

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL:  
USO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO E CONTRIBUIÇÕES AO  
PROJETO ARQUITETÔNICO**

MARCOS HENRIQUE RITTER DE GREGORIO

Brasília

2010

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL:  
USO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO E CONTRIBUIÇÕES AO  
PROJETO ARQUITETÔNICO**

por

MARCOS HENRIQUE RITTER DE GREGORIO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração em Tecnologia, da Universidade de Brasília (UnB-DF), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura e Urbanismo**.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

Brasília

2010

RITTER DE GREGORIO, Marcos Henrique

Edificações em alvenaria estrutural: uso e desenvolvimento do sistema construtivo e contribuições ao projeto arquitetônico.  
Brasília, 2010. 149p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – PPG-FAU/UnB.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar

1. Alvenaria estrutural. 2. Sistemas construtivos

## TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS HENRIQUE RITTER DE GREGORIO

### EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL:

### USO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO E CONTRIBUIÇÕES AO PROJETO ARQUITETÔNICO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração em Tecnologia, da Universidade de Brasília (UnB-DF), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Arquitetura e Urbanismo**.

Data da defesa: 28 de junho de 2010.

Orientador:

---

Prof. Dr. Márcio Augusto Roma Buzar  
(FAU-UnB)

Comissão Examinadora:

---

Prof. Dra. Eliane Kraus de Castro  
(FT-UnB)

---

Prof. Dr. Lenildo Santos da Silva  
(FT-UnB)

**Dedico ao meu pai, que me ensinou a construir.**

## AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer, em primeiro lugar, ao meu orientador, Professor Márcio Buzar, que abraçou este tema junto comigo, compartilhando seu vasto conhecimento científico e agregando enorme valor à pesquisa. Agradeço também o laço de amizade criado que, sem dúvida, tornou a elaboração deste trabalho muito mais prazerosa.

Agradeço às empresas *MBR Engenharia* (Engenheiro Fernando), *Original Blocos, Pré-moldados e Pisos* (Engenheira Fabiana Claudino de Carvalho), *TOR Engenharia* (Engenheiro Clelio Junior), *Construtora Argus* (Engenheiro Daniel Ayres) e *Direcional Engenharia*, por permitir acesso aos seus canteiros e instalações e fornecer materiais de pesquisa.

Agradeço ao arquiteto Yuri Vital pelas informações fornecidas sobre o projeto *Box House* premiado pelo IAB-SP.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho.

*O belo é o esplendor do verdadeiro e do bem.*

Platão

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo  
Universidade de Brasília

## TÍTULO

AUTOR: Marcos Henrique Ritter de Gregorio  
ORIENTADOR: Márcio Augusto Roma Buzar  
Data e Local da Defesa: Brasília, 28 de junho de 2010.

Nos últimos anos, a indústria da construção civil brasileira apresentou modificações bastante relevantes. É notável que antigos arcaísmos construtivos estão sendo, pouco a pouco, substituídos por técnicas racionalizadas, projetos mais bem elaborados e profissionais mais especializados. Este fenômeno é um reflexo de um novo cenário nacional, no qual figura a alta competitividade motivada pela estabilidade da moeda e pelo crescimento econômico.

Dentro destes novos condicionantes e, propulsãoada pelo alto déficit habitacional, a alvenaria estrutural apresenta-se como uma alternativa eficiente e viável, na medida em que permite a fácil incorporação de conceitos de racionalização, produtividade, qualidade e possibilita a produção de edificações com baixo custo e características técnicas plenamente satisfatórias.

Neste trabalho, pretende-se apresentar um breve panorama do uso da alvenaria estrutural no Distrito Federal, no Brasil e no mundo, contextualizado pela descrição geral do sistema construtivo e um retrospecto histórico de seu uso.

Pretende-se, ainda, explicitar qual linha de raciocínio deve ser seguida para a execução de projetos de arquitetura que contemplem as especificidades deste sistema construtivo, visando a qualidade do projeto e da edificação.

Por fim, apresentam-se informações que visam minimizar o preconceito cultural existente na adoção deste sistema construtivo.

**ABSTRACT**

Master Thesis  
Architecture and Urbanism Post-Graduate Program  
University of Brasília

**TITLE**

AUTHOR: Marcos Henrique Ritter de Gregorio  
ADVISER: Márcio Augusto Roma Buzar  
Date and Local of Examination: Brasília, June, 28, 2010.

In the past few years, the Brazilian civil construction industry has presented very relevant modifications. It's remarkable that old constructive archaisms are being replaced, little by little, by rationalized techniques, better done projects and more specialized professionals.

This phenomenon is a reflex of a new national scenario, in which figures the high competitiveness, motivated by the currency stability and the economical growth.

Inside this new condition and, propelled by the high housing deficit, the structural masonry is presented as an efficient and viable alternative, in that enables the easy incorporation of concepts such as rationalization, productivity, and quality and enables the production of low cost buildings with fully satisfactory technical features.

This study objectifies to present a brief overview of the use of the structural masonry at the Federal District, in Brazil and worldwide, contextualized by the general description of the constructive system and a historical retrospect of its use.

It is also intended to establish a line of thought that contemplate the specificities of this constructive system, aiming the project and building quality.

Finally, informations are presented in order to reduce the prejudice that exists in adopting this building system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Déficit Habitacional Urbano (1), segundo faixas de renda média familiar mensal (2) Brasil – 2006. Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2006)

Figura 2.1: Khiroitikia – Aldeia Neolítica no Chipre. Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Figura 2.2: Reconstituição esquemática das casas em terraço de Çatal-Hüyük. Fonte: LOURENÇO, 1999.

Figura 2.3: As Ruínas de Jericó. Fonte: [www.sedin.org](http://www.sedin.org)

Figura 2.4: Exemplos de cantaria de pedra: à esquerda, Castelo de Santa Maria da Feira, no distrito de Aveiro, Portugal; à direita, reconstrução da Igreja Matriz de Pirenópolis – GO.  
Fontes: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) e [www.pirenopolis.tur.br](http://www.pirenopolis.tur.br)

Figura 2.5: Produção de tijolos no Egito, representada em pintura no túmulo de Rekhmara em Tebas (c.1500 a.C.) Fonte: LOURENÇO, 1999.

Figura 2.6: (a) Monadnock Building, Chicago, 16 pavimentos em tijolos maciços. Fonte: [www.structurae.de](http://www.structurae.de). (b) Ações sobre uma parede exterior (peso próprio sobrecarga e vento) e respectiva linha de pressões. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Figura 3.1: A Capacidade de influenciar os custos do empreendimento.  
Fonte: O'CONNOR e DAVIES, 1988.

Figura 3.2: Origem das manifestações patológicas em países da Europa  
Fonte: adaptado de HELENE, 1988.

Figura 3.3: A integração dos projetos complementares ao projeto arquitetônico. Fonte: Ilustração do autor

Figura 3.4: Formas geométricas de maior volume contido dentro de suas superfícies. Fonte: Ilustração do autor

Figura 3.5: Evolução dos custos das fachadas com as formas dos edifícios.  
Fonte: MASCARÓ, 2006

Figura 3.6: Exemplo de projeto no qual foram previstas paredes removíveis de alvenaria não estrutural e “dry-wall”. Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C.

Figura 3.7: Esforços verticais sobre a estrutura. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 3.8: Atuação do vento e distribuição dos painéis de contraventamento. Fonte: adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.9: Ação horizontal equivalente para consideração do desaprumo. Fonte: adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.10: Sistema de paredes celulares. Fonte: HENDRY, 1981.

Figura 3.11: sistema de paredes transversal simples e duplo. Fonte: HENDRY, 1981.

Figura 3.12: Sistema de paredes complexo. Fonte: HENDRY, 1981.

Figura 3.13: Tipos de bloco mais comuns no mercado e suas dimensões padrão (família 29). Fonte: Ilustração do autor.

Figura 3.14: Tipos de bloco mais comuns no mercado e suas dimensões padrão (família 39). Fonte: Ilustração do autor.

Figura 3.15: Exemplo de planta de primeira fiada. Fonte: TOR Engenharia.

Figura 3.16: Fiadas 1 e 2 e elevação de uma parede. Fonte: CORRÊA e RAMALHO, 2003.

Figura 3.17: Exemplo de representação de elevação de alvenaria. Fonte: TOR Engenharia.

Figura 3.18: Exemplo de legenda de uma planta de alvenaria. Fonte: TOR Engenharia.

Figura 3.19: Exemplos de amarração indireta. Fonte: VILATÓ e FRANCO, 2000.

Figura 3.20: Configuração com malha modular de dimensão igual à largura nominal do bloco. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.22: Configuração com malha modular de dimensão igual à largura nominal do bloco. Neste caso, utiliza-se bloco especial de três módulos. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.22: Configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.23: configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial de 34cm e meio-bloco de 19cm.  
Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.24: configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial de 54cm.  
Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Figura 3.25: Disposição recomendada das lajes armadas em uma só direção. Fonte: Adaptado de RAUBER, 2005.

Figura 3.26: Cuidado especial adotado em lajes de cobertura.  
Fonte: Ilustração do autor.

Figura 3.27: Contra-marco de argamassa armada. Fonte: SANTOS, 1998

Figura 3.28: Representação das vergas e contra-vergas no projeto de alvenaria estrutural. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 3.29: Lançamento dos eletrodutos concomitantemente ao assentamento dos blocos. Fonte: Foto do autor.

Figura 3.30: Infraestrutura das instalações presente no desenho das elevações da alvenaria. Fonte: Tor Engenharia.

Figura 3.31: Shafts para a distribuição vertical da tubulação.  
Fonte: Foto do autor.

Figura 3.32: Tubulação correndo por baixo da laje. Fonte: Foto do autor.

Figura 3.33: Reentrância na parede para embutir instalações.  
Fonte: Foto do autor.

Figura 3.34: Enchimento externo para ocultar instalações fora da parede estrutural. Fonte: Foto do autor.

Figura 3.35: Exemplo de escada de concreto armado moldada *in loco*. Fonte: Foto do autor.

Figura 3.36: Exemplo de escada pré-moldada de concreto armado. Fonte: Foto do autor.

Figura 3.37: Escada tipo “jacaré”. Fonte: MANZIONE, 2004.

Figura 4.1: O paralelismo da Engenharia Simultânea. Fonte: KHALFAN e ANUMBA (2000).

Figura 5.1: Panorama europeu da indústria de unidades de alvenaria cerâmicas: (a) mapa de utilização. Fonte: LOURENÇO, 2002.

Figura 5.2: Representação esquemática da transição da alvenaria: (a) norte da Europa e (b) sul da Europa. Fonte: LOURENÇO, 1999.

Figura 5.3: Solução italiana de alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Figura 5.4: Solução suíça para alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Figura 5.5: Solução espanhola para alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Figura 5.6: Solução holandesa para alvenaria estrutural. Fonte: LOURENÇO, 1999.

Figura 5.7: Solução de Alvenaria Estrutural desenvolvida na Áustria. Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)

Figura 5.8: Diferentes combinações entre blocos de Alvenaria Rolada. Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)

Figura 5.9: Aplicação de argamassa na Alvenaria Rolada.

Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)

Figura 5.10: Solução de alvenaria armada na Alemanha.

Fonte: LOURENÇO, 2007.

Figura 5.11: Hotel Excalibur em Las Vegas – 28 pavimentos em Alvenaria Estrutural. Fonte: [www.structurae.de](http://www.structurae.de)

Figura 5.12: Conjunto habitacional pertencente ao PAR - Programa de Arrendamento Residencial - sendo executado em alvenaria estrutural. Samambaia - DF. Fonte: MBR Engenharia.

Figura 5.13: Condomínio Vivenda Ecoville localizado em Porto Alegre-RS. Modelo construído do sobrado em alvenaria estrutural (a) e a obra em execução (b). Fonte: Foto do autor.

Figura 5.14: Condomínio Pateo Lisboa localizado em Porto Alegre-RS. Oito pavimentos em alvenaria estrutural. Perspectiva eletrônica do conjunto (a) e obra em execução (b).

Fonte: (a) [www.cadizc.com.br](http://www.cadizc.com.br) (b) Foto do autor.

Figura 5.15: Condomínio Vila Borghese Residence localizado em Luís Eduardo Magalhães-BA. Oito pavimentos em alvenaria estrutural. Construção da 1ª torre em estágio avançado (a), 2ª torre em execução e salão de festas ao fundo (b). Fonte: Foto do autor.

Figura 5.16: Gráfico do crescimento populacional do DF 1991-2007.

Fonte: IBGE – População Residente em 1 de abril de 2007.

Figura 5.17: Grande número de edifícios novos em Águas Claras – DF.

Fonte: Administração de Águas Claras.

Figura 5.18: Novos canteiros de obra em Águas Claras – DF.

Fonte: Administração de Águas Claras.

Figura 5.19: Setor Noroeste: novo bairro a ser construído em Brasília.

Fonte: [www.correiobrasiliense.com.br](http://www.correiobrasiliense.com.br)

Figura 5.20: Resumo das obras concluídas recentemente em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).

Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos)

Figura 5.21: Resumo das obras em andamento em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).

Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

Figura 5.22: Planta de apartamento de três quartos de edifício em alvenaria estrutural localizado em Águas Claras – DF (a) e sua equivalente planta de execução (b).

Fonte: (a) Giovaninni Lettieri Arquitetura e (b) OSMB Projetos e Consultoria S/C.

Figura 5.23: Edifício em construção em alvenaria estrutural voltado para a classe média em Águas Claras – DF. Fonte: Foto do autor.

Figura 5.24: Edifício em construção em alvenaria estrutural voltado para a classe média em Taguatinga – DF. Fonte: Foto do autor.

Figura 5.25: Aplicação de revestimento de gesso sobre as paredes e utilização de janelas prontas e com vidro. Fonte: Foto do autor.

Figura 5.26: Operários assentando os blocos estruturais.

Fonte: Foto do autor.

Figura 5.27: Uso de shafts para descida de tubulações.

Fonte: Foto do autor.

Figura 5.28: Instalações hidro-sanitárias fora das paredes.

Fonte: Foto do autor.

Figura 5.29: Triagem dos blocos estruturais. Fonte: Foto do autor.

Figura 5.30: Triagem de blocos estruturais. Fonte: Foto do autor.

Figura 5.31: Perspectiva eletrônica de conjunto habitacional em alvenaria estrutural voltado para o segmento popular em Samambaia – DF (a) e (b) e construção deste empreendimento (c).

Fonte: (a) e (b) Ilustração do autor, (c) MBR Engenharia.

Figura 5.32: Planta de apartamento de dois quartos de edifício em alvenaria estrutural voltado para o segmento popular localizado em Samambaia – DF (a) e sua equivalente planta de execução (b).

Fonte: (a) Silvio Zuppa Arquitetura e (b) TOR Engenharia

Figura 5.33: Edifício de apartamentos em alvenaria estrutural em Santa Maria-DF. Fonte: Direcional Engenharia.

Figura 5.34: Casa geminada em alvenaria estrutural em Santa Maria-DF. Fonte: Direcional Engenharia.

Figura 6.1: Escombros de um edifício em construção em alvenaria resistente de blocos cerâmicos de vedação. Fonte: HANAI e OLIVEIRA, 2002.

Figura 6.2: O desabamento do edifício Ronan Point (1986)  
Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Figura 6.3: Mecanismos de proteção contra impacto veicular.

Figura 6.4: O membro protegido. Fonte: adaptado de MORTON, 1985.

Figura 6.5: Remoção de paredes – caso “A”. Fonte: Ilustração do autor

Figura 6.6: Remoção de paredes – caso “B”.  
Fonte: Adaptado de GOMES.

Figura 6.7: Remoção de paredes – caso “C”. Fonte: Ilustração do autor

Figura 6.8: Cintas de amarração. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.9: Cintas de amarração horizontais e pilares.  
Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.10: Intervenção em apartamento de edifício padrão popular.  
Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.11: Elevação detalhada da parede onde ocorreu a intervenção.  
Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.12: Direcionamento das cargas sobre a parede em análise. Fonte:  
Ilustração do autor.

Figura 6.13: Cargas acumuladas sobre a parede em análise. Fonte:  
Ilustração do autor

Figura 6.14: Esquema estático da parede em análise submetida à  
compressão. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.15: Subdivisão da parede em malha. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.16: Subdivisão da parede com intervenção em malha. Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.17: Mecanismo de ruptura da parede submetida à carga máxima na situação 1 (sem intervenção).  
Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.18: Mecanismo de ruptura da parede submetida à carga máxima na situação 2 (remoção de material). Fonte: Ilustração do autor.

Figura 6.19: Planta de execução de apartamento em Águas Claras – DF  
Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C.

Figura 6.20: Variações da planta oferecidas ao cliente em apartamento em Águas Claras – DF. Fonte: Construtora Argus.

Figura 6.21: Variações da planta oferecidas ao cliente em apartamento em Águas Claras – DF. Fonte: Construtora Argus.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: DÉFICIT HABITACIONAL(1) EM RELAÇÃO AOS DOMICÍLIOS PERMANENTES – ÁREA URBANAS E RURAIS - BRASIL, UNIDADES DA FEDERAÇÃO – 2006.

Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2006

Tabela 3.1: Quantidade de paredes necessárias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edifícios. Fonte: MASCARÓ, 2006.

Tabela 5.1: Número de edifícios existentes em Portugal para os diferentes materiais de construção. Fonte: Adaptado de LOURENÇO, 1999.

Tabela 5.2: Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno.

Fontes:

(1) IBGE, População residente, em 1º de abril de 2007, Publicação Completa. Acessado em 20 de janeiro de 2008

(2)IBGE, Área Territorial Oficial, Resolução nº 5 de 10 de outubro de 2002. Acessado em 20 de janeiro de 2008.

(3)PNUD, Ranking decrescente do IDH dos municípios do Brasil 1991-2000 - página visitada em 20 de janeiro de 2008

(4)IBGE, Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2005 - página visitada em 20 de janeiro de 2008.

Tabela 5.3: Resumo das obras concluídas recentemente em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).

Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

Tabela 5.4: Resumo das obras em andamento em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).

Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

Tabela 5.5: Resistência mínima dos elementos de alvenaria.

Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C

Tabela 5.6: Quantidade de blocos por pavimento

Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C

Tabela 6.1: Resistência Média dos Materiais e Componentes da Alvenaria Resistente. Fonte: HANAÍ e OLIVEIRA, 2002.

Tabela 6.2: Risco de morte de uma pessoa por ano nos EUA em 1966.

Fonte: adaptado de Hendry, 1987.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xvii

### CAPÍTULO 1

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	01
1.2 OBJETIVOS .....	04
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	04
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	04

### CAPÍTULO 2

<b>ASPECTOS HISTÓRICOS .....</b>	<b>05</b>
----------------------------------	-----------

### CAPÍTULO 3

<b>PROJETO .....</b>	<b>12</b>
3.1 CONCEITOS BÁSICOS .....	12
3.2 A IMPORTÂNCIA DO PROJETO .....	15
3.3 A DISSOCIAÇÃO "PROJETAR X CONSTRUIR" .....	18
3.4 O PROJETO ARQUITETÔNICO .....	20
3.5 OS PROJETOS COMPLEMENTARES .....	21
3.6 A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS .....	23
3.7 O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL .....	24
3.8 O PARTIDO ARQUITETÔNICO .....	25
3.9 A VOLUMETRIA .....	26
3.10 A CONFIGURAÇÃO GERAL DAS PAREDES .....	29

3.11 A COORDENAÇÃO MODULAR .....	34
3.12 TIPOS DE BLOCOS .....	35
3.13 O ARRANJO DAS PAREDES .....	38
3.14 A AMARRAÇÃO ENTRE PAREDES .....	40
3.15 LAJES .....	45
3.16 ABERTURAS .....	47
3.16.1 JANELAS .....	47
3.16.2 PORTAS .....	49
3.17 INSTALAÇÕES .....	51
3.18 ESCADAS .....	55
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>CONCEITOS IMPORTANTES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS EM</b>	
<b>ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>58</b>
4.1 INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO.....	58
4.2 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA .....	62
4.3 CONSTRUTIBILIDADE .....	64
4.4 DESEMPENHO .....	66
4.5 PROJETO TOTAL .....	67
4.6 PROJETO PARA PRODUÇÃO .....	69
4.7 ENGENHARIA SIMULTÂNEA .....	71
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>73</b>
5.1 A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL FORA DO BRASIL ..	73
5.2 A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL .....	80
5.3 A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL	
NO DISTRITO FEDERAL .....	86

**CAPÍTULO 6**

<b>ASPECTOS CULTURAIS DA UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL .....</b>	<b>108</b>
6.1 ANÁLISE DE ACIDENTES ESTRUTURAIS EM ALVENARIA ESTRUTURAL ....	109
6.2 A PREVENÇÃO AO COLAPSO PROGRESSIVO CAUSADO POR DANOS ACIDENTAIS OU REMOÇÃO DE PAREDES .....	112
6.2.1 AS RECOMENDAÇÕES DA NORMA BRITÂNICA BS5628: <i>The Structural Use of Mansory</i> .....	114
6.3 SIMULAÇÃO DE INTERVENÇÃO EM PAREDE ESTRUTURAL COM REMOÇÃO DE MATERIAL .....	121
6.4 O MITO DA INFLEXIBILIDADE ARQUITETÔNICA .....	132
 <b>CONCLUSÃO .....</b>	 <b>137</b>
 <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	 <b>141</b>

## CAPÍTULO 1

---

### INTRODUÇÃO

#### 1.1 – JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil brasileira passa por um momento de intensas modificações em seus processos. Neste novo cenário de alta competitividade que se apresenta, motivado pela estabilidade da moeda e pelo crescimento econômico, mostram-se necessários aprimoramentos nas mais diversas esferas para garantir o sucesso das empresas do setor. É notável a necessidade de especialização dos profissionais da área, bem como incrementos na qualidade dos produtos e obras civis, na rapidez de execução, na redução de custos, na durabilidade e na preservação do meio ambiente.

