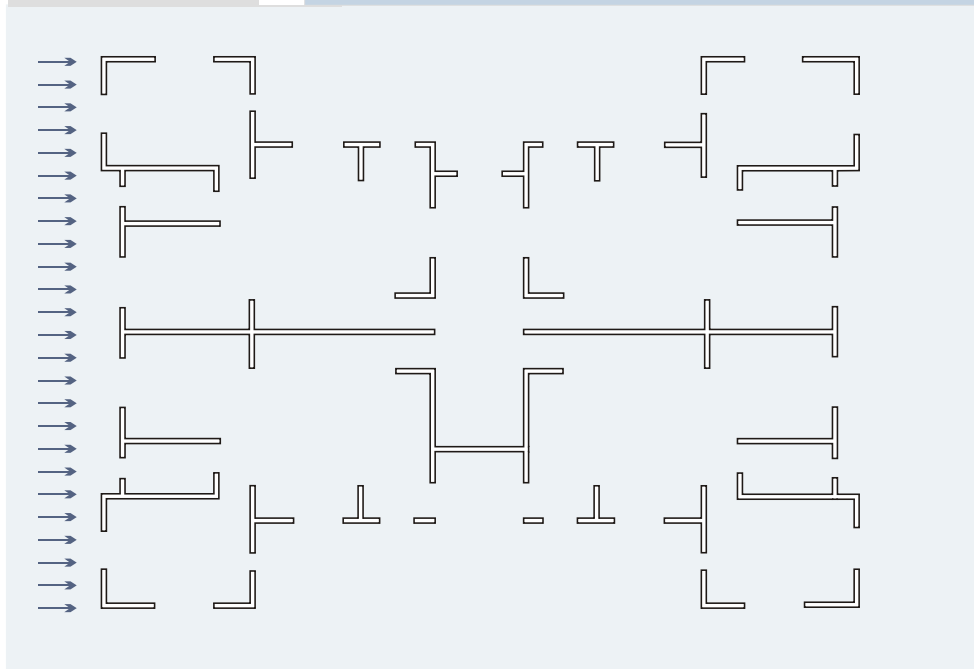


Figura 70 - Paredes estruturais na direção X.

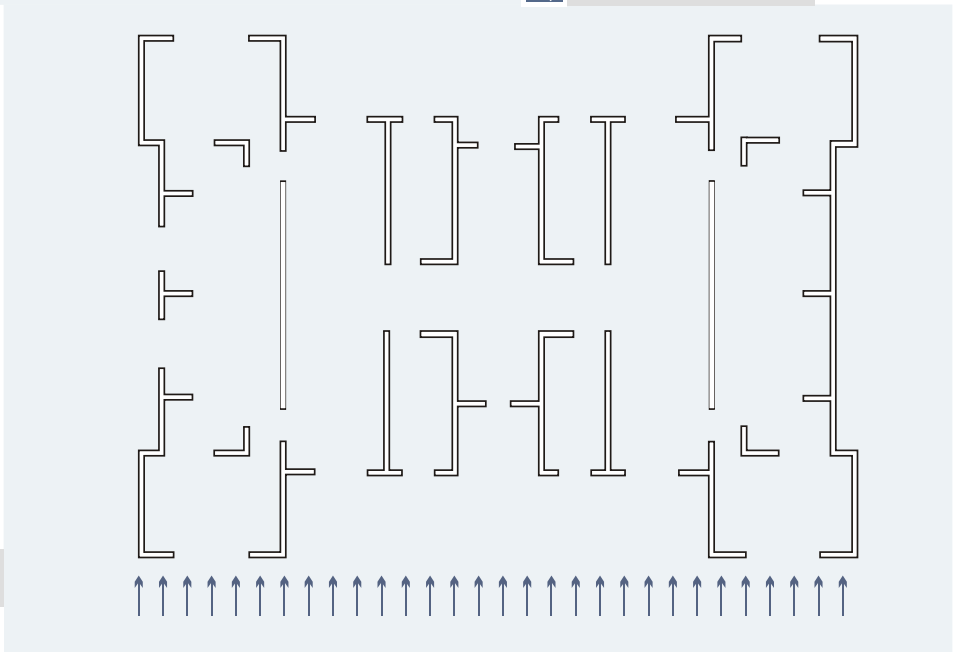


Figura 71 - Paredes estruturais na direção Y.



Outra característica bastante desejável em prédios de alvenaria estrutural é a simetria em planta. Embora não existam restrições para plantas assimétricas, é importante considerar que a simetria reduz (ou até elimina) os esforços de torção provenientes da ação do vento, tornando o projeto estrutural mais fácil e mais econômico. A vantagem será observada também durante a execução, nos ganhos de produtividade provenientes da repetição.

Naturalmente, a simetria dificilmente será conseguida em relação aos dois eixos perpendiculares da construção, mas o partido arquitetônico usualmente adotado no Brasil favorece a construção em alvenaria estrutural. O exemplo da figura 69 mostra um edifício de simetria quase completa, excetuada a pequena excentricidade inserida pelo elevador, circulação e escada. Edifícios podem também ser construídos em alvenaria, mesmo que apresentem razoáveis excentricidades. Em tal caso, é fundamental que esta condição seja considerada no projeto estrutural.

#### **6.2.5 - Previsão de shafts (muchetas)**

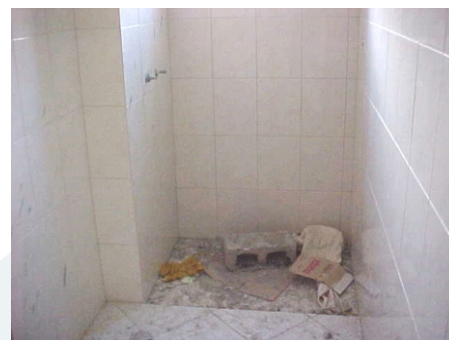
Uma das principais características das edificações em alvenaria estrutural é a dificuldade nas modificações de paredes após a conclusão das obras. Por essa razão, algumas normas, como a NBR 10837, proíbem o embutimento de dutos hidráulicos nas paredes estruturais. Esta proibição visa eliminar a possibilidade de haver quebras indiscriminadas dos elementos estruturais na busca de um vazamento d'água ou de um esgoto. O procedimento faz ainda mais sentido se for considerado que a alvenaria é bastante rígida, sobretudo nos pontos em que seja necessário o grauteamento por uma função qualquer. Assim, uma pequena movimentação da alvenaria poderá acarretar a ruptura da tubulação (também bastante rígida) de água ou esgoto, causando vazamento e danos posteriores à estrutura.

Desta forma, o projeto arquitetônico já deverá prever a passagem de dutos condutores de fluidos por *shafts* (muchetas), paredes hidráulicas (não estruturais), forros falsos, bancadas e outros elementos quaisquer, retirando-os das paredes estruturais.

No caso da utilização de *shafts*, devem-se considerar não só os benefícios para a estrutura, mas também as facilidades de manutenção. Tome-se, por exemplo, o construtor que optou por fazer o fechamento de seus *shafts* com placas de marmorite parafusadas nas paredes. No caso de qualquer vazamento, bastará ao operário retirar a placa para que toda a prumada de tubulação fique exposta e pronta para o conserto. Todo o serviço poderá ser feito com muita rapidez e economia, sem a produção de entulho e sem transtornos para o cliente. O padrão de acabamento poderá facilmente seguir o da unidade.

A tubulação do projeto elétrico, por sua característica, pode ser embutida nas células dos blocos ou, ainda, em blocos especiais. Este embutimento, no entanto, sempre deverá ser feito na direção vertical, nunca na horizontal, uma vez que ele enfraquece a seção da parede. Maiores detalhes sobre o projeto elétrico serão focalizados abaixo.

Figura 72 - a) Tubulação de esgoto prevendo a execução de *shaft* e forro falso; b) *shaft* já pronto, com o mesmo acabamento do restante do banheiro.



a)

b)

Figuras 73 - a) Tubulação de esgoto da cozinha exposta, prevendo execução de bancada e forro falso na cozinha inferior; b) Bancada contendo as tubulações de água, esgoto e gás.

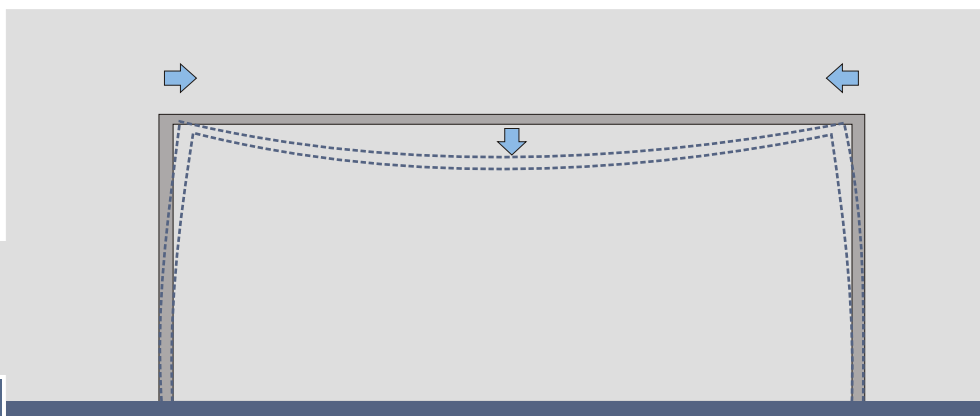


### 6.2.6 - Vãos

Devido a limitações estruturais, aconselha-se que os vãos das lajes nos projetos sejam menores que 4,0 m, sobretudo em edifícios com mais de 4 pavimentos. Esta limitação trará dois benefícios diretos: o primeiro é o da manutenção das cargas e excentricidades transmitidas às paredes dentro de níveis aceitáveis; o segundo é o de propiciar ao edifício condições para que ele resista a danos acidentais, caso estes venham a ocorrer.

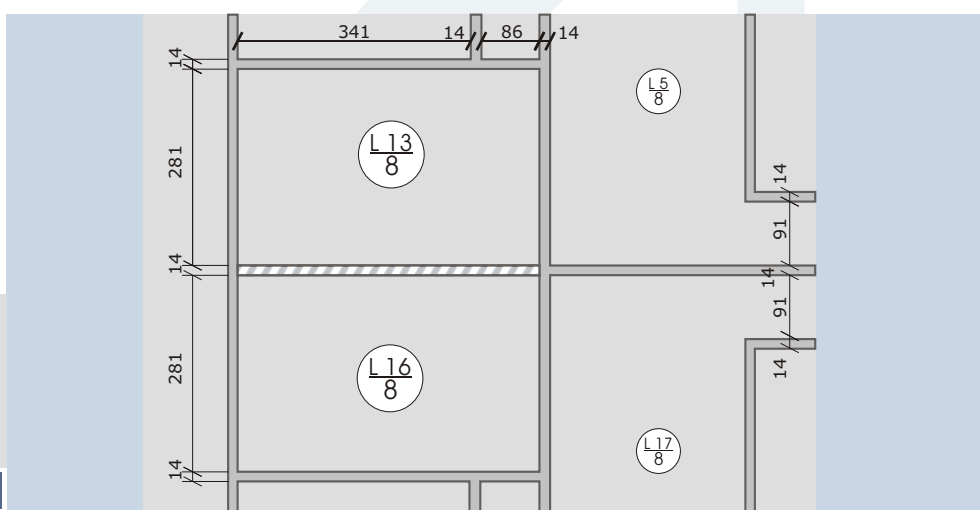
O primeiro ponto salientado é de fácil assimilação, pois quanto maior for o vão da laje, tanto maior será a carga que a mesma descarregará nas paredes que lhe servem de apoio. Além disso, pode-se constatar que o arquiteto, ao projetar vãos muito grandes, determina maiores deformações nas lajes, valendo lembrar que a flecha cresce com a 4ª potência do vão. Estas deformações tendem a fletir as paredes, aumentando a excentricidade delas e diminuindo significativamente a sua capacidade resistente. As deformações da laje também impedem seu comportamento como um diafragma rígido. Essa teoria é usualmente utilizada para o dimensionamento dos esforços de vento. A figura 74 ilustra o fenômeno, que será mais bem discutido na seção de projeto estrutural.

Figura 74 - A deformação da laje tende a fletir as paredes que lhe servem de apoio.



Além disso, a retirada involuntária de uma parede interna do edifício (figura 75) faz com que as duas lajes adjacentes à parede retirada se transformem em apenas uma, com o vão igual aos dois anteriores somados. Esta ocorrência tem reflexos sobre o dimensionamento para danos acidentais, que será especificamente discutido abaixo.

Figura 75 - Caso a parede hachurada seja eventualmente removida, as lajes L13 e L16 se transformarão numa única laje.



### 6.2.7 - Cobertura

Um dos principais problemas que ocorrem nos edifícios em Alvenaria estrutural é a fissuração das paredes do último pavimento, devido à movimentação térmica da laje. O projeto arquitetônico tem importância fundamental na sua prevenção, pois a especificação de materiais e de detalhes adequados pode minimizar sensivelmente o problema.

Embora este não seja o objetivo deste curso, deve-se lembrar que o ganho de calor da cobertura se opera pelos mecanismos básicos de condução, convecção e radiação. Assim, dependendo das especificações do projetista, pode-se obter diferentes resultados, como se exemplifica abaixo:

1. Se o projetista especificar a pintura branca do telhado de fibrocimento sobre a laje de cobertura, a absorção de energia solar pelas telhas poderá ser reduzida em, no mínimo, 50%. A emissão de radiação será, então, bastante reduzida, já que seu valor é proporcional à quarta potência da temperatura, em K ( $T^4$ );



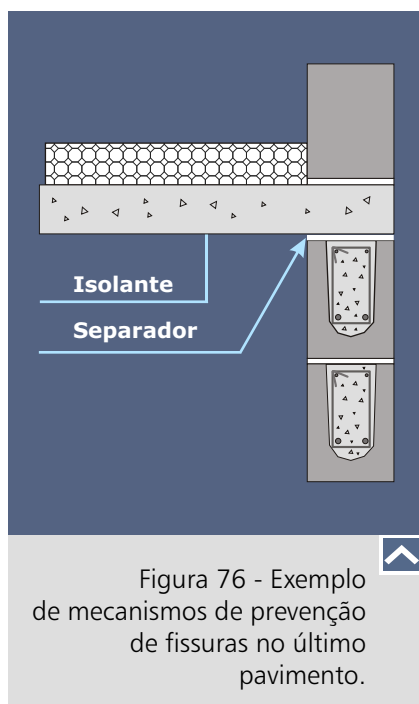


Figura 76 - Exemplo de mecanismos de prevenção de fissuras no último pavimento.

2. Se o projetista especificar o isolamento térmico por meio de vermiculita, isopor ou qualquer outro material, estará reduzindo o ganho ou a perda de calor da laje por condução;
3. Se o projetista detalhar uma ventilação adequada da câmara de ar entre o telhado e a laje, estará reduzindo em muito a temperatura da mesma, o que diminui o ganho de calor da laje por condução e convecção.

Além de minimizar as movimentações térmicas, o arquiteto poderá ainda prever detalhes que permitirão a livre movimentação entre a laje e as paredes, sem que esta seja percebida pelos moradores. Deve-se lembrar que, nesse caso, rodafornos ou juntas elásticas devem ser especificadas na ligação, para que não apareça fissura horizontal entre a parede e o teto.

Para se criar a junta de movimentação, várias são as alternativas adotadas correntemente, tais como a utilização de chapas de PVC entre a fiada de respaldo e a laje de forro, o que daria uma superfície deslizante, conforme mostra a figura 76, e cria uma junta elástica.

Importa ressaltar que a solução mais adequada consiste na adoção conjunta de medidas redutoras da movimentação da laje e da solidariedade dos apoios.

### 6.2.8 - Revestimentos externos

Embora a construção adequada de paredes de alvenaria permita baixas espessuras de revestimentos, não é aconselhável que estas espessuras sejam externamente inferiores a 2 cm. Esta recomendação é reforçada pela NBR 13749 Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Especificação e pelos resultados obtidos por algumas construtoras. Estas, tendo testado espessuras menores, observaram que o revestimento fissurou ou que ocorreu "mapeamento" dos blocos na parede. Em virtude desses resultados, todas voltaram a adotar revestimento externo mais espesso.

Outro fator a ser considerado é a permeabilidade de revestimentos externos, uma vez que a adoção de camadas delgadas pode, combinada com outros fatores, facilitar o ingresso de água nas paredes. Isto, como se sabe, ocasiona inúmeros problemas ao edifício, desde sua deterioração e depreciação precoces até problemas de saúde aos seus ocupantes.

Igualmente importante é a definição do tipo de argamassa a ser utilizada no reboco, que já deverá estar definida no projeto arquitetônico. Hoje em dia numerosas possibilidades são oferecidas, principalmente no que diz respeito ao uso de argamassas industrializadas e de aditivos substitutos da cal. Convém lembrar que, embora a cal hidratada tenha sofrido decréscimo de qualidade nos últimos anos, sua capacidade de conferir trabalhabilidade e



elasticidade à argamassa, sua facilidade de aplicação e seu comprovado bom desempenho ao longo do tempo a tornam opção ainda atual. O arquiteto, ao especificar a argamassa, deverá considerar todas essas variáveis.

### 6.2.9 - Espessura das paredes estruturais

Outro fator de importância fundamental para obras em alvenaria estrutural é a espessura das paredes estruturais. Cabe lembrar que a CAIXA vem admitindo somente paredes com espessura de 14 cm ou mais, sem considerar o revestimento, tanto para blocos de concreto quanto para blocos cerâmicos.

Tal medida visa assegurar o desempenho das paredes estruturais, uma vez que a resistência à compressão é extremamente sensível à redução da espessura, devido ao fenômeno da flambagem. Os ensaios que levaram às teorias de dimensionamento consideram sempre as paredes funcionando como peças de esbeltez intermediária, evitando sempre utilizar os limites da lei de Euler.

No que diz respeito às prescrições normativas, devem ser destacadas as especificações das Normas Brasileiras (NBR10837) e Britânicas (BS 5628).

NBR 10837 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto

A norma nacional, que foi elaborada somente para blocos de concreto e, portanto, não inclui as unidades cerâmicas, estabelece 14 cm como espessura mínima para blocos estruturais.

Paralelamente, especifica a esbeltez máxima em 20, para quaisquer tipos de paredes ou pilares não armados. O índice de esbeltez usualmente considerado pelas normas é o quociente entre sua altura e sua espessura efetivas, conforme ilustra a figura 77.

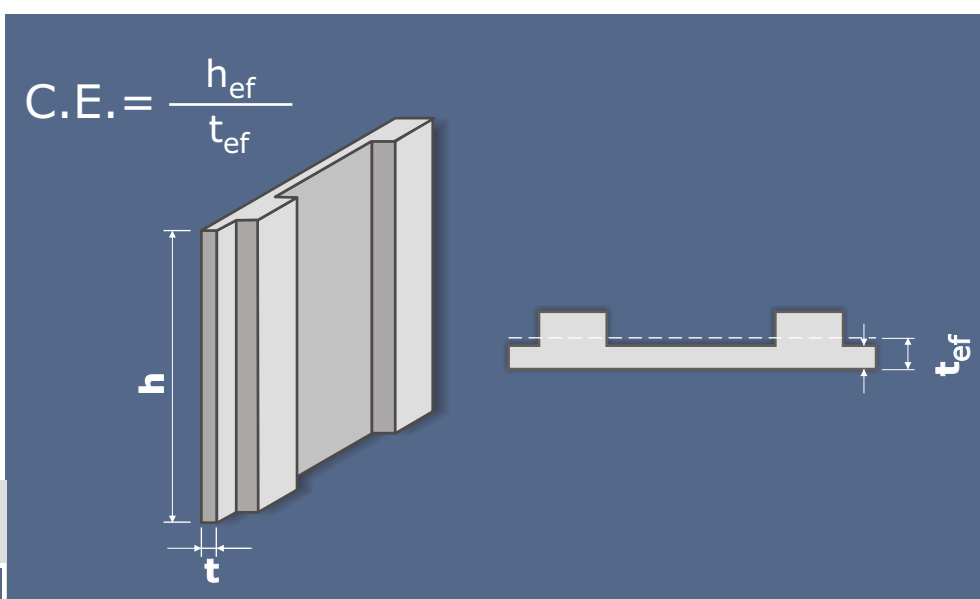


Figura 77 - Forma de cálculo do coeficiente de esbeltez

Parece consenso entre os projetistas estruturais nacionais, pesquisadores da área e, até mesmo, entre os fabricantes de cerâmica para alvenaria estrutural, que a norma inglesa tem boa adaptação à realidade brasileira. Como o referido código engloba todos os tipos de blocos utilizados em alvenaria estrutural (incluindo os cerâmicos), é importante verificar suas recomendações sobre o assunto em pauta.

A ótica da norma inglesa revela-se um pouco diferente da nacional, uma vez que não determina uma espessura mínima, mas a esbeltez máxima das paredes. Especifica que paredes estruturais não devem possuir esbeltez superior a 27. Além disso, em prédios com mais de dois pavimentos e paredes com 9 cm de espessura, a esbeltez não deverá exceder 20. Isto significa dizer que, em construções com pés-direitos usuais, a espessura das paredes poderia ser da ordem de 10 cm, porém com coeficientes de redução de capacidade resistente que refletiriam esta escolha.

Cabe lembrar, finalmente, que também é usual a existência de paredes de vedação em edifícios de alvenaria estrutural. Para essas paredes, nenhuma recomendação é especificada, nem quanto a materiais nem quanto à espessura, devendo o arquiteto fixá-las.

#### **6.2.10 - Altura dos pavimentos**

Analogamente à espessura das unidades de alvenaria, o pé-direito adotado para as construções tem importância fundamental no desempenho das paredes estruturais, uma vez que seu valor interfere na esbeltez das peças. Com base nesse fato, é lógico entender que quanto mais espessas as paredes, maior poderá ser o pé-direito permitido.

Cabe aqui, no entanto, importante observação sobre a construção de pavimentos com pés-direitos duplos. Alguns arquitetos vêm projetando edifícios com esta característica, sobretudo quando o pavimento térreo é destinado a fins comerciais, sem a previsão de paredes mais espessas. Isto obrigará o projetista estrutural, mais adiante, a adotar medidas especiais para combater a possibilidade de flambagem. Estas decisões do projetista estrutural, tais como a adoção de paredes duplas ou de blocos mais espessos, podem entrar em conflito com o planejamento inicial do arquiteto. Maiores detalhes serão apresentados oportunamente, na seção de projeto estrutural.

#### **6.2.11 - Previsões de modificações**

Um entendimento corrente em relação às estruturas em alvenaria estrutural é de que a arquitetura é imutável, uma vez que suas

paredes não podem ser removidas. Este preconceito é, muitas vezes, difundido entre os mutuários, causando preocupações e restrições a edifícios construídos neste sistema.

A impossibilidade de alterações, no entanto, só é verdadeira se o edifício foi projetado sem previsão destas. É possível projetar, tanto do ponto de vista arquitetônico quanto do estrutural, prédios com previsões de alterações em suas plantas, de forma que atendam melhor às necessidades dos usuários. Longe da adaptabilidade do gesso acartonado, por exemplo, a alvenaria estrutural requer estudos prévios das mudanças possíveis de serem posteriormente efetuadas.

A figura 78 apresenta exemplo prático de arquitetura passível de alterações. No edifício de 12 pavimentos, com 2 unidades por pavimento, todas as paredes em cor escura de qualquer pavimento podem ser removidas a qualquer momento, mesmo sem prévia consulta ao projetista estrutural, uma vez que as mesmas não foram consideradas no dimensionamento. As alterações, que permitem transformar um apartamento com suíte, três quartos e dependências em outro com escritório, suíte, dois quartos e dependência, ou duas suítes, mais dois dormitórios ou, ainda, outras variações possíveis, conferem ao mutuário amplas possibilidades de ajustar seu imóvel ao estilo de vida que tem. É importante lembrar, no entanto, que a falta de previsão dessas possíveis modificações muito provavelmente as inviabilizaria, o que mostra a importância do conhecimento prévio do sistema pelos projetistas e pelos técnicos da CAIXA, que podem orientar tanto projetistas quanto construtores.

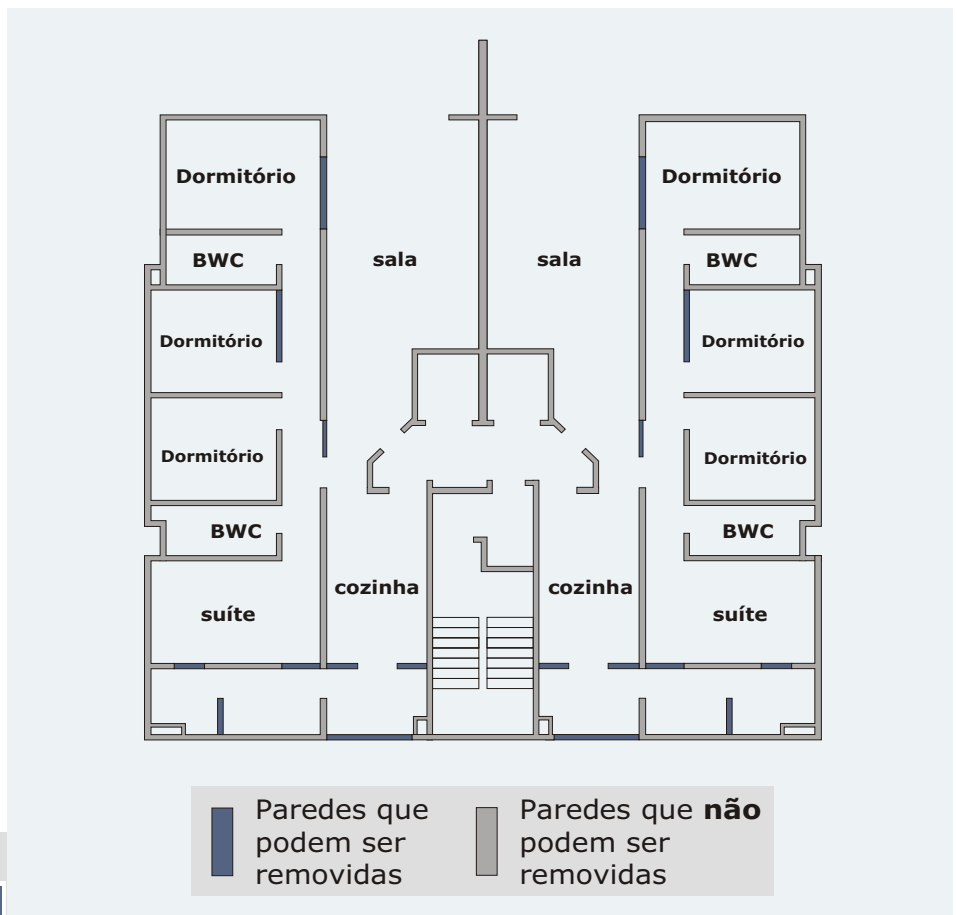


Figura 78 - Exemplo de previsão de alterações na arquitetura.

## 6.3 - Projeto estrutural

Quanto ao projeto estrutural, considerando que é impraticável proceder à análise minuciosa da memória de cálculo, os seguintes aspectos devem ser avaliados:

1. Plantas de primeira e segunda fiadas
2. Paginações
3. Utilização de família completa de blocos
4. Detalhes construtivos
5. Previsão de danos acidentais
6. Esforços de vento
7. Determinação do Plano Tecnológico de Produção

### 6.3.1 - Plantas de 1ª e 2ª fiadas

Os documentos iniciais do projeto estrutural são as plantas baixas que contêm a 1ª e a 2ª fiadas de alvenaria. Através da análise dessas plantas, é possível verificar a adequação do projeto à modulação do arquitetônico, bem como conferir o uso dos blocos especiais e a existência ou não de juntas a prumo. Além disso, essas plantas servem de base para as paginações e constituem importantíssima ferramenta para a locação das paredes pelos operários da obra. Por isso, a planta deve conter clara legenda dos blocos utilizados, além de cotas que permitam a locação correta do pavimento, preferencialmente fornecendo valores individuais e acumulados.

Na análise de uma planta de fiadas, deve-se avaliar se os blocos foram utilizados corretamente. No caso da família 39 (a mais comum), todas as interseções entre paredes devem ser feitas com os blocos especiais (B35 (14x19x34) e B55 (14x19x55)). No caso da família 29, os blocos especiais devem ser utilizados apenas nas interseções em T ou em X.

Para ambas as famílias, o restante das paredes deve ser preenchido apenas com blocos comuns, sendo permitidos os especiais apenas em alguns ajustes de modulação.

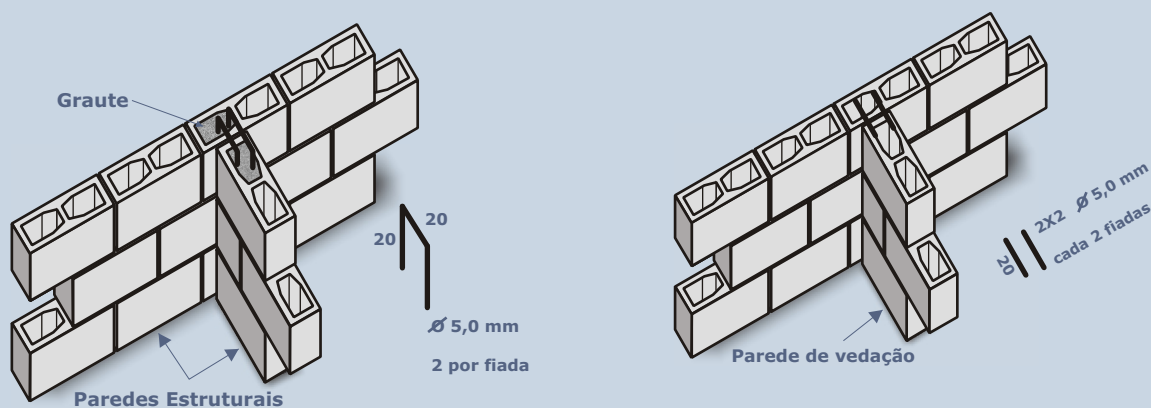
Por isso, pode-se concluir que, nos casos em que uma planta de fiadas apresenta muitos blocos especiais no interior de paredes, existe ou problema com a modulação do projeto arquitetônico ou falta de habilidade do responsável pelo projeto estrutural. Embora esta ocorrência não seja suficiente para que o projeto possa ser considerado como terminantemente inadequado para a execução, deve-se orientar os responsáveis para refazê-lo. Construtoras com experiência no sistema evitam esta prática, por reconhecê-la contraproducente e, portanto, dispendiosa.

O mesmo tratamento deve ser dado ao caso de um projeto que apresente muitas interseções de paredes com grampos de aço ou com outras formas de conectá-las, não com a amarração delas. Embora a solução de grampear e grautear as células da interseção atinja o objetivo estrutural de solidarizar as duas paredes concorrentes, tal procedimento também é dispendioso e ineficiente, sendo evitado pelas construtoras que conhecem o sistema. Isto não quer dizer que o grampeamento de paredes seja proibido, mas apenas que ele deve ser evitado sempre que possível.

Já no caso de interseções entre paredes estruturais e de vedação, o contrafiado é proibido, para que não exista transmissão de tensões da parede estrutural para a não estrutural. Com efeito, como as paredes estruturais devem resistir às cargas de lajes e aos demais elementos do edifício, é natural que estas se deformem mais que as de vedação, que devem resistir apenas a seu próprio peso. Ao amarrarem-se as duas paredes por meio de um contrafiado, se está, na prática, induzindo que as deformações sejam as mesmas. Isso significa que haverá migração de esforços da parede mais carregada para a outra. Como a parede de vedação não foi projetada para tal, haverá a ocorrência de trincas na região.

Buscando evitar-se essa migração de esforços, apenas grampos construtivos devem ser utilizados nesses casos. Os grampos darão à parede de vedação a estabilidade necessária, sem solidarizá-la estruturalmente. Para se evitar a fissura entre as paredes, o procedimento correto é o de construir todas as paredes estruturais de todos os pavimentos antes de iniciar as paredes de vedação, que devem ser executadas o mais tardiamente possível. Dessa forma, quando as paredes de vedação forem levantadas, as paredes estruturais já terão sofrido praticamente toda a sua deformação elástica, diminuindo o movimento relativo entre a estrutura e a vedação. Como medida complementar, deve-se executar o reboco nestas interseções depois que o prédio já recebeu o máximo possível de cargas permanentes, ou seja, no final da construção. A figura 79 mostra alguns tipos de grampos possíveis. Cabe lembrar que telas ou outros tipos de detalhes podem ser especificados, e que, sempre que a argamassa de assentamento contiver cal, o aço deverá ser galvanizado para que não ocorram futuras patologias devidas à corrosão.

Figura 79 - Possíveis grampos entre duas paredes estruturais e entre uma estrutural e outra de vedação. ✓



### 6.3.2 - Paginações

Nas elevações das paredes, também conhecidas como paginações, serão demonstrados todos os tipos e posições de blocos de cada parede, eventuais grautes e armaduras, vergas e contra-vergas e todos os demais detalhes necessários para a execução correta da alvenaria. Toda a planta de paginação deve conter uma planta baixa chave que aponte a localização da parede detalhada dentro do pavimento.

É essencial também uma folha de rosto que contenha as legendas de tipos de blocos, as resistências deles e os traços de argamassa a serem utilizadas. Alternativamente, o projetista estrutural pode especificar as resistências a serem obtidas nos prismas de controle. Esta resistência pode ser a mesma para todo o andar, o que é fortemente recomendado, ou pode variar para algumas paredes mais carregadas. Neste último caso, deve estar detalhada claramente. Outros detalhes de projeto, tais como, por exemplo, reforços para zona de carga concentrada, devem também ser ressaltados.

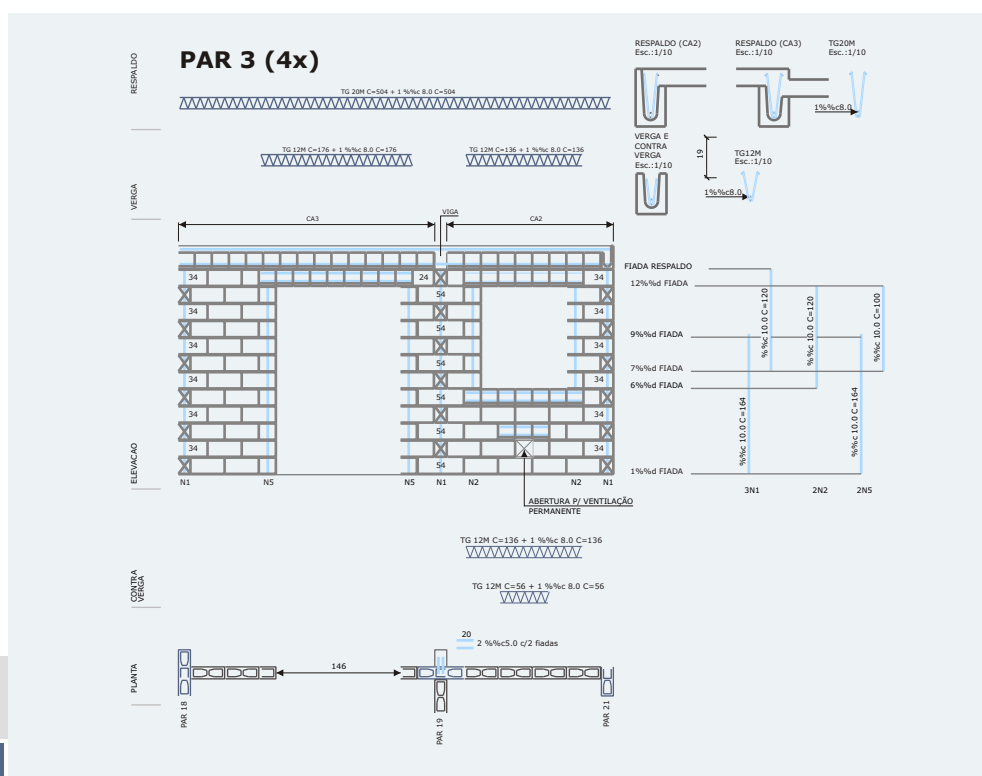


Figura 80 - Exemplo de planta de paginação de parede

### 6.3.3 - Utilização da família completa de blocos

Todos os bons fabricantes de blocos para alvenaria estrutural já fornecem a solução completa para o sistema, ou seja, bloco padrão, meio bloco e peças especiais destinadas às soluções de interseções, vergas, fiadas de respaldo e acabamentos. Dessa forma, as alvenarias poderão ser construídas de tal forma que apresentem integridade estrutural, sem deixarem pontos fracos que comprometam seu desempenho.



Se, no projeto estrutural (executivo), não forem previstos e detalhados os blocos a serem usados nas plantas de fiadas e paginações, podem-se encontrar em obra paredes construídas de forma incorreta, com danosas conseqüências estruturais. A figura 81 serve de exemplo de execução de paredes sem detalhamento do projeto executivo.



Figura 81 - Parede não detalhada resulta em improvisações com resultados indesejados

### 6.3.4 - Detalhes construtivos

Embora uma das vantagens mais mencionadas da alvenaria estrutural seja a facilidade que esta proporciona para racionalizar a construção, tal racionalização não será obtida sem a existência de detalhes específicos no projeto. Por essa razão, os projetistas estruturais devem detalhar muito bem os elementos especiais e os acabamentos da estrutura, de tal forma que a ausência de detalhamento não comprometa o resultado do trabalho como um todo. Vergas e contra-vergas, coxins e fiadas de respaldo devem ser cuidadosamente especificados, como descritos abaixo.

#### 6.3.4.1 - Vergas e contra-vergas

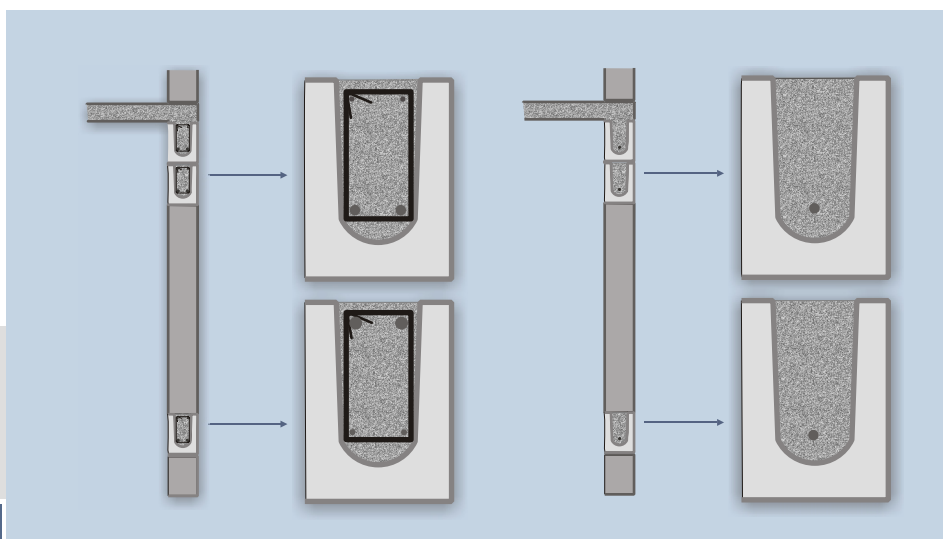
As vergas e as contra-vergas são elementos estruturais de eficiência bastante conhecida para evitar a fissuração em cantos de aberturas. Infelizmente, este conhecimento não significa que esses elementos sejam utilizados com adequação na construção civil. É bastante usual encontrar detalhes deficientes lá onde algumas barras de aço com função duvidosa são inseridas em camadas insuficientes de argamassa, no caso de construções de paredes de vedação em sistemas tradicionais.

No caso da alvenaria estrutural, esta situação é um pouco melhor. Ainda assim, é freqüente o uso do detalhamento desses elementos com apenas uma barra de aço concretada na parte inferior de blocos canaleta. Esse procedimento, geralmente não propicia nenhum ganho de resistência ao sistema.

Note-se, na figura 82, que o detalhamento correto para as vergas habilita-as a resistirem tanto a esforços cortantes quanto a momentos fletores positivos no vão e negativos nos apoios, quando a inserção na parede for suficiente. Já a adequada armação feita nas

contra-vergas as torna resistentes ao cisalhamento e aos momentos fletores negativos no vão e positivos nos apoios, quando a inserção na parede for suficiente. De forma inversa, a especificação de apenas uma barra de aço longitudinal (não raras vezes posicionada muito próxima à linha neutra da seção) quase não agrega resistência às peças, o que resulta em comportamento estrutural muito parecido com o que estas teriam se não fossem armadas.

Figura 82 - Formas corretas (à esquerda) e incorreta (à direita) de armar vergas e contra-vergas.



Outro detalhe importante refere-se ao apoio das peças na alvenaria. Em paredes com solicitações menores, em geral até 4 pavimentos, e com vãos pequenos, menores do que 2 metros, é suficiente a utilização de um apoio de 20 ou 30 cm, conforme a família de blocos utilizada. Em prédios mais carregados ou em vãos maiores de 2 m, o apoio mínimo deve ser de 1 bloco (30 a 40 cm). Também, em casos de aberturas muito próximas umas das outras, pode ser vantajoso executar vergas e contra-vergas contínuas, devendo o projetista estrutural efetuar as verificações e os detalhamentos necessários.

É importante repetir, para salientar, que a necessidade de utilização dessas peças é indubitável, tanto nas alvenarias estruturais quanto nas de vedação. O uso das mesmas no caso das alvenarias estruturais é muito facilitado pela modulação do sistema, pela existência dos blocos canaleta e pela possibilidade de utilização de peças pré-fabricadas. Estes fatores facilitam muito a execução de vergas e contra-vergas, sendo necessário, na análise, apenas verificar a previsão destes e a correção do detalhamento.