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2007), o macrossetor da construção em 2004, participou diretamente com 10,65% do PIB nacional e com 18,4% do PIB no conjunto dos efeitos diretos, indiretos e induzidos.

É notória a importância da construção civil na geração de empregos na economia brasileira. O número de pessoas ocupadas diretamente nas atividades do macrossetor da construção é de 5,424 milhões de trabalhadores, o que representa cerca de 9% do total do pessoal ocupado na economia. Se somarmos a geração de empregos diretos e indiretos o montante chega a 6,560 milhões de trabalhadores. E acrescentando-se ainda os empregos derivados dos efeitos induzidos, o macrossetor da construção gera ao todo 9,089 milhões de postos de trabalho (SOUZA, 2010).

Desta forma, os benefícios obtidos neste setor se refletem nas mais diferentes esferas da sociedade. Ademais, o concreto armado,

notavelmente o sistema estrutural mais utilizado no Brasil, tem, em sua composição, dois elementos de alto grau de energia incorporada (o cimento e o aço) e economias feitas neste sentido resultam em benefícios ambientais de grande vulto.

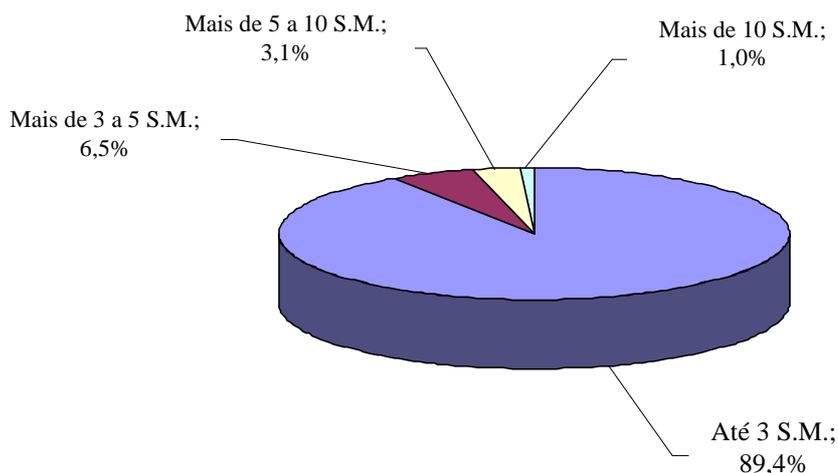
De acordo com a FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO e o PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (2008), o déficit habitacional do Brasil, em 2007, é de cerca de 6,3 milhões de domicílios (tabela 1.1).

**Tabela 1.1: DÉFICIT HABITACIONAL EM RELAÇÃO AOS DOMICÍLIOS PARTICULARES PERMANENTES – BRASIL, UNIDADES DA FEDERAÇÃO – 2007.**

<b>ESPECIFICAÇÃO</b>	<b>TOTAL</b>
<b>NORTE</b>	<b>652.684</b>
Rondônia	52.472
Acre	21.063
Amazonas	146.268
Roraima	16.379
Pará	317.089
Amapá	30.449
Tocantins	68.964
<b>NORDESTE</b>	<b>2.144.384</b>
Maranhão	461.396
Piauí	139.318
Ceará	314.949
Rio Grande do Norte	117.647
Paraíba	122.166
Pernambuco	281.486
Alagoas	123.245
Sergipe	73.499
Bahia	510.677
<b>SUDESTE</b>	<b>2.335.415</b>
Minas Gerais	521.085
Espírito Santo	101.124
Rio de Janeiro	478.901
São Paulo	1.234.306
<b>SUL</b>	<b>703.167</b>
Paraná	272.542
Santa Catarina	145.363
Rio Grande do Sul	285.261
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>436.995</b>
Mato Grosso do Sul	76.027
Mato Grosso	86.679
Goiás	167.042
Distrito Federal	107.248
<b>BRASIL</b>	<b>6.272.645</b>

Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2007

O gráfico da figura 1.1 confirma que mais de 90% das famílias que demandam uma nova moradia têm renda média mensal de até três salários mínimos. Somadas às famílias na faixa de renda imediatamente superior, entre três e cinco salários mínimos, representam quase a totalidade do déficit habitacional (considerando apenas o segmento urbano da população).



**Figura 1.1: Déficit Habitacional Urbano, segundo faixas de renda média familiar mensal Brasil - 2007**

Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2007

Nota: s.m.: salário mínimo.

Este vultoso déficit e a faixa social em que ele se concentra é, também, uma razão pela qual os profissionais da área de construção civil estejam buscando opções construtivas que permitam maior economia com garantia de qualidade.

Neste contexto, a alvenaria estrutural apresenta-se como uma alternativa eficiente e viável, na medida em que permite a fácil incorporação de conceitos de racionalização, produtividade, qualidade e possibilita a produção de edificações com baixo custo e características técnicas plenamente satisfatórias.

## **1.2 – OBJETIVOS**

### 1.2.1 – OBJETIVO GERAL

Contribuir para o aprimoramento dos projetos de edifícios em alvenaria estrutural e disseminação do uso deste sistema construtivo.

### 1.2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reunir o máximo de informações sobre o sistema construtivo alvenaria estrutural de modo a gerar bibliografia de referência para estudantes e profissionais do Distrito Federal, com ênfase nos arquitetos;
- Elaborar um panorama da utilização deste sistema construtivo no Distrito Federal;
- Acumular informações que possibilitem enfrentar o preconceito cultural com relação à alvenaria estrutural;
- Dar início a uma linha de pesquisa deste tema na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília;

---

**ASPECTOS HISTÓRICOS**

“A arquitetura, atividade humana existente desde que o homem passou a se abrigar das intempéries, sempre teve a função de atender às necessidades elementares de construção de um espaço vivencial, como habitar, trabalhar, estudar e se alimentar” (D´ALAMBERT,1993).

Os primeiros abrigos encontrados foram as cavernas naturais, tendo evoluído para as grutas escavadas e, em seguida, as construções. Os abrigos construídos utilizavam materiais que a natureza oferecia, tais como: troncos de árvore, galhos cobertos com peles de animais, palha e barro.

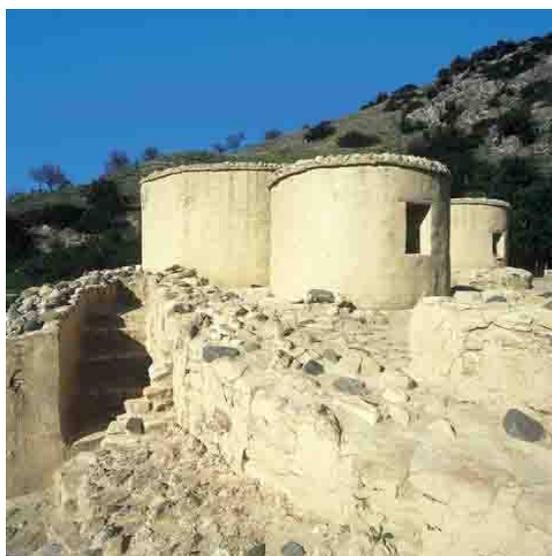
Em cada local do mundo, as construções se desenvolveram de acordo com características inerentes ao sítio, sejam elas de âmbito prático ou subjetivo. As necessidades climáticas, os materiais da região, o conhecimento técnico existente e a cultura artística da época são exemplos destes fatores. A combinação deles originou as soluções construtivas regionais que, com o passar dos anos e da evolução na técnica, definiram os rumos da arquitetura do mundo.

Ao longo da história, diferentes tipos de sistemas construtivos foram utilizados. No entanto, é perceptível que todos eles, nos primórdios, eram derivados de materiais encontrados facilmente na natureza, configurando o extrativismo e a caça como os primeiros modos de produção de materiais de construção.

No Japão, a madeira era abundante e por esta razão, foi muito utilizada nas construções de sua História. A Grécia desenvolveu uma arquitetura de pedra muito provavelmente devido às suas pedreiras de mármore. Já na Mesopotâmia, como a pedra e a madeira não eram materiais facilmente encontrados, a argila, foi o principal componente das construções locais, permitindo o desenvolvimento dos tijolos,

conhecidos e empregados até hoje (MUMFORD, 1998 apud MELO, 2006).

As primeiras habitações permanentes em alvenaria de pedra não-argamassada foram encontradas no lago Hullen em Israel e datam de 9.000 a 8.000 a.C.. Outros vestígios, descobertos nas escavações de Aïn Mallaha na Anatólia (atual Turquia) e em Tell Mureybet na Síria - Palestina, revelaram casas de estrutura circular com diâmetros entre 6m e 10m, semi-enterradas com uma profundidade de cerca de 0,70m. As paredes eram de pedra e a cobertura era formada por camadas de barro sobre uma armação. Um exemplo deste gênero de arquitetura é

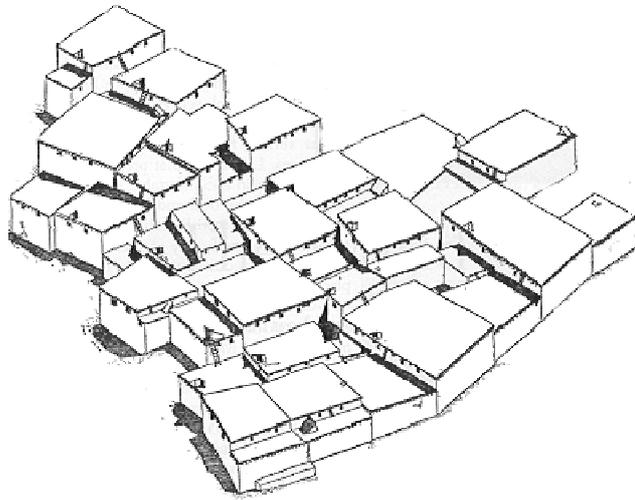


**Figura 2.1:** Khiroitikia – Aldeia Neolítica no Chipre. Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

a cidade de Khiroitikia no Chipre, constituída por casas em forma de colméia, construídas com paredes de alvenaria de pedra e telhados de adobe em forma de cúpula. Algumas têm um segundo andar realizado com troncos de madeira sustentados por paredes e por pilares de pedra (LOURENÇO, 1999) (figura 2.1).