#### 6.3.4.2 - Fiadas de respaldo

As fiadas de respaldo, já arraigadas na cultura da alvenaria estrutural do Brasil, têm a função de fazerem a ligação entre as paredes e as lajes, distribuindo esforços e conferindo ao sistema aumentos de rigidez e de elasticidade. Por outro lado, a ligação que elas fazem entre as paredes e as lajes pode ser considerada como redutora da altura efetiva dos painéis e, conseqüentemente, da sua esbelteza, tornando mais econômico o dimensionamento.

Para que todas estas potencialidades sejam aproveitadas, no entanto, é necessário que as fiadas de respaldo tenham capacidade resistente a esforços cortantes e de flexão. Elas devem, portanto, contar com uma armadura bem definida, tal como no caso das vergas e contra-vergas, sendo pouco efetivo o detalhamento de apenas uma barra de aço corrida dentro dos blocos canaleta, como infelizmente, não é raro encontrar em detalhamentos de projetos.

Nos casos de edifícios com menos de cinco pavimentos, em que não são requeridas medidas especiais destinadas a preverem a ocorrência de danos acidentais, a existência de fiadas de respaldo bem projetadas e construídas dá ao prédio uma condição de segurança adicional, uma vez que ela tende a assegurar a ocorrência de um mecanismo de colapso controlado, como se explanará abaixo, na seção de projeto para danos acidentais.

Muito cuidado deve ser tomado com alguns projetos que especificam a utilização de fiadas de blocos canaleta em altura intermediária da parede, especialmente em paredes com pé-direito duplo, como forma de procurar reduzir seu comprimento de flambagem. Este procedimento é teoricamente incorreto, uma vez que o fenômeno da instabilidade elástica sempre assumirá a configuração que necessite de menor energia. Neste caso, uma fiada de respaldo, muitas vezes armada de forma deficiente, não tem rigidez suficiente para alterar a configuração de flambagem da parede. Isto pode ser visto na linha deformada com dupla curvatura (em vermelho) da figura 83. Note-se que a linha elástica deveria passar pelo eixo da estrutura, mas que, para auxiliar a visualização, o desenho a mostra junto às faces da parede.

Esse fato pode ser comprovado em acidente estrutural recém-ocorrido em edifício construído em alvenaria estrutural. Até mesmo a existência da caixa da escada, elemento com rigidez muito maior do que a de uma fiada de respaldo, não foi suficiente para impedir a flambagem da parede. Apenas a laje funcionou como apoio. Este caso pode ser visualizado na figura 84.

No caso de o projeto arquitetônico prever pés-direitos elevados, a melhor solução que se pode dar é aumentar a espessura da parede, seja aumentando a espessura dos blocos, seja adicionando enrijecedores, tais como paredes transversais pouco espaçadas ou alguns pilares especialmente formados, popularmente chamados de "gigantes". Estas soluções, infelizmente, quase nunca contam com a anuência do arquiteto.

Figura 83 - A inserção de uma fiada de blocos canaleta na parede não altera sua configuração de flambagem.

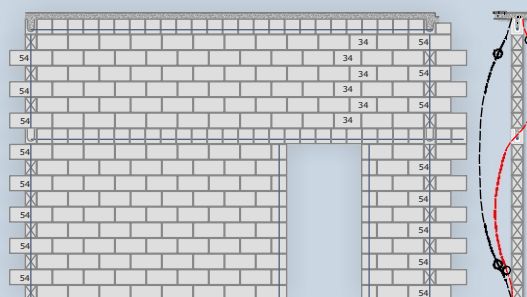




Figura 84 - As paredes que servem de apoio à escada flambaram como se ela não existisse.

### 6.3.4.3 - Coxins

Embora a existência de cargas concentradas em prédios de alvenaria estrutural não seja muito usual, esta muitas vezes ocorre. Exemplos disso são vigas de apoio de patamares de escada ou de caixas de água. Para evitar a ocorrência de rupturas localizadas, que, mesmo não afetando a estabilidade do prédio, geram situações de desconforto estético ou psicológico, os projetos estruturais devem verificar se as alvenarias suportam essas cargas localizadas. Um fato positivo é o de que as normas de cálculo permitem um acréscimo de resistência a ser considerado nestes casos, uma vez que a existência do fenômeno de distribuição das cargas e a inexistência do perigo de flambagem localizada atenuam o fato.

O procedimento de verificação consiste em confrontar as tensões atuantes na região, logo abaixo da concentração de cargas, com as tensões admitidas pela norma que se está utilizando, para cada posição do carregamento. No caso de as tensões atuantes serem maiores do que as resistentes de cálculo, elementos de distribuição de tensões devem ser projetados - os chamados *coxins* - como ilustra a figura 85.

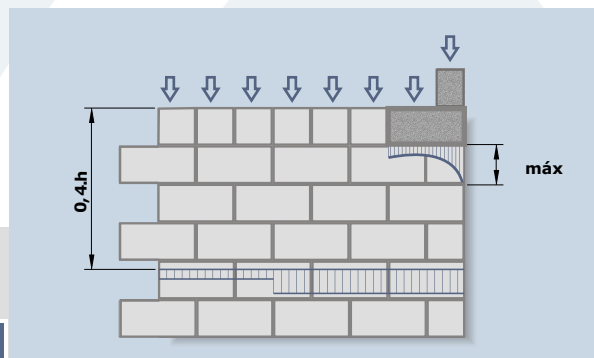


Figura 85 - Esquema de dimensionamento de coxim.

No caso dos projetos submetidos à análise da CAIXA, o analista deve preocupar-se apenas nos casos de ele perceber vigas ou outros elementos concentradores de cargas apoiando-se em áreas reduzidas de alvenaria. Nesses casos, os projetistas estruturais devem manifestar-se sobre o fato, corrigindo o problema ou atestando sua conformidade com as normas.

### 6.3.4.4 - Armaduras construtivas

Prática bastante adotada pela maioria dos projetistas estruturais brasileiros, que deve ser encorajada, é a utilização de algumas barras de aço em locais pré-definidos, sobretudo em encontros e em extremidades de paredes. Esta armadura construtiva, mesmo sendo dispensável segundo o cálculo estrutural, tem a propriedade de aumentar a estabilidade do prédio, dando-lhe certa ductilidade.

Seus efeitos são sentidos na ocorrência de esforços pouco prováveis e, por isso, não considerados no dimensionamento, tais como recalques diferenciais ou danos acidentais, onde essa armadura tem a propriedade de limitar os danos a paredes estruturais.

## 6.4 - Previsão de danos acidentais

Uma das metas que devem ser perseguidas no projeto de alvenaria estrutural é a de que o prédio possua não só a estabilidade em situações normais de utilização, mas também a capacidade de resistir a eventos inesperados, sem entrar em colapso. A possibilidade de desabamento de um prédio como consequência da retirada acidental de uma parede deve ser reduzida ao máximo, de tal forma que preserve a integridade dos ocupantes. Para que abalos estruturais acidentais como, por exemplo, o choque de um veículo com uma parede, sejam resistidos, deve-se adotar algumas medidas especificadas pela norma britânica. Não há qualquer referência a este tema na Norma Brasileira.

Os procedimentos recomendados, no entanto, em nada interferem na filosofia adotada pela NBR 10837 - *Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto*, tanto assim que um prédio projetado pela Norma Brasileira pode perfeitamente atender às disposições da norma Britânica.

Em sendo assim, apresentar-se-á, a seguir, pequeno apanhado das prescrições da BS 5628 - *Code of practice for use of masonry* - que em tudo pode ser aplicado aos projetos brasileiros.

### 6.4.1 - Projeto prevendo danos acidentais segundo a BS 5628

A introdução da obrigatoriedade de consideração da possibilidade de acidentes estruturais na norma inglesa advém do colapso parcial do edifício *Ronan Point*, em 1968. Nesse prédio, construído com painéis pré-moldados de concreto, uma explosão de gás em um dos apartamentos causou colapso progressivo em toda uma ala do mesmo, gerando danos desproporcionais à causa. Após o acidente, foram inseridas nas normas técnicas considerações acerca de dimensionamento e de projeto de estruturas prevendo danos causados por acidentes.

Os principais objetivos a serem atingidos são estes: prover a estrutura de uma probabilidade razoável de que ela não venha a ruir catastróficamente sob o efeito de uso impróprio ou de um acidente; limitar os danos causados por estas causas a 70m<sup>2</sup> ou 15% da área em planta (o que for menor) e, verticalmente, ao pavimento do acidente mais o superior e o inferior.

O código, para atingir seus objetivos, em primeiro lugar tece orientações gerais a serem observadas nos projetos de qualquer tipo de prédio. Depois apresenta três alternativas de especificação para edifícios com 5 ou mais pavimentos.



### 6.4.1.1 - Orientações gerais

A norma britânica BS5628 apresenta, em suas seções iniciais, aspectos gerais relacionados com a estabilidade global das estruturas, com a consideração de situações especialmente propícias a acidentes e com a responsabilidade sobre a estabilidade do prédio.

Sobre a estabilidade global dos edifícios, a norma preconiza a observância das seguintes características:

- ⦿ Evitar a utilização de paredes de vedação fracas e com baixa massa.
- ⦿ Limitar os vãos das lajes a valores relativamente baixos (ou usuais).
- ⦿ Prover as paredes estruturais com contraventamentos (flanges) em ambas as extremidades, exceto para pequenas paredes internas que ocasionalmente poderão ter extremidades livres
- ⦿ Limitar o tamanho de paredes não contraventadas.
- ⦿ Limitar os tamanhos das aberturas.

Além disso, os prédios devem possuir adequado fator de forma, se possível próximo a 1, paredes de contraventamento nas duas direções ortogonais da planta e, preferencialmente, simetria e continuidade em suas prumadas.

Para avaliar as situações de acidentes, a norma prevê a utilização de coeficientes parciais de segurança diferenciados. Assim, as cargas verticais permanentes  $G_k$  terão coeficientes entre 0,95 e 1,05, as sobrecargas  $Q_k$  entre 0,35 ou 1,05; e para a carga de vento  $W_k$ , será usado o coeficiente de 0,35. Esta redução nos coeficientes de segurança está de acordo com a filosofia de projeto para danos acidentais, ou seja, a estrutura pode sofrer abalos e atingir os estados limites de utilização, mas não pode atingir o estado limite último, o da ruptura.

Para casos em que o impacto de veículos seja provável, a norma recomenda que as paredes estruturais sejam protegidas por barreiras. Além disso, ela adverte que, no caso de riscos especiais, como, por exemplo, uma indústria química, os conceitos contra danos acidentais devam ser prioritariamente considerados desde os estágios iniciais de projeto.

### 6.4.1.2 - Condições de adequação

Para que um empreendimento seja considerado adequado de acordo com a norma, existem três alternativas que podem ser livremente escolhidas pelo projetista. O fluxograma da figura 86 permite visualizar o processo.

No que se refere ao atendimento à norma, os edifícios são classificados pelo seu número de pavimentos. Os de quatro andares ou menos pertencem à classe 1. Uma vez obedecidas as



recomendações anteriores a esta seção no que diz respeito à robustez, o prédio fica automaticamente aprovado, sem necessidade de medidas suplementares. Caso o prédio pertença à classe 2 (cinco andares ou mais), ele deve adequar-se a uma das possibilidades descritas a seguir:

1. A primeira opção consiste na verificação da possibilidade de eliminar qualquer elemento estrutural horizontal ou vertical (um a cada vez), sem que a estrutura sofra colapso.
2. A segunda opção consiste em prover tirantes horizontais na altura das lajes do edifício e provar que a estrutura suporta a perda de qualquer elemento estrutural vertical (pilar ou parede), um a cada vez.
3. A terceira opção consiste em dispor tirantes horizontais e verticais no prédio, dispensando-se então qualquer verificação complementar.

Embora todas as opções sejam possíveis, as características dos projetos brasileiros remetem a maior facilidade de atendimento da segunda opção, em que tirantes devem ser inseridos nas lajes. Esses tirantes nada mais são do que armaduras longitudinais contínuas, que podem ser as mesmas que foram utilizadas no detalhamento das próprias lajes, apenas acrescentando-se certa porcentagem de aço.

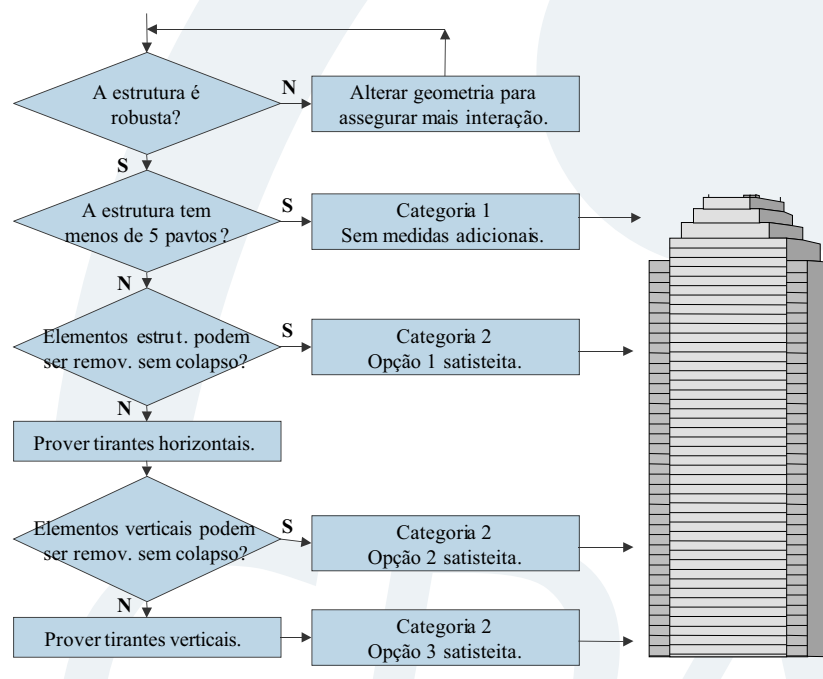


Figura 86 - Fluxograma de verificação de atendimento aos quesitos sobre danos acidentais.

Um item importante que deve ser observado é que os tirantes devem ser contínuos, ou seja, a armadura das lajes não pode ser interrompida em seus bordos, como usualmente se faz. Para que o trabalho seja facilitado, a adoção de telas de aço é muito apropriada, o que resulta em boas soluções técnicas e econômicas. A escolha da tela adequada deve ser efetuada de tal maneira que a envoltória de esforços gerada pela retirada das paredes de apoio (uma de cada vez) encontre a devida resistência. Volta-se a salientar que os coeficientes de segurança devem ser reduzidos, uma vez que o objetivo principal dessas ações é salvaguardar a vida dos usuários.

As figuras 87 e 88, tendo por base essas premissas, contêm o detalhamento da armadura positiva das lajes de um edifício, considerando ou não a possibilidade de danos acidentais. Nos casos em que a possibilidade de acidentes não foi considerada, foram utilizadas barras comuns, cortadas sobre os apoios, conforme é usualmente feito. No caso de projetos com previsão de danos acidentais, foi detalhada uma armadura um pouco mais densa, cuja continuidade foi provida pela utilização das telas de aço.

Importa muito ressaltar que a relação custo/benefício desautoriza reclamações por hipotético aumento de custo do empreendimento em caso de exigência de uso de armadura contra danos acidentais. O acréscimo de gastos com a obra estaria em torno de 1%, como contrapartida para a obtenção desta segurança adicional.

Figura 87 -  
Detalhamento usual das  
lajes do pavimento tipo.

Lajes do tipo  
760 kg aço CA 50-B (peso + 10%)

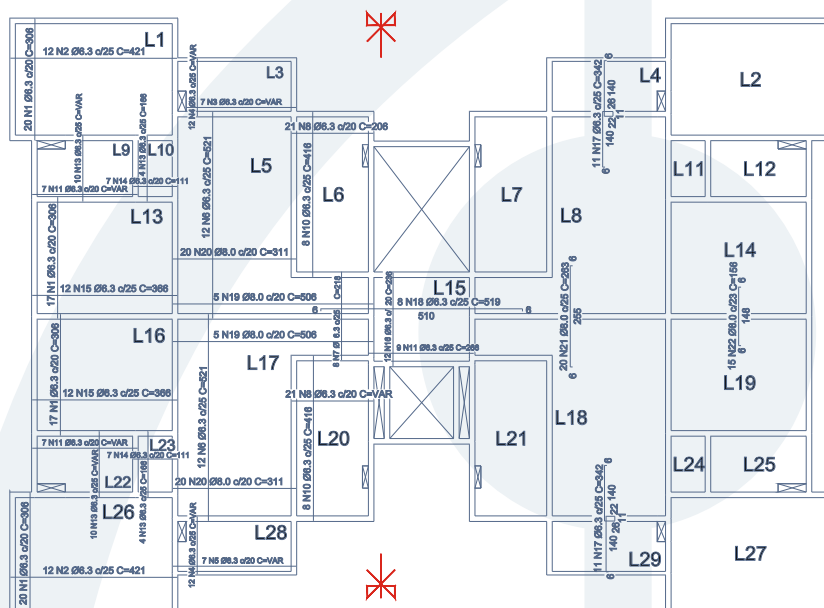
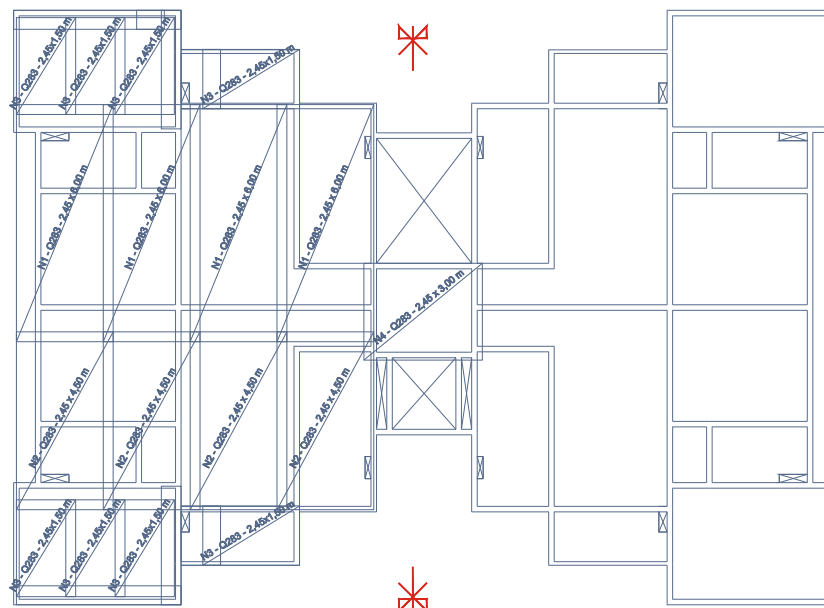


Figura 88 - Detalhamento das lajes do pavimento tipo, considerando a probabilidade de ocorrência de danos acidentais.

Lajes do tipo  
Detalhamento para a envoltória de danos acidentais  
Armadura positiva  
17 painéis # 6,0 mm  $\alpha$  10 = 1,120 k CA 60



Embora sejam raros os casos em que a eficácia dessas medidas preventivas de colapso possa ser verificada, dá de citar um caso em que um edifício, constituído de pilotis destinados a garagens, com mais quatro pavimentos residenciais, colapsou. O colapso ocorreu provavelmente devido à flambagem ou à ruptura por flexo-compressão das estacas de fundação. Na ruptura, uma parte dos pilotis afundou por falta de suporte; a outra parte rompeu-se, devido à flexo-compressão. Mesmo com o desabamento repentino, em apenas alguns segundos, a parte superior do edifício, destinada aos apartamentos, pouco sofreu. Embora sem possibilidade de apresentar maiores detalhes, pode-se afirmar que a falta de contraventamento adequado do pilotis contribuiu muito para a ocorrência, mas as interseções adequadas entre as paredes e um detalhamento adequado das lajes do pavimento tipo garantiu a integridade do restante do prédio, mesmo que a estrutura desabou cerca de 3 m. A figura 89 mostra parte da estrutura após o acidente, onde pode-se observar apenas rachaduras na parede entre as sacadas, onde houve concentrações de tensões.

Para as análises de edifícios a serem financiados pela CAIXA, deve-se verificar se foram seguidas as orientações gerais, no caso de prédios até 4 pavimentos. Em prédios mais altos, deve-se verificar se a armação das lajes é mais densa do que a usual e mais contínua em todo o pavimento.

Figura 89 - Prédio colapsado sobre andar de pilotis, mantém-se praticamente intacto



## 6.5 - Esforços de Vento

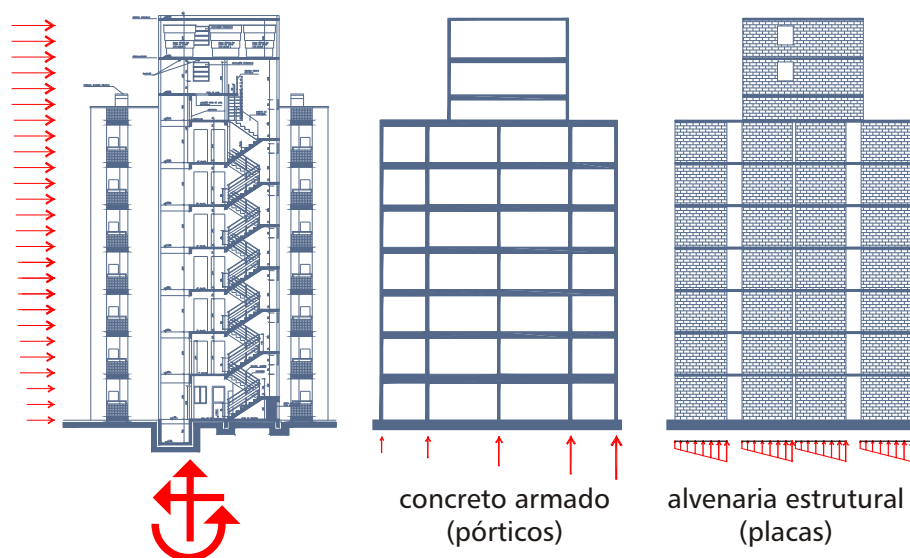
Os dimensionamentos estruturais de edifícios em qualquer sistema construtivo devem considerar todas as ações possíveis de ocorrência, conforme descreve a NBR 8681 - Ações e segurança nas estruturas. Dentre esses esforços destaca-se aquele que se origina do vento.

No entanto, muitas vezes, com base em leitura equivocada de algumas premissas existentes na NBR 6118 - *Projeto e execução de obras de concreto armado*, projetistas desconsideram o efeito do vento. Se é perigosa, para o concreto armado, a compreensão de que é desnecessária a consideração dos esforços de vento, então, para a alvenaria estrutural, ela pode ser catastrófica, uma vez que o mecanismo de funcionamento a esforços laterais deste sistema é bastante peculiar.

### 6.5.1 - Mecanismo de funcionamento

A incidência de esforços horizontais em edifícios ocasiona, como se pode observar na figura 90, reações horizontais e momentos fletores. Essas reações, somadas às cargas gravimétricas, constituem os principais esforços aos quais usualmente a estrutura deve resistir. Restringindo a análise ao momento fletor originado, verifica-se que, na estrutura em pórtico, desde que obedecidas as condições necessárias de vinculação entre as peças, existe uma distribuição das reações no edifício como se o mesmo fosse um corpo único, podendo este inclusive resistir a esforços de tração. Já na alvenaria estrutural, o momento fletor global será distribuído para cada uma das paredes estruturais, proporcionalmente à sua rigidez, como também se mostra na figura 90. Outra diferença fundamental consiste em que as paredes de alvenaria estrutural não suportam esforços de tração, a menos que elas sejam armadas. Como a armação exige cuidados adicionais e maiores gastos, algumas vezes ela pode inviabilizar o empreendimento e, portanto, deve ser evitada sempre que possível.

Figura 90 - Diferenças entre o comportamento de uma estrutura em concreto armado e uma em alvenaria estrutural, quando submetidas a ações horizontais.



A figura 91 mostra, como exemplo, os valores dos esforços para a parede destacada, no 1º pavimento do edifício mostrado em corte (figura 90) e em planta. A ordem de grandeza dos esforços normais devidos às cargas verticais (N) e horizontais (F) pode ser verificada. Os esforços totais atuantes nas paredes (R) são obtidos da soma dos anteriores. Eles se apresentam usualmente de forma trapezoidal, em que a menor tensão nunca deve ser menor que zero (ausência de esforços de tração), e a maior será a determinante para o dimensionamento da parede. Todos as tensões mostradas estão em MPa e são de serviço.

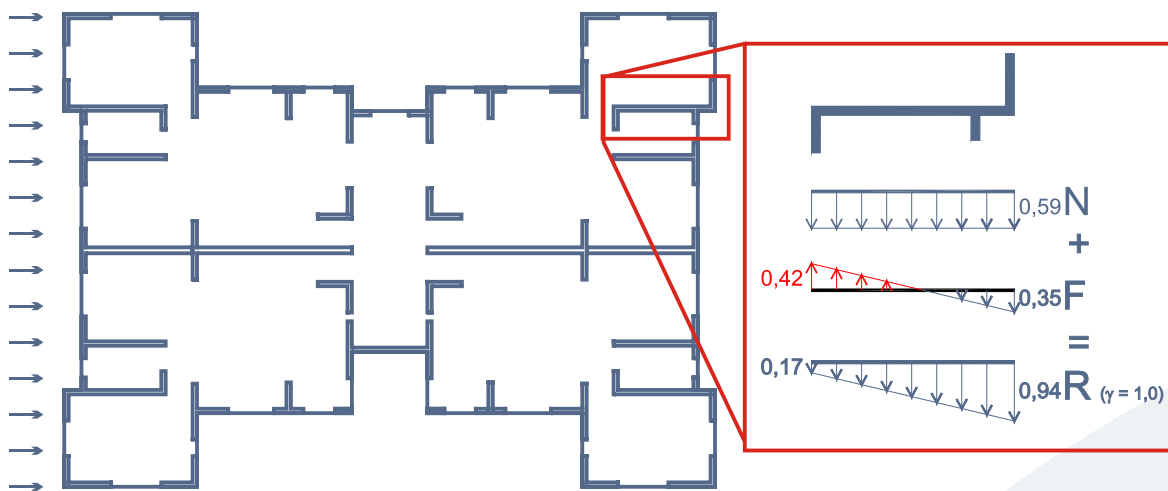


Figura 91 - Exemplo de magnitude de esforços em uma parede do edifício (compressão, flexão e resultante).

Embora não integre o objetivo específico deste curso, pode-se destacar que a transformação de determinado momento fletor resistido pela parede em tensões normais é efetuada segundo a fórmula clássica da Mecânica dos Sólidos, a saber,  $\sigma = M.y/I$ , onde  $\sigma$  representa a distância das fibras em relação à linha neutra, e  $I$ , o momento de inércia da seção. O momento  $M$  será distribuído proporcionalmente à rigidez de cada parede. No caso de alvenaria estrutural, pode-se adotar, simplificada, o momento de inércia das seções transversais das paredes como fator de ponderação. Isso remete a uma dúvida muito comum para este tipo de sistema, isto é, à que trata da maneira pela qual as inércias serão consideradas.

A princípio, todas as paredes estruturais resistem ao vento, que pode incidir em qualquer direção. O procedimento de cálculo, no entanto, considera os casos mais críticos, ou seja, o vento aplicado perpendicularmente às fachadas do edifício. Assim, pode-se considerar o esforço atuando separadamente nas direções ortogonais X e Y, onde somente as paredes paralelas a cada direção serão consideradas no cálculo. Isto já foi visto acima, mas é lembrado pela figura 92, em que somente as paredes paralelas ao vento foram consideradas como resistentes. Cabe aqui salientar que a maioria das paredes têm flanges, conforme se verá abaixo, e que algumas não os têm, devido a juntas construtivas inseridas por determinação do cálculo estrutural.

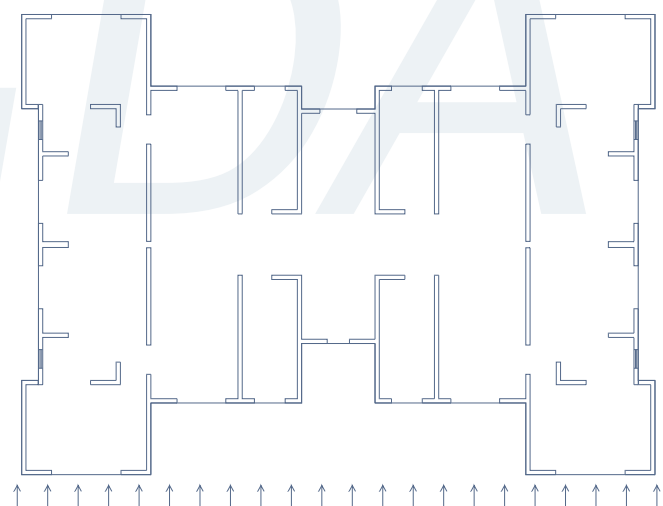


Figura 92 - Paredes resistentes ao vento incidindo na direção Y.

Embora o senso comum aponte para a consideração das paredes dispostas perpendicularmente ao sentido de atuação do vento, é fácil perceber que a inércia destas paredes à flexão em torno de seu plano será muito pequena. Lembre-se que a dimensão mais importante da parede é aquela que se mede na direção do vento, pois esta dimensão é elevada ao cubo na expressão de cálculo do momento de inércia de sua seção ( $b \cdot h^3/12$ ). Assim, a desconsideração dessas paredes altera em pouco o resultado final do cálculo, estando ligeiramente a favor da segurança e simplificando em muito o trabalho.

Outro ponto importante a ser destacado é a consideração de flanges nas paredes estruturais, atuando como elementos enrijecedores. Esta prática é prevista nas normas de dimensionamento e incrementa muito a estabilidade do prédio, na medida em que contribui para aumentar significativamente sua rigidez. Na figura 91, por exemplo, mostra-se que a parede destacada possui flanges em suas extremidades, enrijecendo-a e habilitando-a a resistir a esforços mais elevados de flexão. A dimensão adotada para cada flange é prevista nas normas, devendo os projetistas obedecer sempre a essa prescrição.

#### **4.5.2 - Hipótese do diafragma rígido**

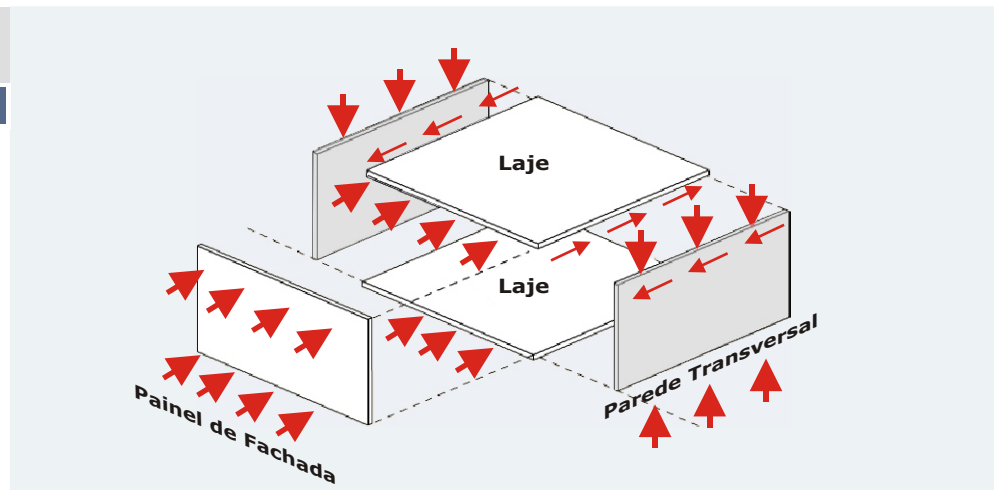
Como se ponderou acima, a distribuição dos esforços de vento será feita entre todas as paredes, proporcionalmente aos respectivos momentos de inércia. Isto só será possível, no entanto, se a hipótese de cálculo que considera as lajes como diafragmas rígidos for satisfeita.

Até o final do século XIX, considerava-se que apenas paredes de fachada resistiriam aos esforços de vento incidentes na edificação. Essa idéia seria verdadeira se a laje e deformasse no seu plano quando sob a atuação do vento. No caso de lajes usuais de concreto armado, no entanto, bastam algumas condições para que a rigidez no plano possa ser considerada infinita, sem que isto represente um erro conceitual significativo. Assim, tomando a laje como virtualmente indeformável, pode-se assumir que a mesma tem capacidade de transferir a todas as paredes a ela conectadas a mesma deformação. Este comportamento confirmaria a hipótese de distribuição dos esforços proporcional às rigidezes das paredes.

Para que as lajes funcionem como diafragma rígido e, com isso, assegurem bom desempenho do prédio frente às ações horizontais, o projeto estrutural deve detalhá-las de tal forma que tenham continuidade em todo o plano, pequenas flechas e poucas fissuras. Isso se obtém, mesmo adotando as espessuras usuais de lajes de concreto armado. Em edifícios com mais de quatro pavimentos, é particularmente importante que sejam utilizadas lajes maciças, já que as lajes nervuradas podem apresentar deficiência na distribuição dos esforços perpendiculares às nervuras.



Figura 93 - Esquema de funcionamento da estrutura para resistir ao vento.



Nas análises de projetos, basta exigir que o projetista considere sempre os esforços de vento, em caso de uso da BS 5628 para projetar. Se utilizou a Norma Brasileira, esta exigência é necessária para prédios de 5 pavimentos ou mais. Infelizmente, no entanto, esta verificação não é muito simples, a menos que se peça a apresentação de memória de cálculo. Contudo, pode-se utilizar como regra geral para essa verificação as seguintes observações: deve-se dispensar especial cuidado ao fato de um edifício apresentar poucas paredes estruturais em uma determinada direção, ao fato de uma das dimensões ser muito maior que a outra ou, ainda, ao fato de, em prédios altos, não se utilizar graute ou ao fato de o projeto especificar baixas resistências de blocos, argamassa ou prismas. Também neste caso não há parâmetros muito bem definidos, uma vez que cada caso terá suas particularidades. Para verificações rápidas, a experiência do analista é muito importante. Em prédios de até 4 pavimentos com vãos de laje de aproximadamente 3 m, o uso de blocos de 4,5 a 6 MPa geralmente é adequado. Nos casos em que são extrapolados esses limites, no entanto, há necessidade de usar blocos mais resistentes. Alguns projetistas usam, como regra, aumentar a resistência dos blocos em 1 MPa por pavimento. Essa relação não tem base científica e tecnológica. Especialmente em prédios altos, caso seja detectado o uso dessa relação, existe a forte probabilidade de que o projetista estrutural não esteja considerando o esforço de vento. Cabe, então, solicitar informações complementares.

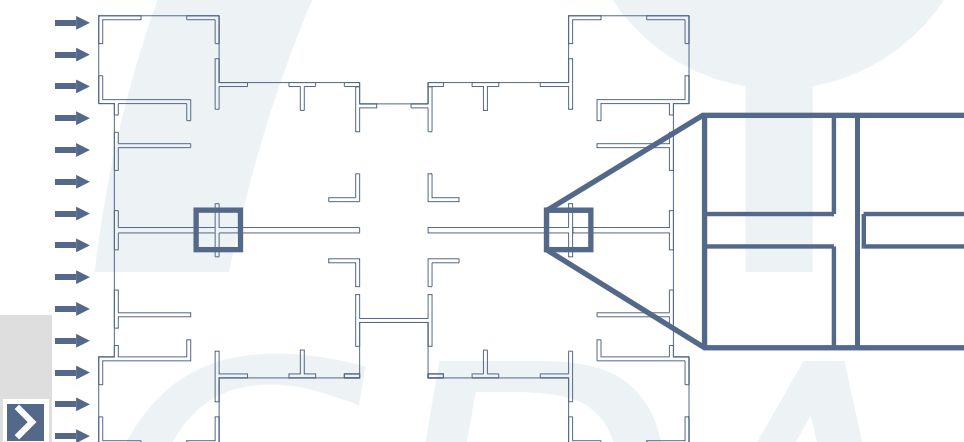
### 6.5.3 - Juntas de construção e movimentação

Entre as indicações da qualidade de um projeto em alvenaria estrutural estão a amarração das paredes nas intersecções e o ajuste perfeito dos blocos no pano das paredes. No entanto, em alguns casos, essa continuidade pode ocasionar patologias, que podem ser evitadas pela inserção de juntas. Estas podem ser juntas de controles de construção ou, principalmente, juntas de movimento e dilatação.

Eis as situações em que devem ser adotadas juntas:

1. A cada 20 m, em planta, dos edifícios, possibilitando as movimentações térmicas e de variação de umidade sem a ocorrência de fissuração nas paredes, a exemplo das juntas de dilatação dos demais sistemas construtivos;
2. No encontro de paredes com grande diferença de tensões - como no caso do encontro de uma parede estrutural com uma de vedação, para que sejam evitadas as trincas relacionadas à transferência de cargas da parede estrutural para a de vedação;
3. No encontro de paredes com alturas ou espessuras diferentes, em chanfros, cortes ou mudanças de direção, também evitando trincas por movimentações diferenciadas;
4. Como limitadores de rigidez de paredes de contraventamento, buscando homogeneizar ao máximo a distribuição de ações horizontais. Este caso pode ser observado, por exemplo, na figura 94, em que uma junta foi inserida na parede central, com comprimento original de total de cerca de 9 m. A junta foi inserida para que o comprimento desta parede se aproximasse do comprimento das demais paredes de mesma direção, todas variando em torno de 3 m. A manutenção dessa diferença faria com que a maior parte do esforço devido ao vento fosse resistido pela parede de 9 m, uma vez que sua rigidez à flexão seria  $(9^3/3^3 = 729/27)$  27 vezes maior do que a de uma parede de 3 m. Essa diferença traz inúmeros prejuízos ao dimensionamento, inclusive "mascarando" seus resultados, devendo, portanto, ser evitada.

Figura 94 - Exemplo de localização de junta construtiva.

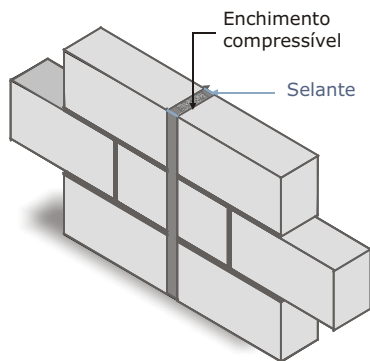


Uma característica comum a todos os tipos de juntas é que, para que elas tenham eficiência, o material com que serão preenchidas deve ser bastante deformável, e o acabamento deve ser feito com material elástico que tenha bom acabamento ou que permita a pintura com o mesmo tipo de tinta utilizado no restante das paredes. As juntas deverão ainda ser contínuas ao longo de toda a altura das paredes, podendo ter uma pequena quantidade de armadura de ligação entre uma e outra peça.

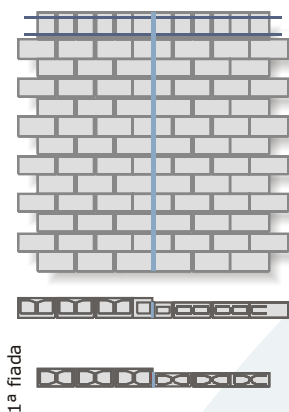
Ainda tratando de juntas de movimentação, lembra-se a necessidade de separar as lajes de cobertura e as paredes que lhes

servem de apoio. Essas juntas são de extrema importância. Sua previsão deve ser verificada em todos projetos de edifícios no sistema. Somente poderão ser dispensadas se houver a proposição de adotar eficientes medidas de isolamento térmico.

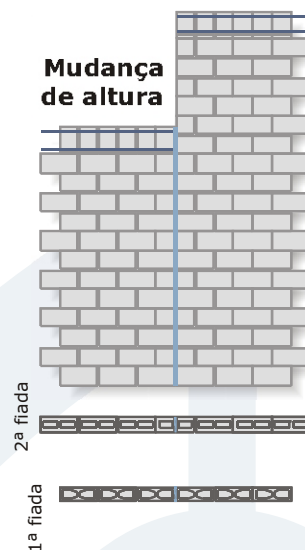
Figura 95 - Detalhes de juntas construtivas



### Mudança de espessura



### Mudança de altura



## 6.6 - A definição dos Elementos de Projeto

Todas as considerações e exigências do projetista devem ser claramente destacadas no projeto estrutural. Geralmente, numa folha introdutória do projeto ou no rosto da paginação, é detalhada a legenda com todos os tipos de blocos utilizados na obra, definindo-os em geometria e em resistência.

O projeto deverá conter, para cada pavimento, a resistência dos blocos a serem utilizados, bem como os traços de argamassa e graute especificados pelo projetista. A Norma Brasileira determina que sejam fixadas as resistências dos prismas a serem obtidas na obra. Esta especificação, se, de um lado dá maior liberdade ao executor, de outro, incumbe-o de maior responsabilidade. No caso de a resistência de prisma ser especificada, o construtor deverá, preliminarmente, efetuar testes com os blocos e com a argamassa que pretende utilizar, para assegurar-se de que esta será atingida.

É, ainda, de extrema importância salientar que um esquema demonstre quais são as paredes que devem ser grauteadas em cada pavimento, de tal forma que oriente a execução do projeto com segurança. A figura 96 mostra um exemplo de determinação de materiais para um edifício, cujas paredes hachuradas em vermelho deverão ser grauteadas.

RESUMO DE MATERIAIS		
Blocos: fbk variável por pavto.		
Argamassa: tipo iii (1:1:5)		
Graute: 1:3:2 (ci:ar:pe)		
Prismas: fp variável por pavto.		
fp' refere-se ao prisma sem graute		
fp'' refere-se ao prisma grauteado		
<b>4º pavto.</b> fbk = 6,0 MPa fp' = 3,54 MPa fp'' = 4,87 MPa	<b>5º pavto.</b> fbk = 6,0 MPa fp' = 4,01 MPa fp'' = 4,01 MPa	<b>6º pavto.</b> fbk = 6,0 MPa fp' = 3,27 MPa fp'' = 3,27 MPa
<b>1º pavto.</b> fbk = 9,0 MPa fp' = 5,42 MPa fp'' = 7,36 MPa	<b>2º pavto.</b> fbk = 6,0 MPa fp' = 4,60 MPa fp'' = 6,54 MPa	<b>3º pavto.</b> fbk = 6,0 MPa fp' = 3,74 MPa fp'' = 5,71 MPa

Figura 96 - Detalhamento geral do projeto na folha de rosto das paginações.