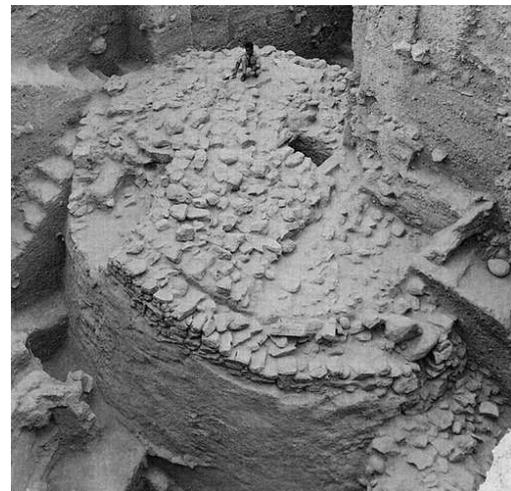
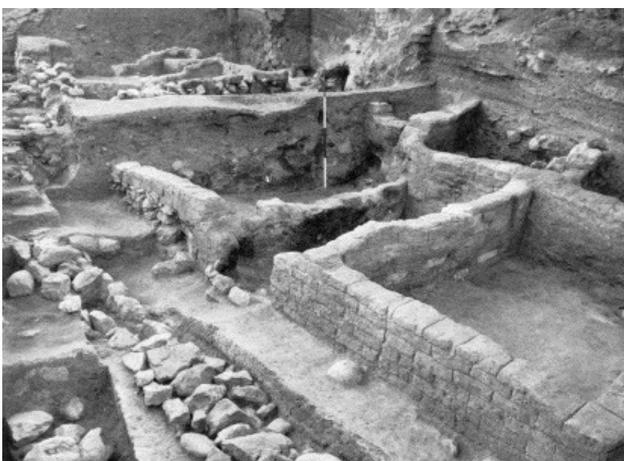
A mudança da estrutura circular para a retangular ocorre em 7.700-7.600 a.C. Esta mudança é relevante porque esta forma permite ampliações e reflete um certo cuidado com o espaço urbano. Uma das cidades conhecidas é Çatal-Hüyük na Anatólia (atual Turquia) e que remonta a 6.500 a.C. Nesta cidade, as casas de tijolo formam um Bloco

compacto, sem ruas, e a circulação ocorre por sobre os telhados (LOURENÇO, 1999) (figura 2.2).



**Figura 2.2:** Reconstituição esquemática das casas em terraço de Çatal-Hüyük  
Fonte: LOURENÇO, 1999.

Jericó, que, na história contada na Bíblia, foi destruída pelo som das trombetas de Josué, é uma das cidades mais antigas do mundo. Inicialmente, as casas eram circulares e ovaladas, construídas com adobe e as coberturas eram em cúpula. Mais tarde, a planta das casas passou a ser retangular, tendo as habitações mais que um andar. A cidade era circundada por uma muralha que atingia cerca de 3,5m de altura por 2m de espessura e com torres circulares. Uma dessas torres



**Figura 2.3:** As Ruínas de Jericó  
Fonte: [www.sedin.org](http://www.sedin.org)

permanece até os dias de hoje e possui uma altura de 9m (LOURENÇO, 1999) (figura 2.3).

Outros exemplos do uso da alvenaria de pedra são a arquitetura Egípcia, com suas pirâmides faraônicas (cerca 2800-2000 a.C.), a arquitetura Romana e Românica com os seus templos, palácios, arcos, colunas, igrejas, pontes e aquedutos (c. 0-1200 d.C.) e a arquitetura Gótica com as suas magníficas catedrais (c. 1200-1660 d.C.).

A técnica de construção com alvenaria de pedra, também chamada de cantaria (figura 2.4), apesar de sua grande difusão ao longo da História, possuía alguns pontos negativos:

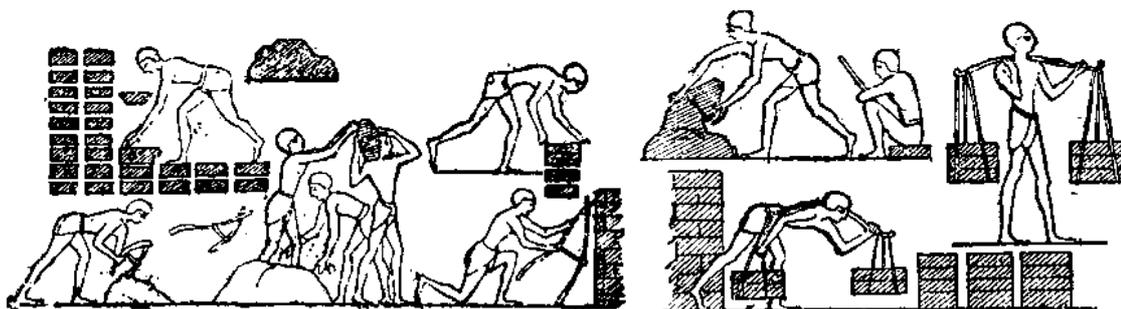
1. As rochas eram muito pesadas e exigiam o emprego de um grande número de trabalhadores para executar uma construção;
2. Esse enorme peso das paredes de rocha determinavam que as fundações também fossem de grandes dimensões;
3. O tempo de execução de uma obra era extremamente longo, pelo motivos citados anteriormente (BRAZ, 2001).

O tijolo de barro seco ao sol (adobe) mostrava-se então, desde os primórdios da civilização, como uma boa alternativa à construção civil. Os tijolos eram fáceis de se moldar, tinham o peso reduzido, e podiam



**Figura 2.4:** Exemplos de cantaria de pedra: à esquerda, Castelo de Santa Maria da Feira, no distrito de Aveiro, Portugal; à direita, reconstrução da Igreja Matriz de Pirenópolis – GO.  
Fontes: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) e [www.pirenopolis.tur.br](http://www.pirenopolis.tur.br)

gerar paredes duráveis e resistentes ao fogo. No oriente médio, a abundância de argila, o clima quente e seco necessário para secar o tijolo e a falta de madeira e pedra para construção conduziram ao desenvolvimento do tijolo de barro. No Egito Antigo, o material mais utilizado na construção de habitações era o tijolo seco ao sol, geralmente de lama do Nilo. A forma de produção de tijolos está documentada numa pintura do túmulo de Rekhmara (c. 1500 a.C.) (LOURENÇO, 1999) (figura 2.4).



**Figura 2.5:** Produção de tijolos no Egito, representada em pintura no túmulo de Rekhmara em Tebas (c.1500 a.C.) Fonte: LOURENÇO, 1999.

Os babilônios evoluíram a técnica da produção de tijolos ao passarem a utilizar fornos para o cozimento dos tijolos.

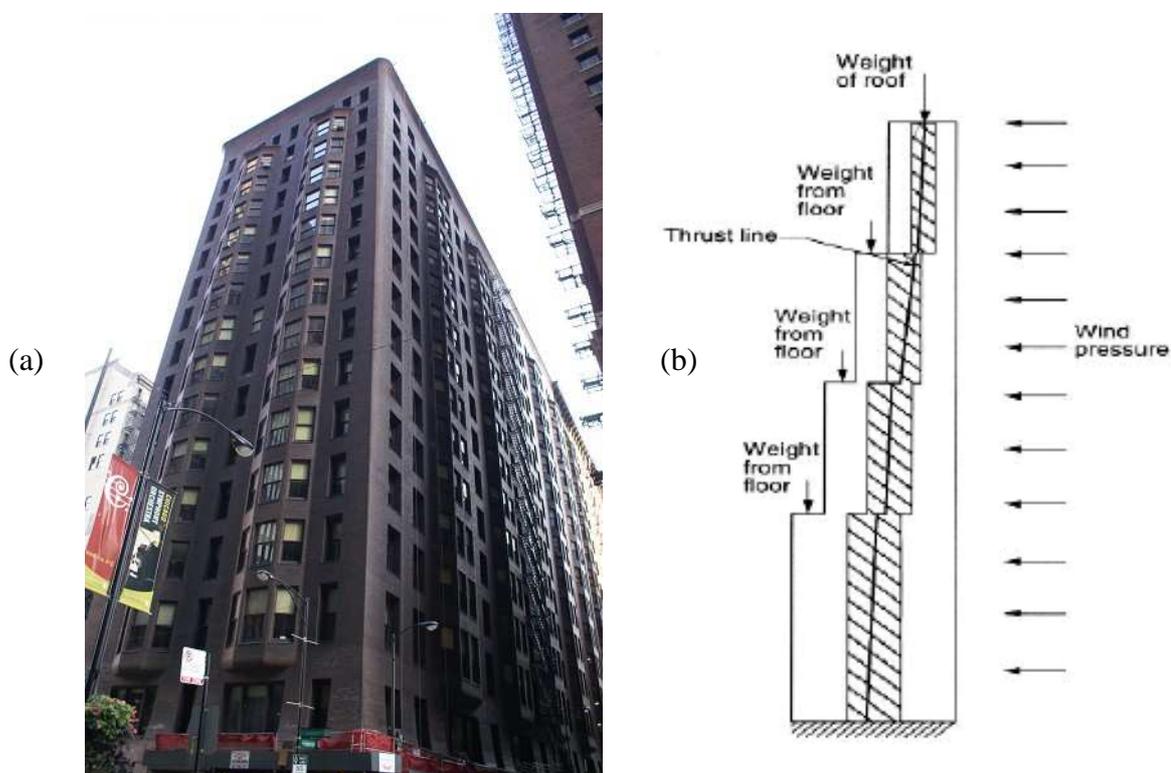
Esta referência está no Antigo Testamento, Gênesis 11-3: “Façamos tijolos e queimemo-los bem. E foi-lhes o tijolo por pedra e o betume por cal. (...) Edifiquemos uma cidade e uma torre, cujo cume toque os céus”. E construíram provavelmente o primeiro arranha-céus da história, uma vez que se estima que a Torre de Babel tivesse uma altura de 90m. A cidade da Babilônia (1.900-600 a.C.), situada ao longo das margens do rio Eufrates, sobre o qual existia uma ponte de tijolo com 115m de comprimento, era um exemplo de grandiosidade e técnica (LOURENÇO, 1999).

No norte da Europa, já durante idade média, as construções eram quase todas dominadas pelo tijolo devido à escassez de pedra nestas regiões.

Em meados do século XIX, com a Revolução Industrial e a revolução nos transportes que a acompanhou, foi possível desenvolver a

mecanização na produção dos materiais de construção o que tornou os insumos e os produtos necessários para a construção civil mais disponíveis. Os avanços tecnológicos melhoraram as ferramentas e os métodos usados na fabricação dos materiais.

Entretanto, um dos problemas ainda não havia sido solucionado em construções utilizando alvenaria auto-portante: as enormes espessuras das paredes nos primeiros andares de uma edificação. Um exemplo desta problemática é o edifício Monadnock Building, em Chicago, com 16 pavimentos, construído em alvenaria de tijolos maciços, gerando paredes de espessura de 1,80m no primeiro pavimento (figura 2.5).



**Figura 2.6:** (a) Monadnock Building, Chicago, 16 pavimentos em tijolos maciços. Fonte: [www.structurae.de](http://www.structurae.de). (b) Ações sobre uma parede exterior (peso próprio sobrecarga e vento) e respectiva linha de pressões. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Mostrava-se, então, muito necessário obter uma maneira de construir edifícios com aproveitamento satisfatório dos espaços também nos primeiros pavimentos.

Neste mesmo período, as teorias de utilização do ferro fundido, e, mais tarde, do aço, como solução estrutural foram as primeiras

inovações que surgiram como opção à alvenaria estrutural. As estruturas metálicas, dada a sua capacidade de receber altas cargas e levá-las a pontos isolados, retiravam a alvenaria dos focos de discussão sobre estruturas para a construção civil. A alvenaria passaria a ser gradativamente utilizada quase que somente como função de vedação (BRAZ, 2001).