## 6.7 - Definição da Juntas de Assentamento

Embora a questão das juntas de assentamento seja de fácil definição, existem algumas correntes divergentes a este respeito no Brasil. Para projetos que contam com a participação da CAIXA, devem ser observados os itens seguintes:

### 6.7.1 - Juntas horizontais

O assentamento dos blocos deverá ser feito com juntas de espessura igual a 10 mm, completamente preenchidas (espalhadas nas paredes laterais e nos septos dos blocos). Numerosos ensaios já determinaram que há redução da capacidade estrutural, tanto para paredes com preenchimento incompleto de argamassa sobre os blocos, quanto para paredes com espessuras variáveis de juntas.

Pode-se afirmar que a resistência à compressão das alvenarias varia em sentido inverso ao da variação da espessura das juntas de assentamento. No entanto, não se pode usar essa premissa para especificar juntas menores de 10 mm. Deve-se ter em mente que as juntas têm a função de absorver as deformações e permitir correções de geometria dos blocos, razão pela qual a espessura considerada ideal é 10 mm.

Embora essas recomendações possam parecer óbvias, a falta de definição clara e rigorosa no projeto estrutural possibilita a ocorrência de problemas, como os mostrados nas figuras 97 e 98. Por essa razão, na análise de empreendimentos, deve-se observar se a espessura da junta está especificada no projeto.



Figura 97 - Exemplo de mau uso de juntas horizontais e verticais, com espessuras muito variáveis



Figura 98 - Junta horizontal preenchida apenas parcialmente e com espessura variável



### 6.7.2 - Juntas verticais

As juntas verticais podem ser totalmente preenchidas, ou, com a concordância do projetista, ser preenchidas apenas com dois filetes nas extremidades laterais dos blocos, conforme a figura 99. A espessura deve ser de 10 mm.

Esta observação torna-se particularmente importante se for considerado que muitos projetistas, no intuito de facilitarem o processo executivo dos edifícios, definem a elevação das paredes utilizando a chamada "junta seca". Esta é formada pela simples justaposição dos blocos, sem qualquer argamassa de ligação, como se percebe na figura 100. Embora muitos profissionais argumentem que essa prática não é prejudicial ao desempenho da estrutura, estudos recentes comprovam que esse procedimento reduz significativamente as resistências ao cisalhamento e à flexão das paredes, bem como diminui o módulo de elasticidade e a resistência à compressão.

Figura 99 Preenchimento apenas parcial da junta vertical com argamassa



Figura 100 Parede executada com "junta seca".

Outro inconveniente das juntas secas é o aumento da possibilidade de infiltração d'água, uma vez que, após a passagem da umidade pela camada de reboco externo, a mesma encontra uma zona livre para percolar ou, mesmo, para permanecer estocada, o que ocasiona problemas posteriores de mofo e outros inconvenientes.

## 6.8 - Utilização de teorias consistentes para o dimensionamento

Muitas vezes alguns projetos apresentam detalhes que suscitam algumas dúvidas sobre a qualidade dos mesmos. Este fato pode ocorrer quando, por exemplo, o projetista resolve utilizar duas ou mais normas de dimensionamento em conjunto. Tal procedimento não deve ser aceito, uma vez que a concepção de uma norma considera a interação entre muitos aspectos e que ela resulta de grande número de estudos e experiências.

Assim, a idéia de utilizar, de cada norma, seus itens mais liberais, buscando, com isso, economia no projeto, é absolutamente incorreta. Cada norma é redigida de tal forma que ela integra seus diferentes itens. Assim, certas concessões são compensadas por outros dispositivos, que, em conjunto, garantem a eficácia do sistema. Naturalmente, exceções devem ser abertas para os casos em que uma norma omite algum assunto ou remete a outras normas para complementá-la, como é o caso da Norma Brasileira, que define o código britânico como complemento a suas prescrições.

Outro caso comum é a utilização da teoria do "efeito arco" para o dimensionamento de estruturas de fundações ou transição. Esse efeito baseia-se na atuação conjunta das vigas de suporte e das paredes de alvenaria, permitindo o projeto de elementos de concreto armado mais esbeltos à flexão. A teoria de cálculo, no entanto,

mostra que, para o funcionamento do sistema, é necessária a existência de um tirante na viga ou de um contrafortes que absorvam o empuxo nas laterais da parede. Ocorre ainda a migração de tensões para as regiões da parede que têm maior rigidez (que estão mais próximas aos apoios), o que obriga a fazer uma verificação especial da alvenaria daquela região à compressão. Tudo isso ainda é acompanhado por uma provável fissuração da alvenaria, em forma de arco. Muitos projetistas, no entanto, somente aproveitam os efeitos benéficos do fenômeno, não se preocupando em verificar os demais dispositivos. A figura 101 mostra um esquema de transmissão do efeito arco.

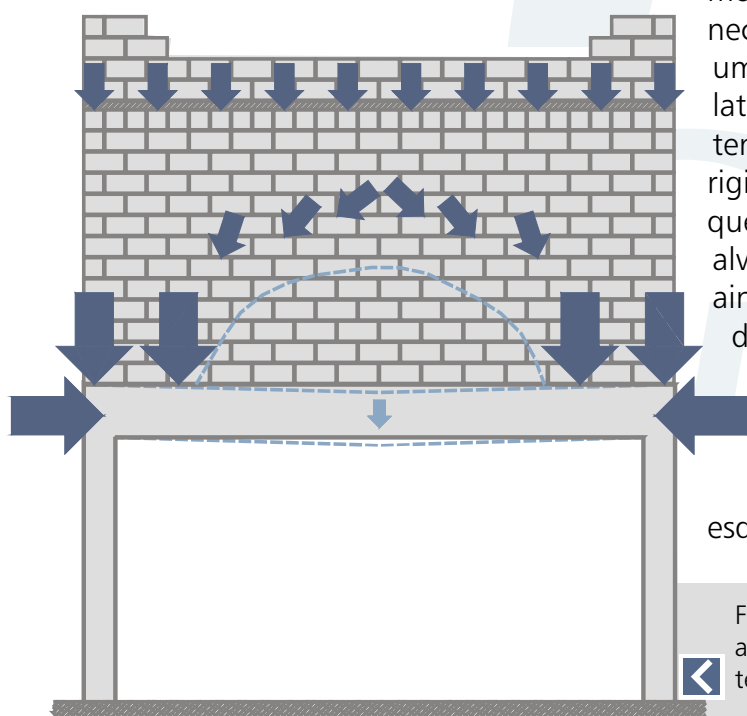


Figura 101 - O efeito arco altera a configuração de tensões na parede.



Da mesma maneira, há casos de enganos no projeto das estruturas complementares, como as fundações. Considerando-se que as cargas provenientes das alvenarias são distribuídas linearmente, nada é mais natural do que se tentar transferi-las ao solo por meio de elementos de fundação também lineares (as sapatas corridas). A fundação, no entanto, deve ser efetuada respeitando as normas específicas, sem recorrer a simplificações que comprometam seu resultado. Bons resultados são obtidos quando o solo tiver boa capacidade de suporte, os elementos de fundação assentem em profundidades adequadas e o dimensionamento siga uma das muitas teorias consagradas. No caso específico das sapatas corridas, atenção especial deve ser dada às regiões de aberturas ou paredes de vedação, onde fenômenos de distribuição de cargas ou o surgimento de empuxos ao vazio podem ocasionar fissuras.

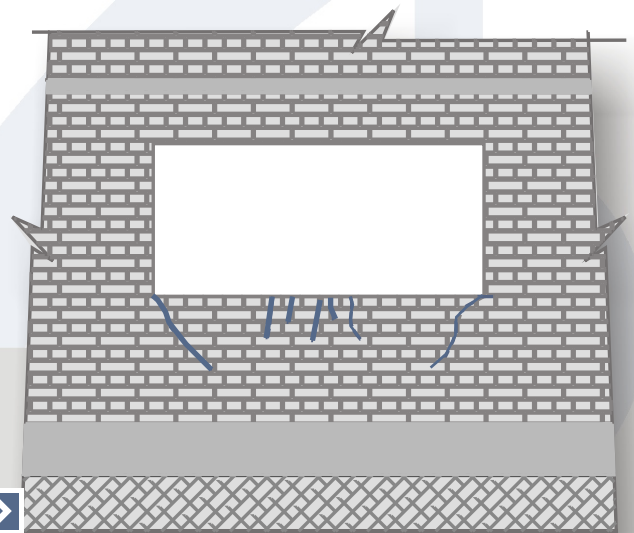


Figura 102 - A adoção de sapatas corridas, embora recomendada, pode ocasionar fissuras se for mal empregada.

## 6.9 - Determinação do plano tecnológico de produção

O parâmetro mais importante a ser determinado no cálculo estrutural é a resistência à compressão da alvenaria. Esta compressão é obtida a partir da resistência do prisma, constituído por dois ou três blocos superpostos, assentados com a mesma argamassa a ser utilizada na obra. A especificação pode ser feita, também, com base na resistência do bloco e da argamassa, utilizando-se correlações experimentais que determinam a resistência do prisma.

De qualquer forma, como já se sabe, a resistência da alvenaria não é a do bloco, mas é uma função do bloco, da argamassa e das condições de assentamento, entre as quais a mão-de-obra, espessuras de juntas, umidade, índices de absorção inicial dos blocos e mais uma infinidade de fatores. Sendo assim, o valor considerado no dimensionamento estrutural pode, muitas vezes, não ser alcançado em obra por conta de um ou de vários desses fatores.

Buscando dotar o empreendimento de maiores condições de segurança, reduzindo as incertezas inerentes à construção, o projeto estrutural já deve prever como será feito o controle tecnológico da obra. Boas orientações para tanto são dadas pela NBR 8798 - Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - que determina, especificamente, que argamassas, grautes e prismas devem ser verificados a cada semana de produção: um pavimento; 200 m<sup>2</sup> de área construída; ou 500 m<sup>2</sup> de parede.

Naturalmente, a confecção de corpos-de-prova deverá ser feita sempre para a menor das quantidades listadas, devendo-se confeccionar no mínimo seis exemplares por lote. Perceba-se que o controle tecnológico não prevê nenhum ensaio especial em obras correntes, mas apenas ensaios de compressão simples em corpos-de-prova, como ocorre nas obras de concreto armado, por exemplo. Também o custo do controle é reduzido se forem considerados os benefícios.

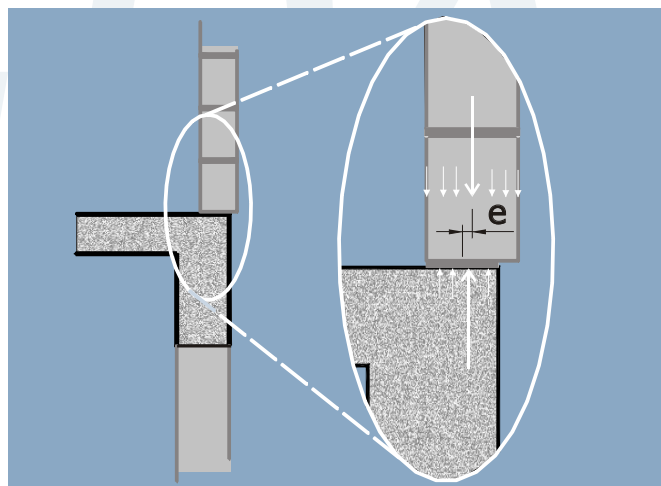
### Coeficientes parciais de segurança para resistência do material

Tabela 23 - Coeficientes parciais de segurança em função dos controles de qualidade adotados na fabricação dos blocos e na execução do prédio.

		Controle de construção	
		Especial	Normal
Controle de fabricação das unidades estruturais	Especial	2,5	3,1
	Normal	2,8	3,5

Por integrar este tópico, deve-se citar o fato corriqueiro das excentricidades e de outros problemas construtivos desconsiderados pelos projetistas estruturais. A norma inglesa prevê tanto excentricidades acidentais e iniciais, enquanto que a norma nacional considera as cargas atuando axialmente às paredes. Ao projetista estrutural, por conhecer os clientes para quem projeta, é sempre interessante inserir ou, mesmo, majorar as excentricidades acidentais no projeto, para que não ocorra minoração do coeficiente de segurança, fruto de falhas construtivas como a mostrada na figura 103.

Figuras 103 Excentricidade acidental devido à má execução dos pilotis



Note-se que um erro de locação das formas dos pilotis, que ficou menor do que deveria, determinou excentricidade que não havia sido considerada no projeto. Esse fato, aliado à quebra indiscriminada de blocos, como para o caso de passagem de um duto no caso da figura 103, fez com que a capacidade resistente da parede fosse comprometida.

## **6.11 - Projetos Complementares**

Além dos projetos arquitetônico e estrutural, deve ser dedicada atenção a alguns detalhes dos projetos elétrico, hidráulico e sanitário. De antemão, pode-se dizer que estas etapas são as mais simples, devendo-se apenas observar algumas premissas de encaminhamento de dutos, de forma que estes estejam de acordo com as normas e não causem enfraquecimento na alvenaria.

### **6.11.1 - Projeto elétrico, telefônico, internet e similares**

A disposição dos eletrodutos nas áreas comuns por onde passam os canos de maiores diâmetros destinados às alimentações das unidades, aterramentos, telefônico, TV a cabo, internet e outros do gênero, é feita geralmente em um shaft ou em uma parede de vedação, geralmente existente na circulação, especialmente destinada a este fim.

Dentro dos apartamentos, os eletrodutos devem ser dispostos horizontalmente nas lajes ou nas fiadas de respaldo. Verticalmente podem ser aproveitados os vazios dos blocos para o posicionamento deles, de forma que a parede não precise ser rasgada para a inserção dos mesmos. As caixas de tomadas ou interruptores devem ser posicionadas de tal forma que coincidam com blocos já preparados para isso, serrados a disco.

Importa muito observar que devem ser evitados trechos horizontais de eletrodutos embutidos nas alvenarias estruturais. Esse procedimento levaria à necessidade de corte nos blocos, com conseqüente diminuição da resistência estrutural das paredes. Esta recomendação pode ser desconsiderada no caso de trechos muito pequenos em determinadas paredes, desde que o projetista da estrutura tenha ciência e concorde com o fato.

### 6.11.2 - Projetos hidráulico, sanitário e de gás

No caso de dutos hidráulicos, a possibilidade de rompimento por movimentações térmicas ou estruturais, fadiga ou qualquer outra causa, e a conseqüente necessidade de quebrar a parede para conserto de vazamento, faz com que a NBR 10837 proíba a sua instalação deles dentro de paredes estruturais. Dessa forma, os detalhes de shafts desenvolvidos no projeto arquitetônico devem ser seguidos. A tubulação deve passar pelo interior destes nos trechos verticais e sob ou sobre a laje nos trechos horizontais.

O seguimento destas recomendações é extremamente fácil para os projetistas e facilita muito a execução das redes. As peças podem ser moduladas. Esse procedimento favorece tanto a montagem quanto a manutenção. Pode-se ver na figura 104 casos opostos, nos quais se verifica que um projeto de qualidade se reflete em construção de qualidade, com vantagens para o construtor e para os clientes.

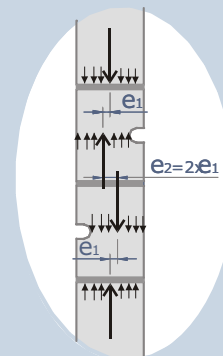


Figuras 104 - Exemplos de tubulações executadas segundo um projeto que respeita e outro que desrespeita as premissas apresentadas.

Trechos horizontais embutidos em paredes, além de serem proibidos pela Norma Brasileira, trazem um sério inconveniente estrutural. Na melhor das hipóteses, são utilizados blocos especiais para a passagem da tubulação, como mostra a figura 105. Ocorre, no entanto, que a forma deste bloco induz na parede uma excentricidade adicional, que muitas vezes não é considerada no dimensionamento estrutural. No caso em questão, o problema é agravado por se tratar de uma parede de cozinha e de área de serviço que divide dois apartamentos. Neste caso, o problema é ampliado pela passagem de dutos horizontais nos dois lados da parede, como mostra o esquema da figura. A seção resistente da parede é drasticamente reduzida.



Figuras 105 - Exemplo de duto projetado erroneamente, que passa horizontalmente em parede estrutural.



Todos os projetos complementares devem ser elaborados com base na paginação detalhada pelo estrutural. Este procedimento garantirá um projeto integrado que fornecerá todos os subsídios para uma execução correta. Além disso, possibilitará que os operários passem a ser "montadores de alvenaria", na medida em que seguirão instruções claras, sem necessidade de tomarem decisões na obra.

### 6.12 - Cronograma físico-financeiro

Documento de importância fundamental na análise de projetos, o cronograma físico-financeiro pode esconder alguns problemas de projeto, conforme descrito abaixo.

O primeiro deles está relacionado com a velocidade de execução. Embora a alvenaria estrutural possa ser executada mais rapidamente que o concreto armado, é grande a incidência de patologias em obras executadas em ritmo muito acelerado. Além da necessidade de assentamento gradual das paredes, respeitando-se o máximo de seis ou sete fiadas de altura por dia, existe a questão da cura das mesmas. A execução dos serviços de forma e armação das lajes, bem como a carga imposta às paredes por ocasião da concretagem, fazem com que a execução de um pavimento não deva ser permitida em espaços de tempo menor do que duas semanas.

No caso de períodos chuvosos a questão é agravada. Os índices de absorção dos blocos de concreto usualmente encontrados no mercado fazem com que o assentamento sob tempo chuvoso leve ao surgimento de patologias devidas à retração dos blocos e produza desnivelamento e desaprumo. Em hipótese nenhuma deve ser permitido o assentamento em condições de chuva ou com blocos ainda molhados. O descumprimento dessa regra tem, invariavelmente, causado problemas. Como a ocorrência de chuvas é freqüente na maioria das regiões do Brasil, o cronograma deve prever folga na atividade de assentamento, de maneira que o construtor não se sinta pressionado a priorizar a produção em detrimento da técnica.

Além disso, também a ordem de execução dos serviços deve ser verificada. Como a alvenaria estrutural de blocos de concreto deve ser mantida seca, então a execução do telhado deve ser programada para tão cedo quanto possível. Da mesma forma, a etapa de revestimentos deve ter certa folga, para assegurar que as paredes estejam secas quando do desenvolvimento desta atividade. O reboco externo deverá ser sempre executado antes do reboco interno.

Do ponto de vista financeiro, naturalmente, deve-se perseguir o ideal de baixar o custo final ao cliente, repassando a ele parte das vantagens conseguidas pelo construtor.



GDA



## Execução de obras em alvenaria estrutural

### 7.1 - Introdução

Após o estudo dos procedimentos de análise de projetos em alvenaria estrutural, deve-se atentar para os cuidados necessários na execução das obras. Sabe-se que a qualidade da obra depende da forma de execução e que, por conseguinte, de nada adiantará um projeto apurado e correto se a mão-de-obra não fosse suficientemente qualificada para executá-lo.

Assim sendo, da mesma forma que na análise de projetos, os técnicos da CAIXA devem preocupar-se com a capacidade de execução de obras da empresa antes mesmo do início da obra. O emprego de materiais, ferramentas e recursos humanos adequados é condição essencial para o prosseguimento das operações. A execução do controle tecnológico planejado anteriormente validará o processo, garantindo a adequação das ações adotadas e a qualidade da obra.

Nos últimos 30 anos, a alvenaria estrutural apresentou maiores e mais visíveis avanços do que qualquer outra forma de estrutura utilizada na construção civil, avanços que resultaram de longos trabalhos de pesquisa, da evolução na qualidade dos materiais empregados e da própria imaginação dos projetistas.

Muito desse avanço está relacionado com os procedimentos de construção e com as ferramentas utilizadas na elevação das paredes.

Neste capítulo serão mostrados os equipamentos mais comuns para alvenaria estrutural, os procedimentos corretos de execução e alguns erros comumente cometidos em diversas obras.

### 7.2 - Ferramentas

Para que os serviços sejam desenvolvidos com qualidade, é fundamental oferecer aos profissionais condições mínimas de trabalho. Nesse sentido, a utilização de ferramentas adequadas pode auxiliar em melhor desempenho da equipe de trabalho, tanto para obter melhor qualidade final do produto, quanto para aumentar a produtividade durante sua realização.

As principais ferramentas utilizadas na alvenaria estrutural serão descritas a seguir. Muitas delas não são de uso exclusivo deste sistema construtivo, porém auxiliam na organização do canteiro ou na implementação da produtividade das equipes.

## Escantilhão metálico

Trata-se de uma peça metálica utilizada para auxiliar o pedreiro no assentamento da alvenaria. Esta ferramenta proporciona ao assentador da alvenaria condições de manter as paredes no prumo, alinhadas e com as fiadas niveladas.

É fixado após a execução da primeira fiada de blocos. Constitui-se de haste metálica, base para fixação e braços articulados para regulagem. A haste metálica vem fixada sobre a base. Nela deverão estar marcadas, através de pequenos cortes a cada 20cm, os níveis das fiadas. Na base deverão constar furos para fixação da haste no piso, com a utilização de parafusos ou de pregos de aço. Os braços são articulados e telescópicos; deverão ser dotados de pequenas bases metálicas, destinadas a fixá-los ao piso através de parafusos ou pregos de aço; eles têm a função de auxiliar no aprumo da haste. Para fixação das bases (haste e braços), poderá ser utilizada também argamassa de assentamento.

O escantilhão deve ser assentado nos encontros de paredes, principalmente nos cantos de pavimento.

O escantilhão deve ser metálico. Algumas empresas, imaginando fazer economia, adotam escantilhão de madeira. Este tipo de escantilhão tem vários inconvenientes. A madeira exposta ao sol e à chuva deteriora rapidamente: com pouco tempo de uso, o escantilhão está empenado. Por efeito de consequência, as vantagens buscadas com o uso do equipamento não poderão ser obtidas.



Figura 105 -  
Escantilhão metálico

## Esticador de linha

Esta ferramenta, fabricada no próprio canteiro de obras, possibilita ao pedreiro fixar a linha de auxílio para a colocação das fiadas de blocos com maior rapidez, dispensando a fixação de pregos nas paredes que estão sendo executadas.



Figura 106 -  
Esticador de linha

## Régua de prumo e de nível

Figura 107 -  
Régua de Prumo e  
de Nível



Esta ferramenta consiste em uma régua (metálica, de PVC ou de alumínio) com bolhas de referência de nível e de prumo dispostas em seu comprimento. Comumente apresenta-se com três bolhas de prumo e com duas de nível. É uma das ferramentas que mais agregam velocidade de execução aos profissionais.

Essas ferramentas, até pouco tempo atrás, eram importadas. Mas atualmente alguns modelos delas já podem ser encontrados no mercado nacional. As dimensões das régua

variam, mas os tamanhos mais adequados são os de 1,80 m ou 1,20 m.

## Nível alemão



Figura 108 -  
Nível alemão

Este equipamento, constituído por um tripé com um reservatório de líquidos e uma mangueira acoplada a uma régua de alumínio com uma escala móvel, possibilita que uma única pessoa proceda à conferência dos níveis de diversos pontos da obra, reduzindo o tempo de serviço e garantindo maior precisão do mesmo.

No momento da utilização do nível, o reservatório deverá ficar destampado, o registro do reservatório deverá

permanecer aberto, e a mangueira deverá estar totalmente sem bolhas de ar no seu interior

## Nível a laser

É equipamento autonivelante, que possibilita a conferência de níveis, esquadros e prumos com maior agilidade e precisão.



Figura 109 -  
Nível a laser





Figura 110  
Argamasseira metálica



## Argamasseira metálica

A argamasseira metálica é utilizada para transporte e manuseio de argamassa durante a realização dos trabalhos. A argamasseira deve ser metálica ou de material não permeável, como o plástico, para que haja redução na perda de água da argamassa por absorção do recipiente. Deve ficar assentada sobre suporte também metálico, cuja finalidade é de segurar o caixote de massa numa altura que facilite o trabalho do pedreiro. Este suporte deverá ter regulagem de alturas, permitindo que, à medida em que a parede for se elevando, também a altura do caixote venha a ser elevada ao nível da cintura do pedreiro. Também o suporte deverá ser executado em estrutura metálica, com quatro pernas reguláveis e rodas giratórias sob cada uma, o que lhe permite o deslocamento sem ser carregado.



Figura 111 - Andaime metálico



## Andaime metálico

O andaime metálico é composto de cavaletes de apoio e de base de sustentação. Com comprimento e altura variável, esta ferramenta garante agilidade de montagem, facilidade de transporte e segurança do profissional durante a elevação de paredes. Outra vantagem é a fácil adaptação a diferentes tamanhos de peças, devido ao fato de ser dobrável.

Além disto, facilita o trabalho dos operários ao executarem serviços de assentamento de blocos acima da 8ª fiada

## Carrinho garfo

Este carrinho é utilizado para transportar blocos. Permite o carregamento de pilhas de até sete elementos, que podem ser movimentados por toda a obra, uma vez que ele não depende de base nivelada e que sua largura é relativamente reduzida.



Figura 112 -  
Carrinho Garfo



## Carrinho porta-paletes



Figura 113 -  
Carrinho Porta Palet

## Bisnaga

A bisnaga é uma ferramenta constituída por um cone produzido em material sintético e por um bico metálico. As bisnagas possibilitam a colocação de argamassa, sobre as paredes dos blocos, com a espessura padronizada. Cada vez que ela é abastecida, é possível distribuir argamassa sobre aproximadamente seis blocos.

A desvantagem do uso da bisnaga está na possibilidade de causar tendinite, devido à repetição do movimento dos braços para ejetar a argamassa. Por esta razão, seu uso tem sido desaconselhado e está diminuindo.



Figura 114 -  
Bisnaga

## Canaletas

Ferramentas de fabricação artesanal, estas peças auxiliam na colocação de argamassa sobre as paredes dos blocos, viabilizando maior produtividade e regularidade na espessura das juntas. A desvantagem é a necessidade de outra ferramenta para o preenchimento dos septos.



Figura 115 - Canaletas



Figura 116 - Palhetas

## Palhetas

Estas peças, desenvolvidas no próprio canteiro de obras, são utilizadas para assentar a argamassa sobre o bloco. Elas aumentam muito a produtividade. Porém a manutenção da espessura das juntas depende da experiência e do cuidado do profissional. Elas apresentam a mesma desvantagem das canaletas.

## Argamassadeira de pavimento

É uma espécie de betoneira pequena, que permite fazer a mistura da argamassa no pavimento em que se estiver trabalhando, no momento de utilização da argamassa, evitando assim redosagens de argamassas, que acontecem naturalmente em obras convencionais.

Figura 117 - Palhetas  
Argamassadeira de  
pavimento



## Ferramentas convencionais

Além das ferramentas descritas acima, devem ser utilizadas as ferramentas tradicionais para a execução de alvenarias. Parte dessas ferramentas é de propriedade dos operários. Outra parte é fornecida pela obra e/ou empreiteiros responsáveis pela execução dos serviços.

Colher de pedreiro;  
Prumo de face;  
Linha de nylon n 100;  
Nível de bolha 30cm;  
Lápis carpinteiro;  
Lápis estaca;  
Brocha (trincha);  
Talhadeira;  
Marreta 1/2" kg;  
Marreta de borracha pequena;  
Trena de aço 3m ou 5m;  
Trena de aço 30m;  
Espátula 2.1/2";  
Vassoura com cabo;  
Enxada com cabo;

Pá de bico com cabo;  
Balde plástico ou metálico  
12 litros;  
Esquadro metálico;  
Máquina de corte manual  
(*makita*);  
Furadeira manual tipo martetele;  
Brocas tipo wídia;  
Discos para makita;  
Tambor metálico 200 litros.  
Extensão: 30m de fio torcido #  
2,5mm<sup>2</sup> para ligar máquinas  
manuais, com *plug de ligação em  
uma ponta e duas tomadas na  
outra ponta*.



## 7.3 - Marcação da alvenaria

### 7.3.1 - Procedimentos preliminares

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 o cuidado possível.

A locação da marcação baseia-se em eixos ortogonais marcados sobre a laje. Cada bloco assentado deverá ter controlado o prumo, o alinhamento e o nivelamento.

Antes do início da marcação e da execução da alvenaria, alguns procedimentos preliminares devem ser verificados, a saber:

- ⊙ Os projetos estruturais e complementares devem estar dispostos na obra, já compatibilizados e com todas as possíveis interferências analisadas e detalhadas.
- ⊙ A programação de entrega dos blocos deve estar definida com o fornecedor.
- ⊙ O local para armazenagem dos blocos deve ser preparado: os blocos não podem ter contato com o solo e, sempre que possível, uma parte do estoque deve permanecer em local coberto.
- ⊙ Deve-se criar uma planilha com a quantidade de blocos por *palets* e com o número de blocos utilizados em cada parede.
- ⊙ Deve-se manter na obra os traços utilizados para graute, argamasa e concreto.
- ⊙ A laje de apoio da fiada de marcação deve estar totalmente pronta e desimpedida.
- ⊙ O esquadro da laje de apoio deve ser verificado, comparando-se as medidas das duas diagonais (quando a diferença entre estas medidas for inferior a 5 mm, o esquadro da laje será aceito).
- ⊙ Os blocos necessários para o início da marcação devem ser dispostos na laje, tomando-se o cuidado para manter livre o eixo das paredes.
- ⊙ Deve-se conferir a posição dos dutos deixados na laje, corrigindo-os se necessário, para eles não prejudiquem posteriormente a adaptação dos blocos.
- ⊙ Deve-se efetuar a limpeza da superfície que receberá a fiada de marcação, a fim de promover a boa aderência entre argamassa e substrato.
- ⊙ Deve-se definir em projeto o posicionamento dos escantilhões.

### 7.3.2 - Marcação da primeira fiada

Uma vez atendidas as exigências preliminares, pode-se proceder à marcação da alvenaria propriamente dita. As etapas sequenciais para a marcação são as seguintes:

1. Utilizando-se nível alemão ou laser, localiza-se o ponto mais alto da laje e, neste ponto, assenta-se um bloco com a menor espessura de argamassa possível. Este bloco servirá de referência de nível para toda a marcação a ser realizada. Caso o desnível da laje seja superior a 3 cm, é necessário proceder à correção dela, com graute, antes do assentamento das paredes.



Figura 118 -  
Laje pronta para a  
marcação da obra



2. Determinado o referencial de nível, inicia-se a marcação da alvenaria pelo assentamento dos blocos dos cantos extremos do pavimento, seguindo-se as medidas do projeto de primeira fiada disponibilizado em obra (figura 119). Efetua-se a conferência do esquadro da marcação, nivelando-se os blocos em função do bloco de referência já definido.

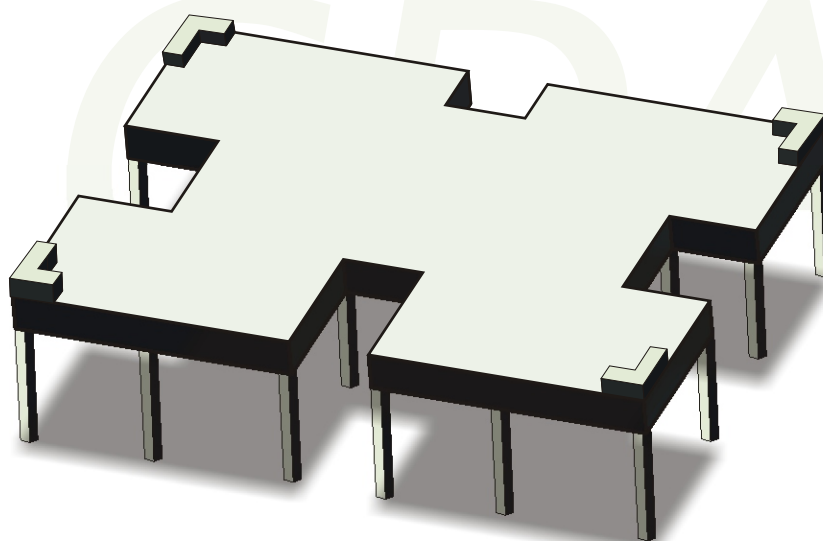


Figura 119 -  
conferência do  
esquadro da marcação



3. Toda a marcação da alvenaria deve ser executada com a utilização de trena metálica. Em obras com mais de um pavimento, a marcação da alvenaria deve ser conferida com a do andar inferior (Figura 121). Com o auxílio de um prumo de face é verificado se a diferença de prumo entre os pavimentos é inferior a 10 mm.



Figura 120 - Conferência de medidas do andar superior com o andar inferior

4. Os blocos dos demais cantos da obra são assentados, caso existam.



5. A partir dos blocos das extremidades, esticam-se as linhas mediante os esticadores de linha e efetua-se o assentamento dos blocos dos encontros de paredes internas. Estes blocos são chamados de *estratégicos* (figuras 122 a 124). Deve-se trabalhar com medidas acumuladas, minimizando os possíveis erros de leitura da trena.

Figura 121 - Blocos estratégicos assentados no andar inferior

Figura 122 - Blocos estratégicos assentados



Figura 123 Blocos estratégicos de cruzamento de paredes



Figura 124 - Blocos estratégicos de canto de paredes





6. Com o auxílio das linhas já esticadas, procede-se ao fechamento das fiadas de marcação, executando-se primeiramente as paredes externas da obra.



Figura 125 -  
Assentamento da primeira fiada

7. Concluído o assentamento de toda a primeira fiada do pavimento, faz-se a colocação dos escantilhões metálicos (Figura 126). A fixação destes, deve possibilitar que a marca de posicionamento de nível da primeira fiada coincida com o nível da aresta superior do bloco assentado. Caso o escantilhão possua haste graduada móvel, essa recomendação deixa de existir e a passa-se à operação seguinte. O escantilhão deve ser apurado usando a régua para apurar e nivelar. Caso o escantilhão possua haste graduada móvel, esta deve ser posicionada fazendo-a coincidir com o nível da primeira fiada.

Figura 126 -  
Colocação do escantilhão



Figura 127 -  
Marcação da obra pronta com os  
escantilhões colocados



Cabe salientar que a argamassa de assentamento dos blocos da primeira fiada deve ser constituída apenas de cimento e de areia e que sua dosagem deve atender às resistências previstas no projeto estrutural ou superá-las. Nessa etapa, o assentamento dos blocos deve ser efetuado mediante o preenchimento, com argamassa, de toda a espessura da alvenaria, não se limitando apenas à espessura das paredes dos blocos. Nos pontos previstos para fixação de barras de aço e graute, o procedimento descrito não será seguido, possibilitando que o graute tenha contato com a laje. Todos os ajustes necessários para o fechamento da modulação da alvenaria devem ser definidos em projeto, nas paginações, e devem ser seguidos na etapa de marcação. Desse modo, alguns recursos podem ser utilizados para o enquadramento da obra. Entre esses, os mais praticados são a utilização de bolachas e a variação da espessura das juntas verticais.

Figura 128 -  
Ajuste de modulação com colocação de bolacha  
no canto da parede



Para garantir uma alvenaria bem executada e possibilitar a avaliação dos trabalhos durante todas as etapas da obra, sugere-se que os índices de tolerância para marcação abaixo sejam observados:

<b>Tolerâncias no serviço de marcação</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Conferir</b>	<b>Tolerância</b>
<b>Blocos assentados nos quatro cantos do pavimento</b>	<b>Prumo Nível Diagonais</b>	<b>2,0 mm 2,0 mm 10,0 mm</b>
<b>Marcação das</b>	<b>Prumo Nível Alinhamento Medidas</b>	<b>2,0 mm 2,0 mm 1,0 mm/m 1,0 mm/m</b>
<b>Colocação dos escantilhões</b>	<b>Prumo</b>	<b>3,0 mm 1,0 mm</b>

Tabela - 24 Tolerância no serviço de marcação

## 7.4 - Elevação da Alvenaria

Esta etapa inicia-se com o assentamento da segunda fiada e prossegue até o respaldo da parede. O assentamento da alvenaria deve ser executado conforme os projetos de elevação de cada parede. Estes devem estar à disposição dos pedreiros e possuir tamanho exato A4 para facilitar seu manuseio.

As informações dos serviços que serão executados simultaneamente com o serviço de alvenaria são indicados no desenho das elevações das paredes, ou seja:

- ⊙ como os blocos serão assentados;
- ⊙ as instalações;
- ⊙ as armaduras e o graute.

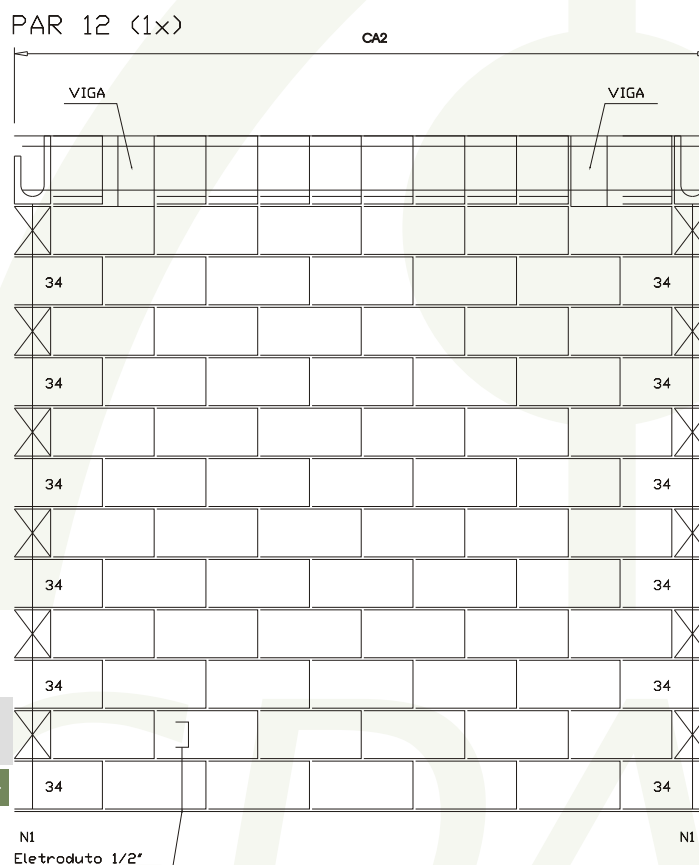


Figura 129 - Exemplo de planta de elevação de alvenaria

Durante a elevação executam-se os vãos das esquadrias das janelas, assim como o embutimento dos eletrodutos das instalações elétricas, telefônicas, os pontos de água e esgoto e os detalhes estruturais (armações e concretagens). Todos esses detalhes devem estar presentes nas plantas de paginação das paredes, que devem estar disponíveis para a equipe de produção no respectivo andar.



Os blocos a serem utilizados no assentamento devem ser íntegros, secos e limpos. Se não atenderem a essas condições, não serão adequados para alvenaria estrutural.

Os filetes de argamassa para as juntas horizontais de assentamento devem possuir, quando aplicados, aproximadamente 1,5 cm. Desta forma a junta de assentamento final do bloco apresentará a espessura desejada de 1,0 cm.

Para que os equipamentos se desempenhem a contento, é necessário que a argamassa seja bem dosada e apresente boa plasticidade. Como a alvenaria estrutural é executada a céu aberto, a perda de água na argamassa é relativamente grande, prejudicando a trabalhabilidade da mesma.

Sabe-se que a adição de água reduz a resistência da argamassa. Por isso, aconselha-se a utilização de argamasseiras metálicas (ou plásticas) para reduzir a perda de água. Além disto, as argamasseiras podem ser providas de suporte de sustentação, permitindo que o pedreiro execute seu serviço com maior comodidade.

O número máximo de fiadas assentadas durante um mesmo período deve ser limitado em 6 por dia, para que o peso da própria alvenaria não comprometa a manutenção do prumo e a espessura das juntas pelo esmagamento das argamassas ainda mal curadas de fiadas inferiores.

Toda a elevação da alvenaria deve ser executada com a utilização de escantilhão nos extremos das paredes e nos vãos, com marcação a cada fiada, conforme o projeto. Deve-se conferir, com régua de nível, o nivelamento, a planicidade e o prumo.

Sempre que as extremidades de uma parede forem assentadas antes do preenchimento total das fiadas, deve-se promover a elevação em castelos (figura 133). A criação de dentes durante a elevação da alvenaria deve ser evitada.

As paredes externas da alvenaria devem ser as primeiras a serem executadas. A seqüência de elevação das demais paredes deve ser analisada e disposta em projeto esquemático.



Figura 130 -  
Elevação dos castelos de  
alvenaria

Durante o assentamento da segunda fiada, faz-se o grauteamento das barras de reforço, conforme definição de projeto. Desse modo, elas ficarão bem centralizadas na célula do bloco (figura 131). A seqüência do grauteamento deve processar-se em mais de duas etapas, de modo que não ocorram falhas no preenchimento das células. Faz-se o adensamento manual do graute com a utilização de uma barra de aço. Sempre que possível, pode-se deixar pontos de visita para a conferência do preenchimento correto do graute.



Figura 131 -  
Armadura centralizada  
no bloco

Na altura da sexta fiada serão colocadas as canaletas para execução das contra-vergas. Estas devem apoiar-se em pelo menos dois blocos. A largura da base de apoio das vergas é função da dimensão do vão da abertura.



Figura 132 -  
Contra-vergas e vergas

A utilização de gabaritos metálicos para delimitação exata do vão a ser executado possibilita o apoio direto dos blocos sem a necessidade de sustentação com madeira e garante a precisão dimensional desejada.



Figura 133 -  
Gabarito metálicos para vão  
de janela

Concluída a sétima fiada, torna-se necessário o uso de andaimes para a continuidade dos trabalhos. Várias pesquisas confirmam que os trabalhos de assentamento sobre andaimes levam à diminuição da produtividade. O uso de andaimes metálicos minimiza o problema, uma vez que estes possibilitam maior rapidez de transporte e montagem, além de permitirem o uso de alturas variáveis. Estas melhoram as condições ergonômicas de trabalho.