No início do século XX, o concreto armado surgiu como uma solução tão eficaz quanto o aço estrutural, sendo, contudo, mais econômico. Tinha, como vantagem, o fato de grande parte de sua matéria prima ser extraída diretamente da natureza (areia e brita) e o processo de obtenção do cimento ser menos complexo industrialmente. A fabricação dos vergalhões era menos dispendiosa e a madeira para a confecção das formas ainda era de fácil obtenção. Além disso, o concreto armado apresentava a grande vantagem de sua moldabilidade, tornando possível estruturas mais arrojadas e de maior valor estético.

Todavia, o concreto armado, que parecia ser a solução definitiva para as estruturas das edificações do século XX e XXI, passou a sofrer provas de sobrevivência quando as formas de madeira tiveram seus custos elevados e os processos construtivos passaram a ser o diferencial no custo dos grandes empreendimentos.

Em meados do século XX, a alvenaria, então, voltou a ser opção interessante como elemento estrutural. Após a retomada de estudos sobre o tema, foi possível dotar a alvenaria de capacidade de resistência às cargas de compressão utilizando poucas espessuras (por meio do bloco de concreto) e rigidez suficiente para absorver esforços horizontais (por meio das armações com vergalhões agindo em conjunto com as lajes).

**PROJETO****3.1 – CONCEITOS BÁSICOS**

Objetiva-se, neste item, apresentar algumas definições de termos de uso corriqueiro na construção civil e também de uso específico no universo da alvenaria estrutural.

**a) Alvenaria**

SABBATINI (1984) analisa diversas definições e apresenta o seguinte conceito para o termo alvenaria: “A alvenaria é um componente complexo utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso”.

**b) Alvenaria Estrutural**

É a alvenaria capaz de resistir a esforços solicitantes (além do peso próprio) fazendo uso das qualidades de seu material componente e da rígida ligação entre as unidades. Entende-se por alvenaria estrutural aquela dimensionada por cálculo racional.

**c) Bloco de Concreto**

“É a unidade de alvenaria constituída pela mistura homogênea, adequadamente proporcionada, de cimento Portland, agregado miúdo e graúdo, conformado através de vibração e prensagem, que possui dimensões superiores a 250x120x55 mm (comprimento, largura e altura)” (MEDEIROS, 1993 apud SILVA, 2003). Quanto à forma, os blocos podem ser maciços ou vazados. São considerados maciços aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total. Se os vazios excederem esse limite, a unidade é classificada como vazada (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

#### f) Alvenaria Estrutural Não Armada

Segundo a ABNT (NBR 10837/89), é aquela construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, e que contém armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção dos esforços calculados.

#### g) Alvenaria Estrutural Armada

Aquela construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa, na qual alguns vazados são preenchidos continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração (NBR 10837/89).

#### h) Parede

Elemento laminar vertical, apoiado de modo contínuo em toda a sua base, com comprimento maior que cinco vezes a espessura (NBR 10837/89).

#### i) Pilar

Todo elemento estrutural em que a seção transversal retangular utilizada no cálculo do esforço resistente possui relação de lados inferior a cinco (NBR 10837/89).

#### j) Verga

Denomina-se verga o elemento estrutural colocado sobre vãos de aberturas não maiores que 1,20 m, com a finalidade de transmitir cargas verticais para os trechos adjacentes ao vão (NBR 10837/89).

#### k) Contra-verga

Elemento estrutural colocado sob o vão da abertura, com a finalidade de absorver eventuais tensões de tração (SANTOS, 1998).

#### l) Argamassa

Composto resultante da mistura de areia, cimento, cal, água e possíveis aditivos. Pode ser fabricado em obra ou industrializado. Possui as funções básicas de solidarizar as unidades, transmitir e uniformizar as tensões entre as unidades de alvenaria, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e de vento nas edificações. Deve reunir

boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade e durabilidade (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

m) Junta de Argamassa

“É a lâmina ou cordão de argamassa endurecida, intercalado e aderente às unidades de alvenaria, que garante a monoliticidade da alvenaria” (SILVA, 2003).

n) Graute (ou *grout*)

Elemento para preenchimento dos vazios dos blocos e canaletas para solidarização da armadura a estes elementos e/ou aumento de capacidade portante; composto de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo, água e cal ou outra adição destinada a conferir trabalhabilidade e retenção de água de hidratação à mistura (SANTOS, 1998).

SABBATINI (1989) acrescenta definições referentes ao processo de execução de alvenaria estrutural:

i) **Técnica Construtiva**: é um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção. Segundo GAMA (1987), **técnica** é o conjunto de regras práticas para realizar determinadas atividades, envolvendo a habilidade do executor. Deste modo entende-se por técnicas construtivas, as operações de elevação de uma parede de alvenaria, a montagem de uma fôrma de madeira para moldar uma laje de concreto, o assentamento de uma esquadria de janela, a fixação de uma porta, o assentamento de piso, o embutimento de canalizações elétricas ou hidráulicas, etc.

ii) **Método Construtivo**: é um conjunto de técnicas construtivas interdependentes e adequadamente organizadas (noção de precedência e seqüência), empregadas na construção de uma parte (subsistemas ou elementos) de uma edificação.

iii) **Processo Construtivo**: é um organizado e bem definido modo de construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício (invólucro). Como se vê a

terminologia adotada subordina a técnica ao método e este ao processo. Todos estes três termos correspondem a modos de se produzir uma obra, sendo empregados para representar a transformação de objetos de uma para outra forma. Todos são conjuntos de operações, de procedimentos sistematizados que, no entanto, são termos para os quais adotam-se significados diferentes.

iv) **Sistema Construtivo**: é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo.

Os termos expostos seguem uma seqüência hierárquica, no qual o sistema engloba todos os processos construtivos que, por sua vez, são resultado dos métodos aplicados e das técnicas construtivas conhecidas e experimentadas.

### **3.2 - A IMPORTÂNCIA DO PROJETO**

O cenário da construção civil brasileira apresentou, nos últimos anos, relevante evolução no que tange às técnicas construtivas, mecanização dos canteiros, segurança dos operários e profissionalismo das empresas. No entanto, uma grande barreira ainda a ser ultrapassada é a qualidade dos projetos.

Observa-se que, no Brasil, a etapa de projeto é frequentemente menosprezada em relação a outras etapas de um empreendimento. Em oposição ao que se verifica em países mais desenvolvidos, onde o tempo de projeto pode ser superior ao tempo de obra, verifica-se, aqui, um profundo esvaziamento em seu significado. Em muitos casos, os projetos são elaborados com a intenção apenas de cumprir às exigências legais.

Este fenômeno termina por comprimir o preço e prazo dos projetos, postergando-se grande parte das decisões para a etapa da obra, comprometendo a qualidade do produto final.

Este raciocínio é por demais errôneo, tendo em vista que os custos de projeto variam em média de 1,6% a 2,7% do custo total de um edifício (GOLDMAN, 1986), portanto, é menos custoso corrigir um projeto que arcar com as conseqüências do mau planejamento ou consertar eventuais patologias. FRANCO e AGOPYAN (1993) complementam essa idéia ao afirmarem que "qualquer medida tomada posteriormente [à etapa de projetos] terá uma grande interferência nas etapas de produção, enquanto que as tomadas nesta fase têm interferência apenas no trabalho dos projetistas". Os custos relativamente baixos dos projetos mascaram, portanto, a sua real relevância para a totalidade de economia da edificação (NOVAES, 2001).

Um levantamento feito por FRUET e FORMOSO (1995), com 45 empresas de construção civil de pequeno porte, indicou que mais de 90% das empresas efetuam modificações de projeto durante a obra e a freqüência dos problemas encontrados na elaboração de projetos foi de 53% relativas à incompatibilidade entre diferentes atividades técnicas.

Ora, o projeto, por ser uma das etapas iniciais do processo da construção, possui influência decisiva na exeqüibilidade da obra e determinação do desempenho do "ambiente construído", pois é nessa fase que são definidas as características da edificação e são considerados os aspectos relacionados à sua qualidade e custos (RAUBER, 2005).

Para OLIVEIRA e MELHADO (2005), o projeto consiste em uma importante ferramenta para o alcance dos objetivos estratégicos dos empreendedores, assim como para viabilizar o crescimento das empresas. O potencial de influenciar e definir as características físicas do produto edificado faz com que o projeto desempenhe um papel de otimizador dos processos de construção além de ser um instrumento com capacidade para incrementar a satisfação dos usuários finais.

Segundo PICCHI (1993), o projeto tem importância primordial na qualidade das edificações, sendo apontado como a principal origem de patologias das construções, em diversos estudos estrangeiros.

MELHADO (1994) salienta que o projeto consiste em uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução.

MESSEGUER (1991) afirma que 60% dos erros em construções, grandes e pequenas, têm sua origem em erros cometidos nas fases iniciais do trabalho. MOTTEU e CNUUDE (1989) apud FRANCO e AGOPYAN (1993) são ainda mais incisivos ao colocarem que, baseados em um estudo sobre origens dos problemas patológicos realizados pelo CSTB ("Centre Scientifique et Technique de la Construction") da Bélgica, atribuem 80% das causas de "não qualidade" a defeitos de gestão de projeto, "notadamente um estudo incompleto ou mal realizado, uma preparação insuficiente do trabalho, uma má especificação dos materiais".

A figura 3.1 confirma essa idéia graficamente onde se observa que as etapas iniciais de um empreendimento são, de fato, as que têm maior capacidade de influenciar o custo final.

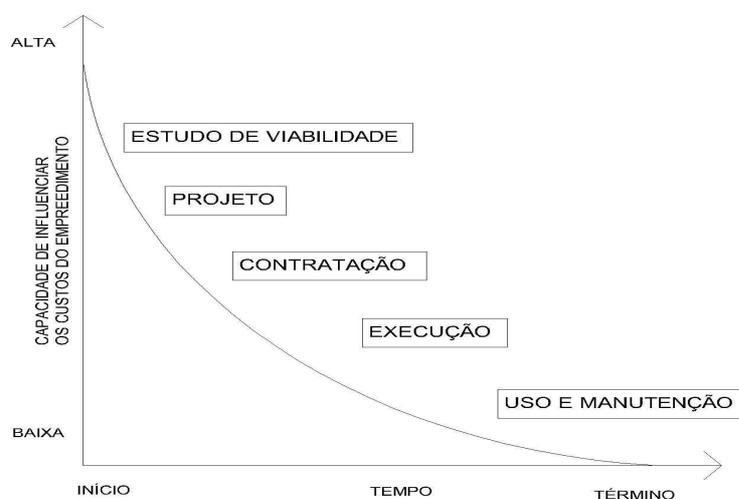


Figura 3.1: Capacidade de influenciar os custos do empreendimento.

Fonte : O'CONNOR e DAVIES, 1988..

Projetos elaborados com distorções e com deficiências podem causar graves problemas no decorrer do processo de construção, acarretando, muitas vezes, em retrabalhos, patologias ou até mesmo redução da vida útil do edifício. Um estudo apresentado por CHAMOSA e ORTIZ (1985) e CARMONA e MAREGA (1988), citado por NINCE (1996) indica uma influência significativa do projeto na origem das manifestações patológicas observadas em prédios da Bélgica, Grã-Bretanha, Alemanha e Dinamarca. Dentre os problemas verificados, de 37% a 48% têm origem na etapa de projetos (Figura 3.2).

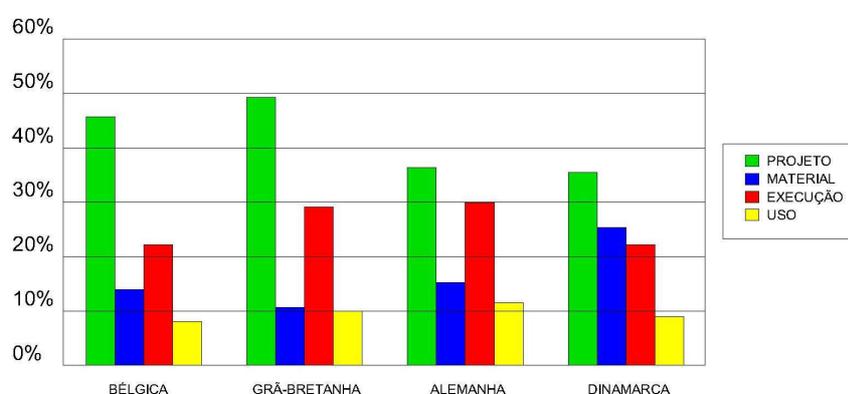


Figura 3.2: Origem das manifestações patológicas em países da Europa

Fonte: adaptado de CHAMOSA e ORTIZ (1985) e CARMONA e MAREGA (1988) por HELENE, 1988.

### 3.3 - A DISSOCIAÇÃO “PROJETAR X CONSTRUIR”

Outro fator relevante para a má qualidade dos projetos no Brasil é a dissociação significativa entre a atividade de projeto e a atividade de construção. Sabe-se que profissionais especializados em projeto, dificilmente, visitam canteiros de obras e os executores de obras não costumam produzir projetos. MELO (2006) acrescenta o afastamento do arquiteto dos assuntos relacionados ao comportamento estrutural, bem como do funcionamento hidráulico e elétrico de uma edificação, como razão da má concepção dos projetos.

A razão deste afastamento pode estar na diferente formação destes dois profissionais, normalmente, composto pelo arquiteto projetista e pelo engenheiro civil executor de obras. Esta dificuldade de

interação se justifica pelo distanciamento do sistema disciplinar acadêmico dos cursos de arquitetura e engenharia civil. Segundo CORRÊA e NAVIERO (2001), as autoridades acadêmicas têm-se preocupado mais com os aspectos de especialização de seus cursos do que os de relacionamento com os demais.

De acordo com LOLLO e SOBRINHO (2000), existe uma pulverização do conhecimento nas universidades sem uma inter-relação clara entre os assuntos, propiciando ao aluno uma visão compartimentada do conhecimento, dificultando a integração do conhecimento entre diferentes disciplinas. Em muitos casos, a dificuldade de entender com clareza os motivos da existência de tais disciplinas funciona como um estímulo negativo a seu estudo. Dessa forma, os alunos, mesmo que vindo a ser aprovados na disciplina, não a aproveitam de maneira correta, orientando seus estudos unicamente no sentido de sua aprovação.

A falta de incentivo sobre esta integração e o freqüente preconceito entre as duas profissões agravam a situação de aprendizagem do estudante de arquitetura e de engenharia civil, uma vez que o assunto é abordado de modo relapso e superficial.

Etimologicamente, a palavra arquitetura vem do grego *archétekon*, que significa "a primeira" ou "a principal" "construção". Já o vocábulo engenharia, tem origem no latim *ingeniu*, que significa faculdade inventiva, talento, habilidade, destreza, sutileza. Apesar de etimologicamente as palavras "arquiteto" e "engenheiro" terem significados diferentes, historicamente eram utilizadas para indicar o mesmo profissional, ou seja, o construtor, o idealizador, o inventor (BARROS e CORREIA, 2007).

NIEMEYER (1986) acrescenta que no passado, projetar e construir representavam uma única tarefa. Com o avanço tecnológico e o advento da sociedade pós-industrial, as construções tornaram-se mais complexas, acarretando o surgimento do arquiteto e do engenheiro

que passaram a ter responsabilidades distintas: projetar edifícios e criar meios de construí-los, respectivamente.

Segundo MELHADO (2001), trata-se do secular conflito ligado à necessidade de conciliar arte e ciência, de propor soluções capazes de atender não apenas à dimensão formal, mas também às dimensões físicas, legais, sociais e econômicas do projeto. A polêmica sobre o tema existe, pelo menos, desde a época de Vitruvius.

### **3.4 - O PROJETO ARQUITETÔNICO**

O projeto arquitetônico é matriz de toda a concepção da edificação. Todos os outros projetos são elaborados tomando por base as informações primordiais ali contidas. A importância deste projeto é proporcional ao prejuízo obtido por sua má execução, tendo em vista que as decisões tomadas nesta etapa repercutirão em todos os setores do empreendimento.

Cabe ao arquiteto a tarefa de sua elaboração do modo mais abrangente possível, isto é, durante a concepção do projeto arquitetônico, devem ser atendidas exigências de todas as esferas construtivas, tais como formas e proporções plásticas, o sistema construtivo adotado, dimensões dos ambientes, acessibilidade, ventilação, requisitos estruturais, previsão de instalações (elétricas, hidrossanitárias, prevenção contra incêndio), equipamentos (bombas, elevadores, ar-condicionado), materiais de acabamento (revestimentos, pinturas), entre muitas outras. Todos estes condicionantes ainda devem ser adequados a diversos fatores, entre eles, as normas de construção do local, as previsões orçamentárias do empreendedor, a relação urbanística da obra com o entorno, a dificuldade de manutenção e reposição dos materiais utilizados.

Observa-se, portanto, que o nível de complexidade do projeto arquitetônico é muito elevado. Todavia, muitas vezes, não lhe é dada a devida importância. No Brasil, devido ao pouco valor dado ao projeto e

ao conseqüente preço e prazo reduzido, os projetos são elaborados de modo displicente, atingindo apenas um grau indicativo, deixando para outras etapas, decisões que caberiam neste momento.

Além disso, a cultura de se fazer projetos em série, ou seja, faz-se a arquitetura primeiro, para depois se elaborar os projetos complementares, implica em aumentar o risco de incompatibilidades.

Outro fator relevante é o excessivo apego formal e estético do arquiteto durante a concepção. Esta visão é oriunda de vestígios da antiga formação do arquiteto pela Escola de Belas Artes, na qual, a criação artística se sobrepunha às preocupações construtivas. Este pensamento associava o projeto arquitetônico à obra de arte, tendo a liberdade compositiva como o maior enfoque do trabalho.

A boa técnica, no entanto, prevê que o projeto arquitetônico já contenha, desde os primeiros traços, o esboço de como se dará o funcionamento técnico da edificação. Isto é, durante a concepção, o arquiteto deve ter em mente os aspectos construtivos, manipulando todas as variáveis no sentido de harmonizar eventuais conflitos entre a criação e a construção da obra.

Nesta etapa, é que se manifesta a característica generalista do arquiteto, na medida em que sintetiza, no projeto arquitetônico, aspectos físicos, sensoriais, psicológicos, sociológicos e ambientais.

### **3.5 - OS PROJETOS COMPLEMENTARES**

Os projetos complementares abrangem todos os demais projetos de uma edificação, podendo ser divididos em dois subgrupos principais: projeto estrutural e de instalações prediais.

A concepção estrutural de um edifício consiste em se definir no projeto quais os elementos que suportarão os carregamentos provindos das ações verticais e horizontais (ACCETTI, 1998).

Logo, o projeto estrutural detalha os elementos estruturais da edificação bem como a sua fundação.

No caso dos edifícios em alvenaria estrutural, os elementos componentes da estrutura são as paredes portantes e as lajes.

Os projetos de instalações detalham os sistemas de instalações prediais que serão utilizados no edifício. Neste grupo, podem ser citadas as instalações hidráulicas, elétricas, de telefone, gás, prevenção contra incêndio, rede de dados, controle de acesso e vigilância, ar-condicionado, elevadores, entre outros.

Tanto o projeto estrutural quanto os projetos de instalações estão condicionados ao projeto arquitetônico, uma vez que este, para a organização do espaço, supõe a interferência da estrutura (locação de pilares, altura de vigas, vãos máximos de lajes, por exemplo), além de localizar e pré-dimensionar os compartimentos utilizados pelas instalações (*shafts*, rebaixos de forro, quadros de medidores, posição e altura de reservatórios de água, posição de interruptores e tomadas, elevadores, etc.). Assim, para que não haja prejuízo aos projetos complementares, a arquitetura deve ser concebida visando a perfeita compatibilização, o que requer do arquiteto conhecimentos básicos acerca das condições necessárias para a realização dos projetos complementares (RAUBER, 2005).

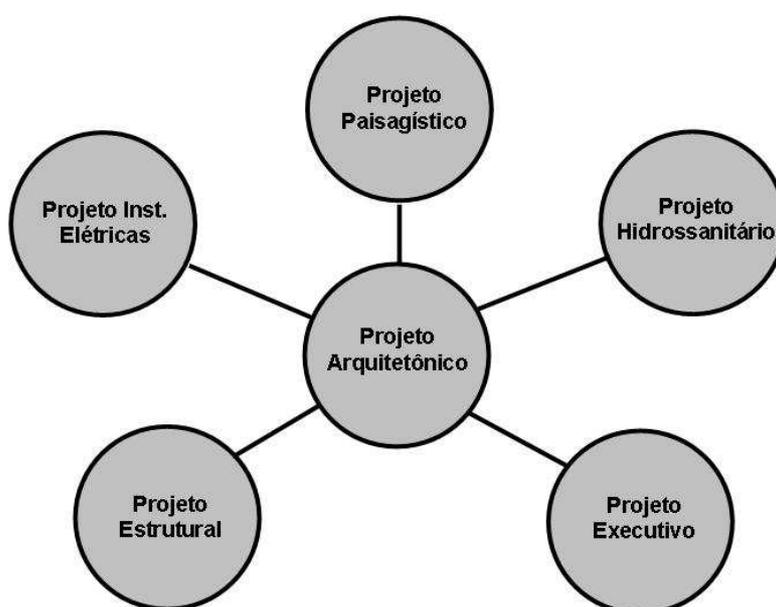


Figura 3.3: A integração dos projetos complementares ao projeto arquitetônico  
Fonte: Ilustração do autor

### 3.6 - A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Freqüentemente, a sobreposição do projeto arquitetônico com os projetos complementares apresenta interferências entre os diversos elementos de uma edificação.

A compatibilização existe para detectar estas interferências ainda na fase de projeto, para então, propor ajustes de modo a harmonizar todos os projetos. Este procedimento evita que as interferências sejam descobertas durante a construção, fato que, geralmente, gera soluções grosseiras, improvisos e retrabalhos.