Durante essa etapa, é fundamental uma análise do acesso aos diversos pontos da obra, para que os andaimes não prejudiquem o fornecimento de material. É aconselhável que, na medida do possível, ao se montar o andaime em certa posição, não haja deslocamento dele, antes que seja terminada a parede à qual ele está associado.

Muitas vezes é necessário compatibilizar as esquadrias de portas e janelas oferecidas no comércio com as aberturas possíveis na modulação das famílias de blocos para alvenaria estrutural, conforme pode ser visto na figura 134. Proceda-se, então, à utilização de peças especiais (bolachas ou similares), de juntas com espessura vertical variável ou à adequação da própria esquadria.



Figura 134 Compatibilização de esquadrias



O consumo de blocos durante a realização dos serviços é intenso. Pode-se chegar facilmente a um consumo superior a 1.500 peças no decorrer de um dia de trabalho. Por essa razão, é fundamental a preocupação com a continuidade do abastecimento, para manter a produtividade da equipe. Um dos recursos que auxiliam é o uso de carrinho-garfo e/ou carrinho-porta-paletes para transporte de materiais. Estes são eficientes, mesmo em compartimentos com aberturas reduzidas (portas de 60 cm).

Além disto, pode ser estudada a utilização de grua. Esta alternativa é bastante interessante se for considerado que os trabalhos são desenvolvidos a céu aberto. Desse modo, o fornecimento de material em diversas posições do pavimento torna-se mais fácil.

Um canteiro de obras organizado e o comprometimento com a qualidade por parte dos funcionários da obra são de fundamental importância para o bom desempenho do sistema. É fundamental que os estoques de materiais fiquem fora do contato com o solo, sejam separados por espécies e, sempre que possível, uma reserva dos mesmos seja mantida em local coberto.

O acompanhamento constante dos trabalhos e a avaliação dos mesmos são de fundamental importância para a manutenção da qualidade da alvenaria realizada. Importa salientar que a recuperação estrutural ou, mesmo, a reparação de falhas construtivas em obras de alvenaria estrutural são de difícil execução.

Para garantir uma alvenaria bem executada e possibilitar a avaliação dos trabalhos durante todas as etapas da obra, sugere-se que os índices de tolerância da tabela 25, sejam observados.



Figura 135 - Armazenamento adequado dos blocos de concreto

TOLERÂNCIAS NO SERVIÇO DE ELEVAÇÃO			
Nº	Etapa	Conferir	Tolerância
1	Alvenaria até a altura das janelas	Prumo	1,0 mm/m
		Nível*	3,0 mm
		Alinhamento	1,0 mm/m
		Planicidade	2,0 mm/m
		Espessura da junta horizontal	3,0 mm
2	Blocos "J" e compensadores – antes da concretagem	Nível*	3,0 mm
		Alinhamento	1,0 mm/m

Tabela 25 - Tolerâncias no serviço de elevação

\* Em relação aos blocos estratégicos.

## 7.5 - Execução de Revestimento

Uma das principais vantagens da alvenaria estrutural é que a manutenção de seu prumo possibilita, devido a fatores estruturais, a execução de revestimentos com espessuras reduzidas.

É totalmente viável a realização de revestimentos internos com 5 mm de espessura, o que diminui o consumo de material e o tempo dispensado com a mão-de-obra.

Para realizar o revestimento interno com argamassa, procede-se conforme esta seqüência:

- ⊙ Faz-se o taqueamento da parede mediante a fixação de taliscas com a espessura desejada.
- ⊙ A partir das taliscas executam-se mestras imediatamente antes da aplicação da argamassa de revestimento.
- ⊙ Aplica-se a argamassa em camadas, utilizando-se desempenadeira de PVC e prensando-a contra a parede.
- ⊙ Procede-se à compressão e ao alisamento da argamassa com colher de pedreiro.
- ⊙ Retiram-se as taliscas e faz-se o preenchimento das falhas com argamassa.
- ⊙ Aguarda-se o tempo ideal e procede-se ao sarrafeamento e ao desempenho da superfície.
- ⊙ Finaliza-se com o acabamento camurçado.

Observe-se que não é necessário chapiscar as paredes de blocos de concreto para o revestimento interno. O revestimento externo geralmente é realizado com espessuras maiores (20 mm), o que requer a execução prévia de chapisco. Em caso de blocos cerâmicos, o chapisco é necessário.

Materiais como gesso, calfino e massas especiais com corantes podem ser aplicados diretamente sobre os blocos de concreto em substituição às argamassas convencionais. Cabe destacar que alguns materiais, como, por exemplo, alguns revestimentos que eliminam chapisco, emboço e pintura, ainda não foram aprovados nacionalmente pela CAIXA. Embora sua aplicação seja perfeitamente possível do ponto de vista do sistema construtivo e alguns fabricantes tenham testes de arrancamento, permeabilidade, etc., a questão da durabilidade ainda não foi completamente testada, o que determina que se tenha muito cuidado com os tipos de revestimento a serem utilizados.



Para execução do calfino sugere-se o seguinte procedimento:

- ⦿ Faz-se a regularização da parede mediante a aplicação de argamassa composta por areia, cimento, cal e branco. Esta argamassa é necessária para uniformizar a superfície que receberá o calfino, evitando o aparecimento de fissuras. A camada de regularização deve ser de aproximadamente 3 mm de espessura;
- ⦿ A camada de regularização deve ser bem reguada e prumada, porém seu acabamento superficial pode ser áspero, contribuindo para a aderência do calfino;
- ⦿ Aplica-se a argamassa do calfino (mistura de cal, areia e cola) em fina camada utilizando-se desempenadeira de PVC e prensando-a contra a parede. A espessura do calfino não deve superar 2mm;
- ⦿ Com a utilização de uma desempenadeira de aço procede-se o alisamento do calfino. Esta etapa deve ser repetida várias vezes (alternando-se sempre o sentido de alisamento do calfino) até que o material adquira aspecto vitrificado.
- ⦿ Tomar cuidado especial no acabamento de quinas e cantos, se necessário utilizar uma cantoneira para regularizar o material.

Para utilização de gesso em alvenarias com blocos de concreto o procedimento é semelhante ao utilizado para revestimento com argamassa:

- ⦿ Faz-se o taqueamento da parede mediante a fixação de taliscas com 5 mm de espessura;
- ⦿ Aplica-se o gesso em camadas utilizando-se desempenadeira de PVC e prensando-a contra a parede;
- ⦿ Procede-se a compressão e alisamento do gesso com desempenadeira de aço;
- ⦿ Retiram-se as taliscas e faz-se o preenchimento das falhas com gesso;

Aguarda-se o tempo ideal e procedem-se o acabamento final com desempenadeira de aço.

Pode-se realizar o assentamento de revestimento cerâmico diretamente sobre as paredes estruturais, utilizando-se argamassa colante e dispensando-se o emboço. Porém, é necessário um estudo do sistema de impermeabilização a ser adotado. A aplicação de manta asfáltica, por exemplo, requer a regularização de sua espessura com argamassa antes da aplicação da cerâmica.

O ganho proporcionado com a redução do consumo de material e de mão-de-obra utilizada para a execução dos revestimentos em obras de alvenaria estrutural é um dos fatores que agregam substancial economia a este sistema construtivo.

Figura 136 -  
Aplicação de calfino



Figura 137 -  
Acabamentos de  
revestimento em  
alvenaria estrutural



## 7.6 - Execução de Instalações na Alvenaria Estrutural

Na alvenaria estrutural, todas as instalações embutidas de elétrica e de hidráulica são executadas simultaneamente à elevação das paredes. O corte ou a quebra de blocos, posteriores à colocação, são terminantemente proibidos. Considerando-se que a alvenaria é a estrutura da construção, o corte das paredes propiciaria, além do fator econômico e racional, também o comprometimento da estabilidade da obra.

São princípios básicos da alvenaria estrutural: cada etapa deve ser totalmente finalizada; um serviço não pode interferir na qualidade de outros.

Para viabilizar a rapidez do empreendimento e facilitar tanto a execução quanto a manutenção das instalações, são amplamente aplicadas estas orientações:

- ⊙ Utilizar paredes não estruturais para embutir as tubulações;
- ⊙ Abrir passagens tipo shafts para a passagem das tubulações;
- ⊙ Utilizar blocos especiais (blocos hidráulicos);
- ⊙ Empregar tubulações aparentes.

Sob o ponto de vista estrutural e construtivo, a utilização de shafts é a melhor alternativa. Este sistema viabiliza a montagem das instalações no final da obra e a utilização de Kits hidráulicos previamente testados. Além disso, os shafts podem ser fechados com painéis removíveis, facilitando futuras e eventuais manutenções.

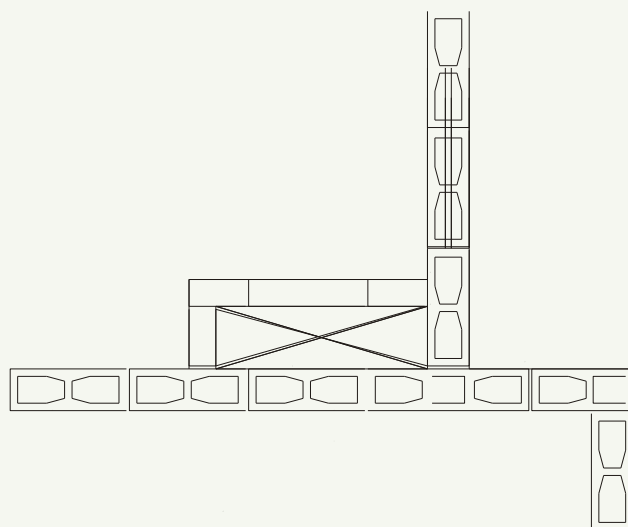


Figura 138 -  
Detalhe de projeto de shaft

Figura 139 -  
Detalhe de canalização em  
shaft e shaft com  
acabamento



Os rasgos horizontais em alvenaria estrutural devem ser evitados. Nem é recomendável aceitar a utilização de blocos hidráulicos (com rasgos definidos) na horizontal de paredes estruturais. Se isso estiver no projeto, deve haver a aprovação explícita do responsável pelo cálculo estrutural do empreendimento. Tal procedimento introduz excentricidades que não estavam previstas inicialmente na alvenaria. Todos os trechos horizontais das instalações devem ser projetados para estas passarem entre a laje do teto e o forro ou sóculos.



Figura 140 -  
Uso de bloco hidráulico para  
passagem de dutos horizontais

As instalações elétricas, assim como as hidráulicas, despertam grande preocupação e atenção em obras com alvenaria estrutural. O projeto de elétrica, o arquitetônico, o estrutural, e os demais projetos complementares devem estar compatibilizados, pois as instalações são realizadas simultaneamente à execução das paredes estruturais.

Os condutores das instalações elétricas devem passar verticalmente dentro dos furos dos blocos; na horizontal, devem ser embutidos nas lajes ou passar pelos forros.

A posição e dimensão dos quadros de distribuição de energia nos diversos pavimentos deverão ser previamente definidas e especificadas no projeto executivo. Da mesma forma, idêntico deve ser o procedimento com as caixas de interruptores e de tomadas.

As caixas para quadros de distribuição e para caixas de passagem devem ser projetadas em dimensões que evitem cortes nas alvenarias, possibilitando sua perfeita acomodação. Sempre que necessário, são realizados reforços para que as aberturas não prejudiquem o desempenho estrutural da parede.

As caixas para tomadas e interruptores podem ser previamente chumbadas nos blocos estruturais. Outra alternativa é a utilização de blocos especiais, denominados *blocos elétricos*, que possuem previsões para a instalação das caixas posteriormente ao seu assentamento.

Figura 141 -  
Blocos com caixas  
colocados durante a elevação





## 7.7 - Falhas construtivas

A idéia sobre a qual o sistema construtivo em alvenaria estrutural foi concebido faz com que, se usado de forma adequada, gere redução drástica no número de ocorrência de falhas na construção. Os erros, quando ocorrem, podem ser detectados facilmente, uma vez que interferem na etapa construtiva subsequente.

Apesar disso, a falta de orientação, de conhecimento ou de acompanhamento ensejam o surgimento de erros que muitas vezes colocam toda a qualidade do processo em risco. Sabe-se que o ganho financeiro proporcionado pela alvenaria estrutural é consequência de um somatório de fatores positivos. O descaso na execução pode comprometer o resultado esperado em determinada etapa e reduzir a economia pretendida na obra como um todo.

Entre os erros que têm ocorrido em diversos canteiros de obras podem destacar-se os seguintes:

### 7.7.1 - Uso de família de blocos incompleta

Nos casos em que faltam elementos construtivos necessários à execução da alvenaria, tem-se constatado o surgimento de juntas a



Figura 142 -  
Parede construída sem a  
utilização de toda a família  
de blocos

### 7.7.2 - Variação da espessura e preenchimento de junta vertical

A variação na espessura e o preenchimento incompleto e irregular de juntas verticais em obras de alvenaria estrutural são muito frequentes. Sabe-se que o não preenchimento das juntas verticais tem pequeno efeito na resistência à compressão, mas afeta a resistência à flexão e ao cisalhamento da parede. Afeta também a deformabilidade das paredes. Dessa forma, especialmente em prédios de maior altura, ou seja, de mais de 5 pavimentos, deve-se assegurar que as juntas verticais sejam preenchidas corretamente com argamassa.

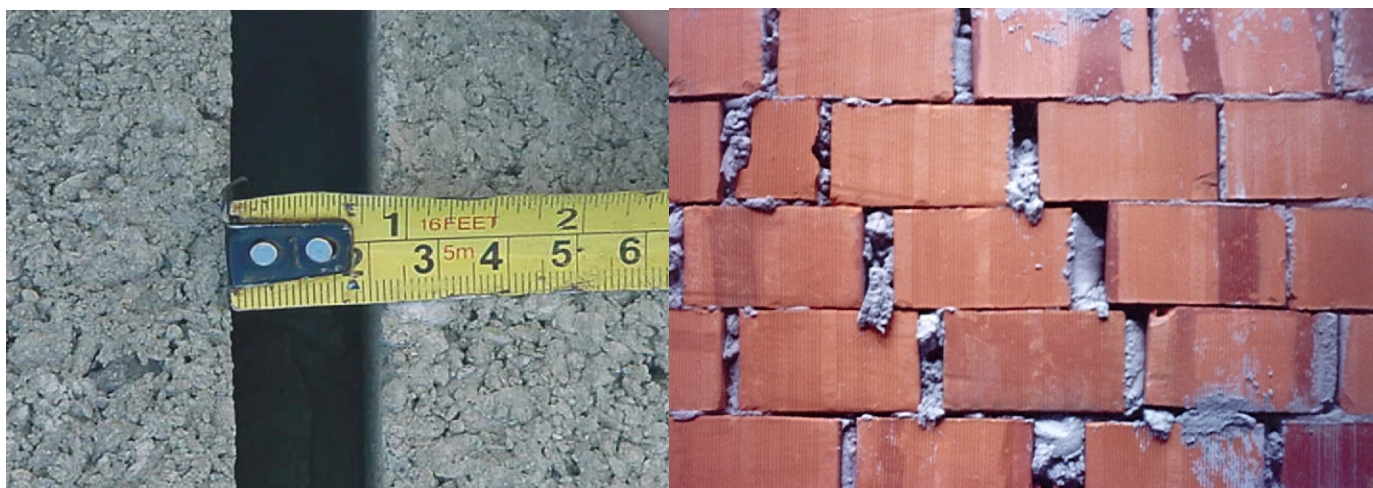


Figura 143 - Exemplos de juntas não preenchidas ou preenchidas irregularmente

### 7.7.3 - Uso de blocos irregulares ou de dimensões diferentes

A utilização de formas desgastadas na produção de blocos ou a compra de materiais de diferentes fornecedores podem interferir na uniformidade da espessura dos elementos. Esse problema interfere no desempenho da equipe, propiciando queda de produtividade. Além disto, compromete a obtenção de revestimentos com espessuras reduzidas.

Figura 144- Uso de blocos irregulares



### 7.7.4 - Elevação não homogênea das alvenarias

Para mais organizar a execução da alvenaria, aconselha-se que o pavimento seja elevado pelo modo mais homogêneo possível. Quando isso não ocorre, a verificação do nivelamento das fiadas fica comprometida, a utilização de castelos nos cantos de paredes torna-se inviável, e organização do posto de trabalho fica prejudicada.

Figura 145 - Elevação não homogênea das paredes





### 7.7.5 - Falhas devidas ao desaprumo da parede

Nos casos em que o prumo de uma parede não é mantido, ocorrem excentricidades na sobreposição de paredes. Essas excentricidades, associadas à menor área de contacto da parede com a laje, são responsáveis pela redução da resistência à compressão da alvenaria. Além disso, a correção do desaprumo deverá ser feita pelo incremento na espessura dos revestimentos.

Figura 146 - parede com desaprumo



### 7.7.6 - Estocagem inadequada de blocos

Nos casos em que o estoque de blocos é armazenado inadequadamente no canteiro, por exemplo em local descoberto ou em contato direto com o solo, os mesmos blocos podem ter-se contaminado por impurezas, tais como argila, ou ter absorvido umidade. Esses blocos, quando assentados, podem apresentar menor aderência à argamassa ou sofrer retrações demasiadas, que levam ao surgimento de fissuras e/ou trincas.

Outro problema decorrente da armazenagem imprópria reside no aumento do número de unidades descartadas em função da ocorrência de trincas ou lascas.

Além disto, as más condições do local de armazenagem causam dificuldades à seleção e ao transporte do material, o que implica diminuição da produtividade e conseqüente aumento de custo do empreendimento.

Figura 147 - Inadequação da estocagem de blocos



### 7.7.7 - Preenchimento inadequado de juntas de assentamento horizontal

A falta de treinamento da mão-de-obra ou de orientação da equipe de assentamento de alvenaria por parte dos técnicos responsáveis pode, muitas vezes, ser responsável pelo preenchimento inadequado das juntas horizontais da parede. Esse procedimento incorreto leva à diminuição da resistência à compressão da alvenaria.

Figura 148 - Preenchimento errado de argamassa na junta



### 7.7.8 - Falhas devidas a projeto inadequado

A inexistência de projetos adequados ou a incompatibilidade no desenvolvimento da modulação causam sérios prejuízos ao uso do processo de alvenaria estrutural. Todos os ganhos oriundos da racionalização da obra podem vir a perder-se. A figura 146 exibe a situação de canteiro de obra executado com projeto não compatibilizado. Da mesma forma, fica comprometido o desempenho estrutural da edificação.

Figura 149 - Obra com projeto inadequado



### 7.7.9 - Colocação posterior de eletrodutos

A colocação prévia de caixas de elétrica nos elementos estruturais é prática bastante comum. O objetivo desse procedimento consiste em evitar que sejam efetuados rasgos posteriores na alvenaria. Nestas circunstâncias, é conveniente que o eletroduto seja conectado nas caixas antes da elevação da parede. Se tal não ocorrer, o subsequente e inevitável procedimento de quebrar a parede para possibilitar o encaixe do eletroduto na caixa chumbada haverá de contrariar a racionalização buscada com o uso desse processo construtivo.



Figura 150 - Quebra em parede resultante de encaixe posterior de eletroduto



### 7.7.10 - Não nivelamento da laje

O nivelamento adequado da laje de apoio da alvenaria é crucial para a redução do desperdício no empreendimento. Nos casos em que a espessura da massa de assentamento da primeira fiada for superior a 2 cm, é necessário voltar a avaliar se não haverá prejuízo à resistência da alvenaria.



Figura 151- Espessura excessiva da junta, resultante de não nivelamento da laje



### 7.7.11 - Grauteamento incorreto

Nos casos em que o grauteamento não é realizado de modo correto, surgem pontos falhos dentro da parede. Dessas falhas resulta não só a dificuldade de se detectar a ocorrência dela, mas também o enfraquecimento da parede no ponto reforçado pelo projetista.



Figura 152 - Falha no grauteamento da parede





### 7.7.12 - Não organização do posto de trabalho

A organização do posto de trabalho é fundamental para o desempenho da equipe. É necessária perfeita integração entre os pedreiros e a equipe de apoio. O fornecimento de blocos na quantidade e no local correto é fundamental para o aproveitamento do tempo de trabalho dos profissionais.

Figura 153 - Defeitos de organização do posto de trabalho



Figura 154 - Transporte não otimizado de blocos, resultante de inexistência de ferramenta adequada



### 7.7.13 - Ausência de ferramentas adequadas

A falta de ferramentas adequadas de transporte de materiais agrega custos desnecessários ao empreendimento.

O uso de escantilhão de madeira é outro exemplo de uso de ferramenta inadequada. Essa prática, bastante freqüente, não é recomendada. Esse tipo de equipamento, além de não ser preciso, deteriora facilmente quando exposto ao sol e à chuva. Por essa razão, a obtenção do prumo e da espessura das juntas adequados fica comprometido.