MELO (2006) acredita que a elaboração adequada de projetos por meio da criação de equipes multidisciplinares e da integração entre os projetistas pode minimizar a incidência de problemas na própria fase de projeto, assim como também nas subseqüentes.

ROMAN (1999) coloca que a coordenação dos projetos eleva a qualidade do projeto global e, conseqüentemente, melhora a qualidade da construção. FRANCO (1993) acrescenta que muitas medidas de racionalização e, praticamente, todas as medidas de controle da qualidade dependem de uma clara especificação na sua fase de concepção. Não é possível controlar uma atividade ou produto, se suas características não se encontrem perfeitamente definidas. Da mesma forma, a execução somente poderá ser planejada de forma eficiente se o projeto apresentar todas as informações necessárias para o planejamento de seu processo executivo.

Conforme aumenta a complexidade do empreendimento, cresce a necessidade da integração entre as atividades técnicas de projeto (arquitetura, estrutura, instalações prediais, iluminação, comunicação visual, paisagismo, impermeabilização, entre outras) para a construção de um edifício. Esta integração permite a troca de informações entre os projetistas a fim de otimizar soluções técnicas e econômicas (CORRÊA e NAVIERO, 2001).

Na alvenaria estrutural existe uma forte interdependência entre os vários projetos que fazem parte de uma obra (arquitetônico, estrutural, instalações), pois a parede além da função estrutural é também um elemento de vedação e pode conter os elementos de instalações quaisquer. Logo, o projeto deve ser racionalizado como um todo (CAMACHO, 2006).

### **3.7 – O PROJETO DE ALVENARIA ESTRUTURAL**

Um empreendimento no setor da construção civil é uma atividade de alta complexidade. A execução de uma edificação abrange variáveis das mais diversas áreas, envolvendo agentes de diferentes esferas profissionais e gera conflitos diversos que precisam ser discutidos e resolvidos cuidadosamente.

Conforme cresce a magnitude de um empreendimento, maior deve ser o nível de organização das atividades de projeto e execução, tendo em vista que o ganho de qualidade reverte inevitavelmente em maior retorno para o empreendedor.

“Qualquer que seja o sistema construtivo adotado, para que seja possível experimentar plenamente suas vantagens é necessário que o projeto seja concebido para este sistema. Na etapa de projeto, deve-se buscar a maximização de suas potencialidades, agregando eficiência através do emprego de todos os recursos técnicos possíveis. Assim, recomenda-se que, em havendo interesse na adoção da alvenaria estrutural, esta opção já esteja definida desde o início do empreendimento, para que se obtenham as vantagens técnicas e econômicas que levem a racionalização, gerando aumento de produtividade e redução de custos” (RAUBER, 2005).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual um bom grau de organização é uma premissa fundamental para o sucesso da edificação. Sendo assim, o êxito de um empreendimento em alvenaria

estrutural está estreitamente ligado, primeiramente, à qualidade do projeto e, em seguida, à correta gestão do canteiro de obras.

A aplicação conjugada dos princípios apresentados no capítulo quatro, tais como *industrialização da construção*, *racionalização construtiva*, *construtibilidade* e *desempenho* permitem criar um produto muito mais suscetível ao êxito que utilizar apenas a individualidade e o juízo de valor do arquiteto.

No mesmo sentido, durante a elaboração do projeto, a utilização dos princípios contidos no *projeto total*, no *projeto para produção* e na *engenharia simultânea* proporcionarão um projeto de grande organização global, o qual se reverterá em um edifício de alto teor de qualidade.

### **3.8 – O PARTIDO ARQUITETÔNICO**

Projetar em alvenaria estrutural implica em acatar certas restrições que são inerentes ao sistema construtivo. Faz-se essencial, portanto, que o arquiteto conheça as particularidades do sistema a fim de melhor aproveitar suas possibilidades e minimizar suas restrições.

É essencial que o arquiteto escolha uma medida modular compatível com as dimensões dos blocos a serem utilizados e trabalhe com o conceito de módulo desde o início da concepção. No entanto, existe uma forte resistência ao uso do módulo em projetos de arquitetura. É comum acreditar que a modulação inibe a liberdade criativa do projetista e prejudica a estética do produto. Além disso, existe uma tendência a se privilegiar o coeficiente de aproveitamento máximo possível dos cômodos, o que leva a adotar medidas sem nenhum compromisso com a modularidade.

No entanto, em alvenaria estrutural, a não-adoção do módulo inviabiliza o empreendimento, tornando-se medida indispensável.

MANZIONE (2004) estabelece algumas considerações básicas quando da escolha do sistema construtivo em alvenaria estrutural:

- Definir o uso do sistema antes de lançar o produto;
- Escolher uma medida modular compatível com os blocos disponíveis antes da concepção do projeto;
- Utilizar um número mínimo de componentes;
- Evitar as amarrações de paredes utilizando grampos;
- Conhecer o sistema construtivo;
- Integrar as especialidades de projeto;
- Procurar simetria e ortogonalidade no partido;
- Prever as possíveis alterações futuras, viabilizando unidades personalizadas;
- Proibir a quebra dos blocos com embutimento de instalações;
- Tomar cuidados especiais com pavimentos de cobertura e transição (pilotis);
- Evitar juntas a prumo.

### **3.9 – A VOLUMETRIA**

A volumetria de uma edificação é resultado da combinação de vários elementos, sendo mais preponderantes, a forma e a função da arquitetura.

Em alvenaria estrutural, é recomendável também considerar o conceito de esbeltez do conjunto, tendo em vista que é esta característica que garante maior resistência aos esforços horizontais. A esbeltez é a medida que relaciona a altura da edificação com suas dimensões de base. Edificações excessivamente esbeltas não são adequadas ao uso da alvenaria estrutural.

Em acréscimo, o uso da simetria da forma é muito relevante no combate à força do vento, que é o principal agente dos esforços horizontais.

Os estudos de MASCARÓ (2006) ressaltam que os planos envoltórios de um edifício são mais caros que os seus equivalentes

interiores. Isto leva a concluir que recursos geométricos para reduzir a superfície do edifício em contato com o exterior podem ser utilizados com intenção de redução de custos.

A forma geométrica capaz de conter o maior volume dentro de sua superfície exposta é a esfera, seguida pelo cilindro e pelo cubo (figura 3.4).

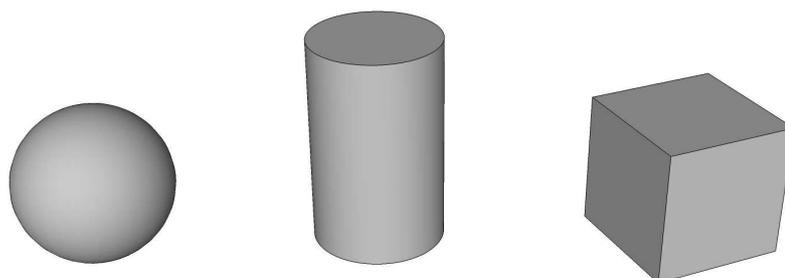


Figura 3.4: Formas geométricas de maior volume contido dentro de suas superfícies.  
Fonte: Ilustração do autor

No que tange à proporção entre perímetro e área contida chega-se a conclusão que a forma mais compacta é a circular, seguida da planta quadrada e da planta retangular alongada.

Na tabela 3.1, podemos observar o resultado da análise das relações entre a superfície, o perímetro e o lado de uma série de figuras, todas elas com 100m<sup>2</sup> de área.

Forma da planta		Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	Relações	
				$\frac{\text{Perímetro}}{\text{Área}}$	$\frac{\text{Lado maior}}{\text{Lado menor}}$
Circular		100	35,44	0,35	-
Quadrada 10x10		100	40,00	0,40	1
Retangular	5 x 20	100	50,00	0,50	4
	4 x 25	100	58,00	0,58	6,25
	2 x 50	100	104,00	1,04	25
	1 x 100	100	202,00	2,02	100

Tabela 3.1: Quantidade de paredes necessárias para envolver diversas formas geométricas de plantas de edifícios. Fonte: MASCARÓ, 2006.

Cabe ressaltar que o excesso de recortes na planta, gerando avanços e recuos na fachada, aumentam o perímetro exposto ao exterior, aumentando, conseqüentemente os custos.

Formas arredondadas são de difícil execução e devem ser, na medida do possível, evitadas a fim de garantir mais economia ao processo.

A figura 3.5 indica esquematicamente como evoluem os custos de uma fachada.

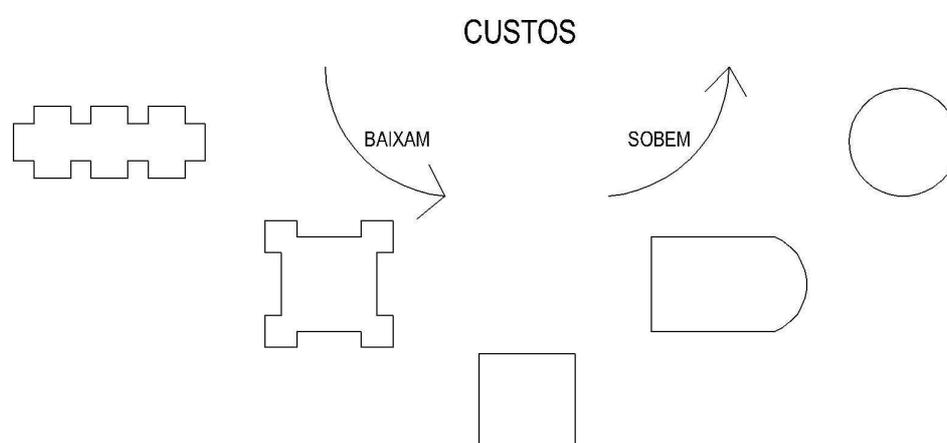


Figura 3.5: Evolução dos custos das fachadas com as formas dos edifícios.  
Fonte: MASCARÓ, 2006

Observa-se que, sob vários aspectos, que a forma cúbica é muito eficiente na construção de edifícios econômicos. Pode-se acrescentar que a geometria quadrada possui momento de inércia igual nas direções x e y, sendo esta característica propícia para evitar esforços de torção na estrutura.

Os aspectos aqui expostos visam obter maior economia nos projetos. Naturalmente, tratam-se apenas de referências, não podendo ser encarados como único elemento norteador de projeto e sim, combinados com diversos outros parâmetros de análise.

### 3.10 – A CONFIGURAÇÃO GERAL DAS PAREDES

O princípio fundamental para a organização das paredes em edificações de múltiplos andares é a sobreposição das paredes estruturais. Ou seja, é recomendável que as paredes de um pavimento estejam apoiadas sobre as paredes do pavimento inferior e assim sucessivamente. Alterações na arquitetura do pavimento tipo são possíveis, mas podem gerar esforços indesejáveis na estrutura global, resultando em vigas de reforço, cuja existência pode se opor à filosofia de racionalização do sistema.

Naturalmente, é desejável que exista uma certa flexibilidade arquitetônica, especialmente em edificações voltadas a classes sociais mais elevadas. Cabe, ao arquiteto, prever possíveis modificações na planta e estabelecer nitidamente quais são as paredes não estruturais, que poderão ser removidas, caso seja do interesse do usuário.