### 7.7.14 - Rasgos em paredes

Os cuidados com as instalações elétricas em alvenaria estrutural são fundamentais para desempenho adequado da mesma. O corte posterior das paredes para passagem de dutos é totalmente errado e causa, além de desperdício, redução na resistência da alvenaria, podendo comprometer seriamente o desempenho dela.



Figura 155 - Paredes com cortes para embutimento de instalações



### 7.7.15 - Assentamento em dias de chuva

O bloco de concreto não pode ser assentado muito úmido, sob pena de causar fissuras na alvenaria, por feito da retração de secagem elevada à que estará submetido. Além disso, a umidade elevada do bloco causa maior esmagamento da argamassa, comprometendo a espessura da junta, o nível e o prumo da alvenaria. Por essa razão, em dias de chuva, somente poderá ser feito assentamento de alvenaria se os blocos tiverem sido armazenados em lugar seco. A figura 16 serve de exemplo de obra assentada com blocos úmidos.

Figura 156 - Blocos assentados úmidos



### 7.7.16 - Umidade de paredes devida à má execução

Em relação aos cuidados de execução, pode-se observar, além do preenchimento muitas vezes inadequado das juntas de assentamento, também a despreocupação com a possibilidade de ocorrência de umidade nas paredes. Esse fato pode ser verificado em paredes de unidades já prontas, como mostra a figura 154. Qual o fator de tal resultado? A primeira hipótese seria a de umidade ascendente, muito usual em obras térreas; mas como a casa encontra-se totalmente executada sobre um radier de concreto, e a parede em questão encontra-se no interior da unidade. Por isso, essa hipótese foi rejeitada. Outras hipóteses plausíveis seriam a infiltração de água num ponto qualquer da parede (como um vazamento de tubulação ou, mesmo, do telhado), a qual desceria até ao pé da parede pelos furos verticais; ou, ainda, a falta de cobertura das paredes durante a execução. Neste caso, com a ocorrência de chuvas, os furos dos blocos poderiam ter-se enchido, tendo a parede funcionado como verdadeiro reservatório de água. Pode ter ocorrido, ainda, o acúmulo de água sobre o radier durante a construção, com a conseqüente absorção dessa pelos blocos cerâmicos.



Uma dessas hipóteses pode explicar a ocorrência de tal fenômeno numa parede em construção, com tubulação embutida mas ainda não ligada, que apresenta o problema em estudo (figura 155). Acredita-se que, se houve acúmulo de água da chuva na base da parede, tal fenômeno ocasionará, durante longo período, além das eflorescências já descritas, outras patologias incompatíveis com a habitação, tais como a proliferação de fungos.



Figura 157 - Umidade ascendente do solo



Figura 158 - Umidade ascendente do solo



### 7.7.17 - Fissuras junto à laje de cobertura no último pavimento

Uma falha, constantemente encontrada em obras de alvenaria estrutural, é o surgimento de trincas na alvenaria do último pavimento tipo dos edifícios. Estas trincas normalmente estão relacionadas a esforços transmitidos pela dilatação da laje de cobertura nas alvenarias. A solução mais eficaz para este problema consiste em construir de tal forma que seja permitida a total dilatação entre a laje e a alvenaria, impedindo a transmissão de esforços. Vários materiais e técnicas foram desenvolvidos para promover a dilatação da laje com a parede, porém alguns métodos não apresentaram a eficiência esperada. Dentre estes pode-se citar os seguintes:

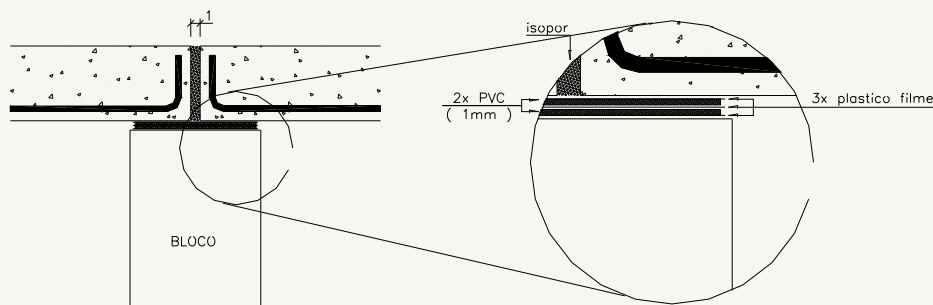
1.Utilização de plástico filme e papel alcatroado: este sistema consiste numa combinação de duas tiras de papel alcatroado com uma terceira tira (esta envolvida com plástico filme) no meio das anteriores. Este sistema é de difícil execução e como a espessura final do conjunto é muito pequena, percebe-se uma aderência do material às imperfeições do concreto de modo que a dilatação dos elementos fica prejudicada.

2.Utilização de manta asfáltica: a princípio este sistema funciona bem, porém não se tem conhecido nenhum estudo sobre o comportamento desta manta asfáltica quando submetida a temperaturas elevadas;

3.Utilização de borracha: durante muito tempo este material foi utilizado para promover a dilatação entre laje e parede, porém em várias situações surgiram trincas. Na maioria das vezes estas trincas eram geradas pelo fato da borracha ser muito rígida e possibilitar a transmissão de esforços para a parede.

Atualmente vem sendo utilizadas placas de PVC. Este material é o que tem apresentado resultado mais satisfatório. Apesar da dificuldade de execução, a dilatação entre os elementos é promovida com grande sucesso.

### Seção c-c detalhe das juntas de dilatação das lajes.



### Seção d-d detalhe dos apoios na alvenaria.

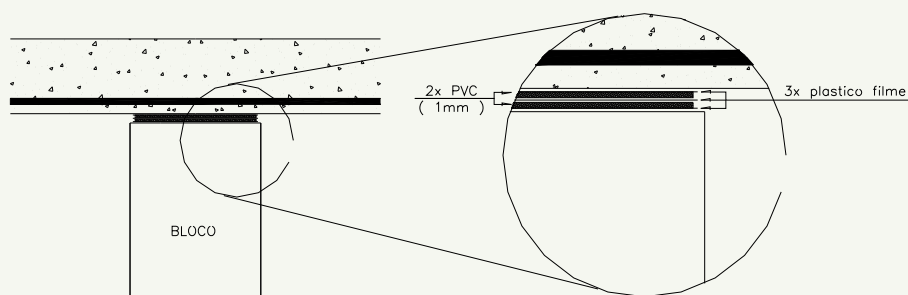



Figura 159 - Dispositivo de separação de lajes. 

## Bibliografia

### 8.1 Bibliografia Usada e Recomendada

1. A . H. P. MAUREMBRECHER- Use of the prism test to determine compressive strength of masonry - proceedings of North America Masonry Conference, Boulder, CO, August 1978;
2. A . HAMID, ROBERT G. DRYSDALE AND A . C. HEIDEBRECHT - Effect of grouting on the strength characteristics of concrete block masonry - Proceedings of North American Masonry Conference, Boulder, CO, August 1978;
3. A . HEGEMEIR, G. KRISHNAMOORTHY, R.O . NUMM, T.V. MOORTHY - Prism tests for the compressive strength of concrete masonry - Proceedings of North American masonry Conference, Boulder, CO, August 1978;
4. A . W. HENDRY, B.P. SINHA and S.R.DAVIS - "Load Bearing Brickwork Design"- Ellis Horwood Limited-Second Edition-1987;
5. ACI - BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR CONCRETE MASONRY STRUCTURES ( ACI 531-79)- Revised 1983- ACI - Manual of Concrete Practice- 1986- Part 5;
6. ACI - COMMENTARY ON BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR CONCRETE MASONRY STRUCTURES - ( ACI 531-79). ACI- Manual of concrete practice - 1986-Part 5;
7. ALY, V. L. C. E SABBATINI, F. H. -Determinação de correlações de resistência mecânica de paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto. 5th International seminar on Structural Masonry for Developing Countries- Florianópolis- Brasil;
8. ALY, V. L. CASTEX Determinação da Capacidade Resistente do Elemento Parede de Alvenaria Armada de Blocos de Concreto, Submetido à Esforços de Compressão Dissertação de Mestrado apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo São Paulo 1992;
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA- Manual técnico de alvenaria, São Paulo, 1990;
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto- NB-1228-Jul./1989;
11. ASTM C 1006 - 84 -Standard Test Method for Splitting Tensile Strengh of Masonry Units;
12. ASTM C 1019 - 89A - Standard Method of Sampling and Testing Grout;



13. ATKINSON, R. H.; NOLAND, J.L.;and ABRAMS, D.P., "A Deformation Failure Theory for Stack-bond brick Masonry Prism in Compression", Proceedings, 7 th Internacional Brick Masonry Conference, Melbourne, Feb. 1985, V-1, pp. 577-592;
14. ATKINSON, R. H., AND NOLAND, J. L., "A Proposed Failure Theory for Brick Masonry in Compression, "Proceedings, 3rd Canadian Masonry Symposium, Edmonton, Canada, 1983, pp. 5-1, 5-17;
15. BOULT, B. F. -Concrete Masonry Prism Testing- American concrete institute journal, 1979, 76, n° 4, 513-535 Proceedings;
16. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- BS for Clay bricks- BS 3921 : 1985;
17. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- BSI 5628- Structural use of unreinforced masonry. London, Part 1, 1978;
18. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- Precast concrete masonry units. Method for specifying precast concrete masonry units. BS 6073: Part 2- 1981;
19. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- Precast concrete masonry units-Part 1. Specification for precast concrete masonry units. BS 6073: Part 1-1981;
20. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- Testing concrete- Part 117. Method for determination of tensile splitting strength. BS 1881: Part 117: 1983;
21. BRITISH STANDARDS INSTITUTION- Testing concrete- Part 121. Method for determination of static modulus of elasticity in compression. BS 1881: Part 121: 1983;
22. C.L.KHOO and A.W.HENDRY "A failure criterion for brickwork in axial compression", Proceedings of the third International Brick Masonry Conference (Essen) 1973, ed. L. Foertig and K. Gobel (Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie, Bonn, 1975) pp.139-45;
23. CAMACHO, JEFFERSON SIDNEY- "Alvenaria Estrutural Não-Armada-Parâmetros Básicos A Serem Considerados No Projeto Dos Elementos Resistentes"-Dissertação de Mestrado - UFRGS- Agosto 1986;
24. DHANASEKAR, M.- "The Performance of Brick Masonry Subjected to In-plane Loading"- A dissertation submitted to the University of Newcastle in partial fulfillment of requirements for degree of doctor of philosophy;
25. DRYSDALE, R.G. AND HAMID, A . A . - Behavior of concrete block masonry under axial compression - American concrete institute journal, 1979, 76, n° 6, 707-721, proceedings;

26. FARHAD AFSHARI AND MOVSES J. KALDJAN- Finite Element Analysis of Concrete Masonry Prisms- ACI Materials Journal - September - October 1989;
27. GANESAN AND K. RAMAMURTHY - A review of some finite element analysis techniques for load bearing masonry- Masonry Internacional - Vol. 7 , n° 3 1994;
28. GANESAN, KALAUANASUNDARAM AND AMBALAUANAN - A study of behaviour of concrete hollow block masonry walls using a three-dimensional finite element analysis. Masonry Internacional Journal of British Masonry Society- Vol. 4 , n° 1, July 1990;
29. GOMES, NELSON DOS SANTOS - A Resistência Das Paredes De Alvenaria -Dissertação de Mestrado -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1974;
30. HAMID A . A . AND DRYSDALE R.G. -Suggested failure criteria for grouted masonry under axial compressive- American concrete institute journal, 1979, 76, n° 10, 1047-1061;
31. HARVEY AND T. G. HUGHES- Physical properties of the precast concrete masonry unit - Magazine of concrete research- volume 47, n° 170, 1995 March;
32. HILDSDORF, H. K., "Investigation into the Failure Mechanisms of brick Masonry loaded in axial Compression", Designing, Engineering and construction with MasonryProducts, Gulf Publishing CO., Houston, Tex.,1969, pp. 34-41;
33. JAMES DUNCAN and CHIN-YUNG CHANG - "Nonlinear Analysis Of Stress And Strain In Soil- Journal Of The Soil Mechanics And Foundations Division"- Proceedings of the American Society of Civil Engineers-September,1970;
34. KHALAF; A . W. HENDRY; D.R. FAIRBAIN - Elastic modulus and strength of hollow concrete block masonry with reference to the effect of lateral ties- Magazine of Concrete Research - Volume 44 - n° 160, 1992 september;
35. KHALAF -Factors influencing compressive strength of concrete masonry prisms- Magazine of Concrete Research - volume 48 - n° 175, 1996, June;
36. KHALAF, A . W. HENDRY AND D. R. FAIRBAIN - study of the compressive strength of blockwork masonry - ACI- Structural journal- 1994 - volume 91;
37. KHALAF, A . W. HENDRY AND D.R. FAIRBAIN- Mechanical properties of material used in concrete blockwork construcion- Magazine of Concrete Research - 1994 - volume 44 - March; University of Edimburgh;
38. KHALAF, HENDRY AND FAIRBAIN - The strength of blockwork prisms tested parallel to the bed face;
39. KHALAF, HENDRY AND FAIRBAIN - The strength of blockwork prisms tested parallel to the bed face- Masonry Internacional Journal of the british masonry society - vol 6, n° 1, May 1992;

40. KINGSLEY, L. G. TULIN AND J. L. NOLAND- The influence of water content and unit absorption properties on grout compressive strength and bond strength in hollow clay unit masonry - Third North America Masonry Conference - Proceedings - June 1985 - University of Texas;
41. KNUTSSON- The Stress-Strain Relationship for Masonry - Masonry Internacional, Vol. 7, nº 1, 1993;
42. KUBICA, JAN - Investigation of The Relationship of unreinforced Masonry - Seventh North American Masonry Conference - University of Notre Dame - South Bend. Indiana, USA- June,1996;
43. M. KHALAF - "Blockwork Masonry Compressed in two Orthogonal Directions"- Journal of Structural Engineering- May- 1997;
44. McNARY, W. SCOTT AND ABRAMS, D.P. - Mechanics of Masonry in Compression - Journal of Structural Engineering, Vol.111, n4, April,1985;
45. MEHTA,P.KUMAR e MONTEIRO,P.J.M. - Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais - Editora Pini - São Paulo 1994;
46. MR 11 Determination of mortar consistence using the flow-table; Testing methods of mortars and renderings. 1 st. Ed. France, RILEM, 1982;
47. NBR 12118 Blocos vazados de concreto simples Determinação da absorção de água, teor de umidade e área líquida Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1991;
48. NBR 13279 Argamassa Determinação da resistência à compressão Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1995;
49. NBR 6136 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria com função estrutural Especificação, Rio Janeiro, ABNT, 1982;
50. NBR 7171 Blocos cerâmicos para alvenaria Método de ensaio Rio de Janeiro, ABNT, Nov. 1992;
51. NBR 7184 Blocos vazados de concreto simples para alvenaria Determinação da resistência à compressão Método de ensaio, Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
52. NBR 7217 Determinação da composição granulométrica dos agregados Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
53. NBR 7218 Determinação do teor de argila em torrões nos agregados - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
54. NBR 7219 Determinação do teor de material pulverulento nos agregados Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1987;
55. NBR 7220 Avaliação das impurezas orgânicas das areias para concreto Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
56. NBR 7222- Argamassas e concretos Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, ABNT,1987;

57. GÓMEZ, L. A., ROMAN, H. R., *Fabricação de "Linear Variable Diferencial Transformers"*, ENTAC93 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, Novembro 1993.
58. GÓMEZ, L. A., ROMAN, H. R., *Arquitetura de software de um sistema automático de aquisição de dados para ensaios de materiais*, ENTAC93 - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, Novembro 1993.
59. SINHA, B. P., "Historical Development of Structural Brickwork, its potential and its relevance to India" *Construido*, 87, India pp 44-49
60. MENDES, R. K., Resistência à Compressão de Alvenaria de Blocos Cerâmicos Estruturais Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFSC - Agosto de 1998.
61. MOHAMAD, G. Comportamento Mecânico na Ruptura de Prismas de Blocos de Concreto Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFSC - Maio de 1998.
62. ROMAGNA, R. HELEO Resistência à compressão de prismas de Blocos de Concreto grauteados e não-grauteados Dissertação de mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UFSC - 2000.
63. NBR 7251 Agregado em estado solto Determinação da massa unitária Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
64. NBR 8042 Blocos cerâmicos para alvenaria Formas e dimensões Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, Nov. 1992;
65. NBR 9776 Agregados Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de frasco Chapman Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1982;
66. O . NUMM, M.E. MILLER, G. A . HEGEMEIR- Grout- Block Bond Strength in Concrete Masonry - Proceedings of the north American Masonry Conference, Boulder, Co, August 1978;
67. PANDE, KRALJ AND MIDDLETON- Analysis of the compressive strength of masonry given by the equacion  $f_k = k.(f_b).(f_m)$ - The structural engineer- Volume 71 - January 1994;
68. RAMAMURTHY - Behavior of grouted concrete hollow block masonry prisms - Magazine of Concrete Research- volume 47 - no 173, 1995, december;
69. ROMAN, H. R. Determinação das características físicas e análise estatística da capacidade resistente de tijolos cerâmicos maciços Dissertação de mestrado, curso de pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS, Porto Alegre, Outubro 1983;
70. ROMAN, H. R. Out-of-plane shear behaviour of brickwork joints subjected to non-uniform compressive stress Thesis submitted to the University of Sheffield for the degree of Doctor of Philosophy. October, 1989;
71. SABBATINI, F. HENRIQUE e ALY, V. L. CASTEX Determinação da Capacidade Resistente do Elemento Parede de Alvenaria Armada de Blocos de Concreto, Submetido à Esforços de Compressão Boletim técnico da escola politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil São Paulo 1994;

72. SAWKO, F, AND ROUF, M. A. "A Numerical Model for Masonry ", Proceedings, 7 th Internacional Brick Masonry Conference, Melbourne, Feb. 1985, V-1, pp. 519-526;
73. SCRIVENER AND L. R. BAKER- Factors influencing grouted masonry prism compressive strength- Proceedings 8th internacional brick/block masonry conference, Irland, 1988, p.p 874-883;
74. SHRIVE, N. G. " A fundamental approach to the fracture of masonry", Proceedings, Third Canadian Masonry Symposium, University of Alberta, Edmonton, 1983, pp. 4.1-4.16;
75. TARIQ S. CHEEMA AND RICHARD E. KLINGNER - Compressive Strength of Concrete Masonry Prisms - ACI Journal - January-February 1986;
76. THOMAS A . HOLM - Structural Properties of Block Concrete - Proceedings of North America Masonry Conference, Boulder, CO, August 1978;
77. HENDRY, A. W., Sinha, B.P, Davies, A., Introduction to Loadbearing Brickwork, London, MacMillan
78. ROMAN, H. R., Out-of-plane shear behaviour of brickwork joints subjected to non-uniform compressive stress, PhD Thesis, Sheffield University, Sheffield, UK, 1989.
79. ABCI - Associação Brasileira de Construção Industrializada. Manual Técnico de Alvenaria, Projeto Editores Associados Ltda. Editor Vicente Wissenbach.1990. 275 p.
80. ROMAN, H.R., SINHA, B.P., *Proceedings of 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries, Vários autores, Agosto de 1994, Florianópolis, 709 pp.*
81. SAHLIN, S. Structural Masonry, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1980.
82. SCHNEIDER, R.R., DICKEY, W.L., Reinforced Masonry Design, Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, 1980.
83. ROMAN, H. R., *Desenvolvimento Experimental e Teórico da Alvenaria Estrutural, monografia para concurso professor adjunto da UFSC, Janeiro de 1992, 56 pp.*
84. HOBBS, B., ROMAN, H.R., *Shear behaviour of mortar joints in brickwork subjected to non-uniform compressive stress - 8th International Brick/Block Masonry Conference Ireland 88 - Dublin - Setembro 1988.*
85. ROMAN, H. R., *Influência da posição dos furos na resistência à compressão de prismas de alvenaria, XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, Montevideo, Uruguay, Novembro de 1993.*
86. ROMAN, H. R., SINHA, B. P., *Shear Strenght of Concrete Block Masonry, 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries - Florianópolis, Brasil, Agosto de 1994, pp 251 - 259.*
87. GÓMEZ, L. A., ROMAN, H. R., TEIXEIRA, R. H., *Sistemas de Ensaio para Prismas e Paredes de Alvenaria Estrutural, 5th International Seminar on Structural Masonry for Developing Contries - Florianópolis, Brasil, Agosto de 1994, pp. 670 - 674*
88. ROMAN, H.R., *Alvenaria Estrutural: Vantagens, Teoria e Perspectivas - 10º Encontro Nacional da Construção (ENCO) -ramado, RS - Novembro 1990 .*



89. ROMAN, H.R., *Características Físicas e Mecânicas que Devem Apresentar os Tijolos e Blocos Cerâmicos para Alvenarias de Vedação e Estrutural* - III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil - Florianópolis, Outubro de 1991.
90. ROMAN, H.R., *Argamassas de Assentamento para Alvenarias* - III Simpósio de Desempenho de Materiais e Componentes de Construção Civil - Florianópolis, Outubro de 1991.