A figura 3.6 apresenta um projeto de apartamento no qual algumas paredes são de alvenaria não estrutural e outras de “dry-wall”, podendo ser removidas em eventuais reformas.

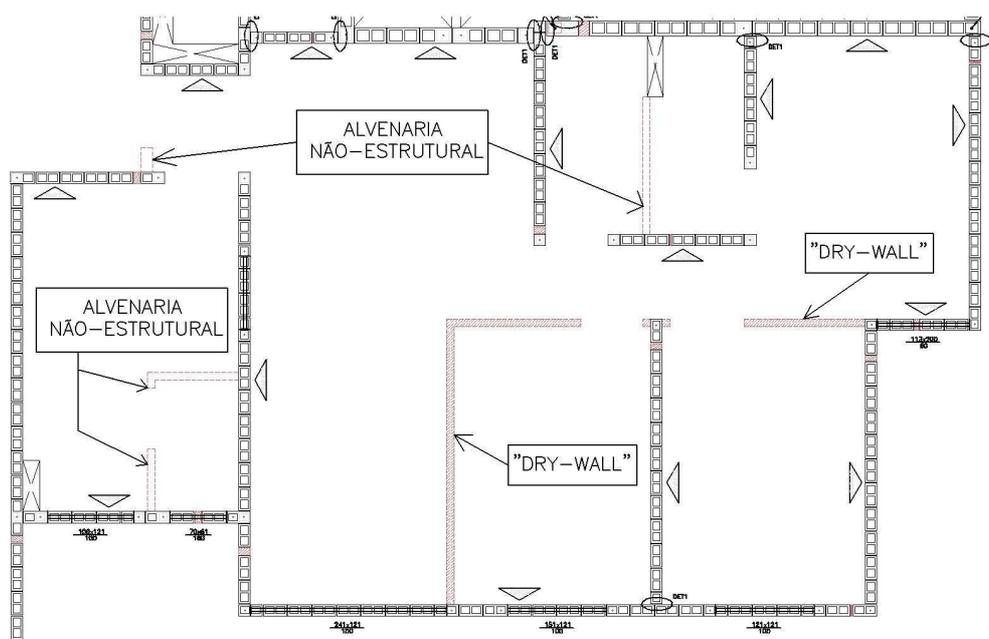


Figura 3.6: Exemplo de projeto no qual foram previstas paredes removíveis de alvenaria não estrutural e “dry-wall”. Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C.

No que concerne às paredes estruturais, o arranjo deve ser feito de modo a conter tantos os esforços verticais como os horizontais (figura 3.7).

Os esforços verticais são compostos de:

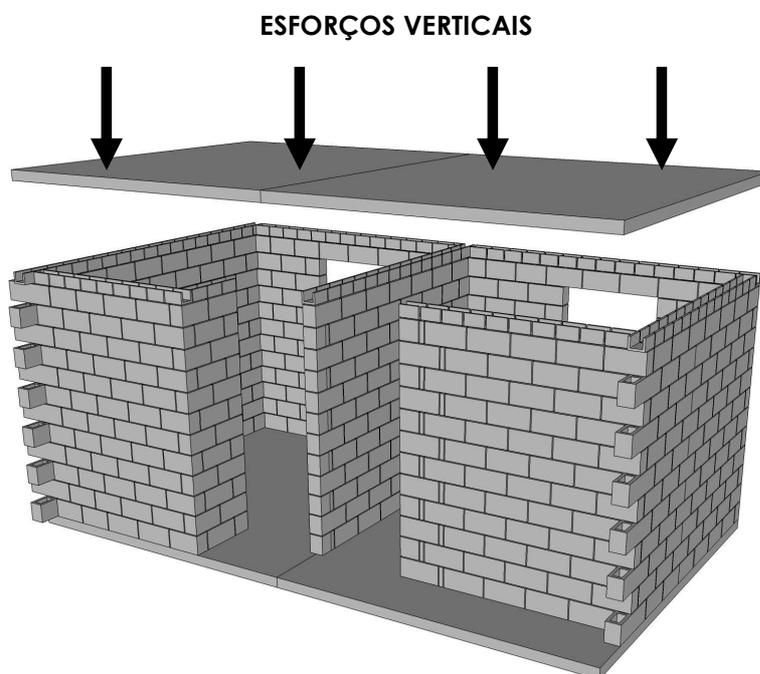
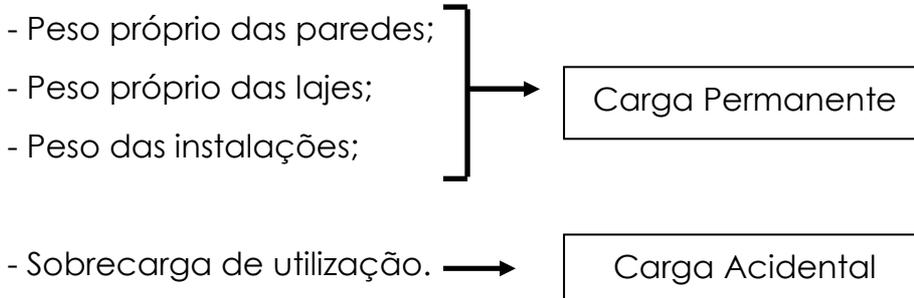


Figura 3.7: Esforços verticais sobre a estrutura.  
Fonte: Ilustração do autor.

Os esforços horizontais são compostos de:

- Vento (que podem ser desconsiderados em edificações de até quatro pavimentos conforme a NBR 10.837), ilustrado na figura 3.8;
- Desaprumo (figura 3.9);
- Sismos (que têm pouca relevância no Brasil);

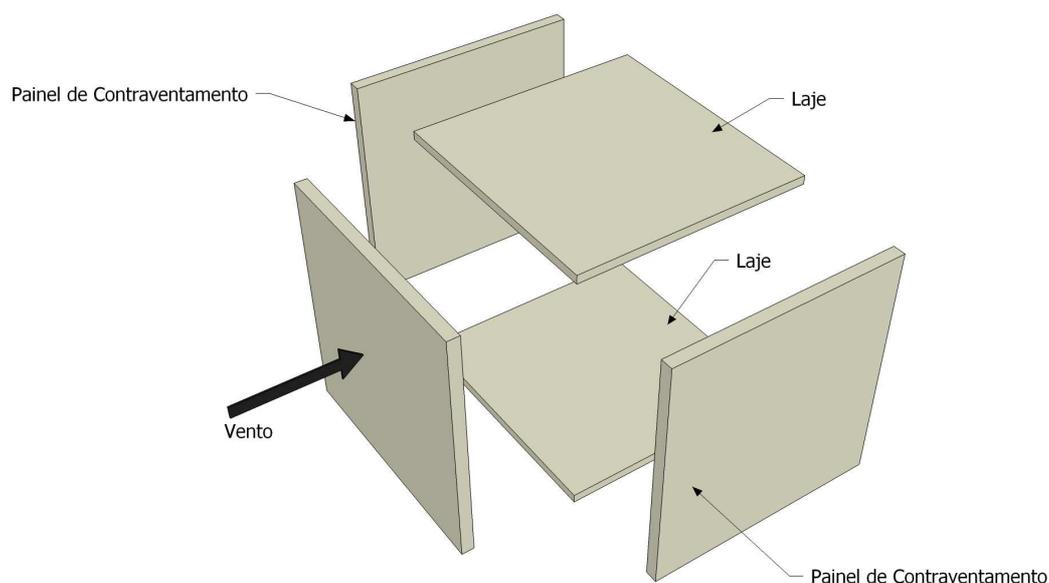


Figura 3.8: Atuação do vento e distribuição dos painéis de contraventamento.  
Fonte: adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

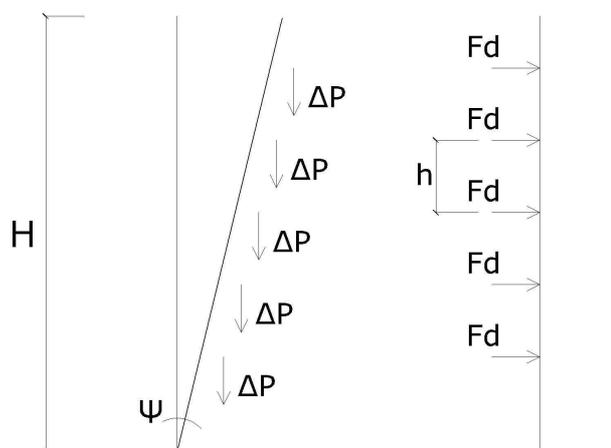


Figura 3.9: Ação horizontal equivalente para consideração do desaprumo.  
Fonte: adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Portanto, é necessário distribuir as paredes de modo a servirem também de contraventamento às ações horizontais.

A simetria na disposição das paredes é muito recomendável pois ajuda a combater esforços de torção resultantes da ação do vento. Estruturas de contraventamento significativamente assimétricas devem ser evitadas, sem, contudo comprometer a geometria definida na arquitetura. Quando a ação do vento se dá segundo um eixo de

simetria da estrutura, as lajes apenas transladam nessa direção. Entretanto, se a mesma se dá segundo um eixo que não seja de simetria, ocorrem também rotações que provocam a torção do edifício. Estes esforços são indesejáveis por tornarem o cálculo da distribuição das ações mais complexo (ACCETTI, 1998).

Portanto, é o arranjo das paredes que confere rigidez lateral ao edifício. HENDRY (1981) classifica os arranjos em três categorias principais:

a) Sistema celular:

Neste sistema, todas as paredes são estruturais e as lajes são armadas em ambas as direções. As ações verticais e horizontais se distribuem por todas as paredes. Este é o sistema mais comumente utilizado, porém existe a limitação de profundidade do prédio para possibilitar ventilação natural no interior (figura 3.10).

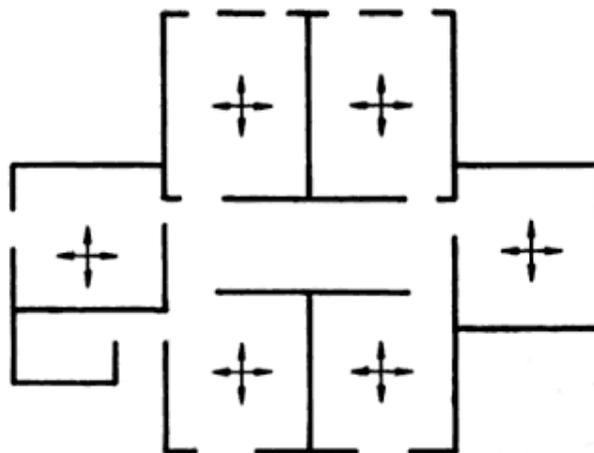


Figura 3.10: Sistema de paredes celulares. Fonte: HENDRY, 1981.

b) Sistema de paredes transversais:

Nesta configuração, as lajes são armadas em uma única direção e apoiam-se nas paredes estruturais dispostas na direção oposta. As

paredes externas do sentido longitudinal não são estruturais. Estes arranjos podem ser simples ou duplos, conforme figura 3.11.

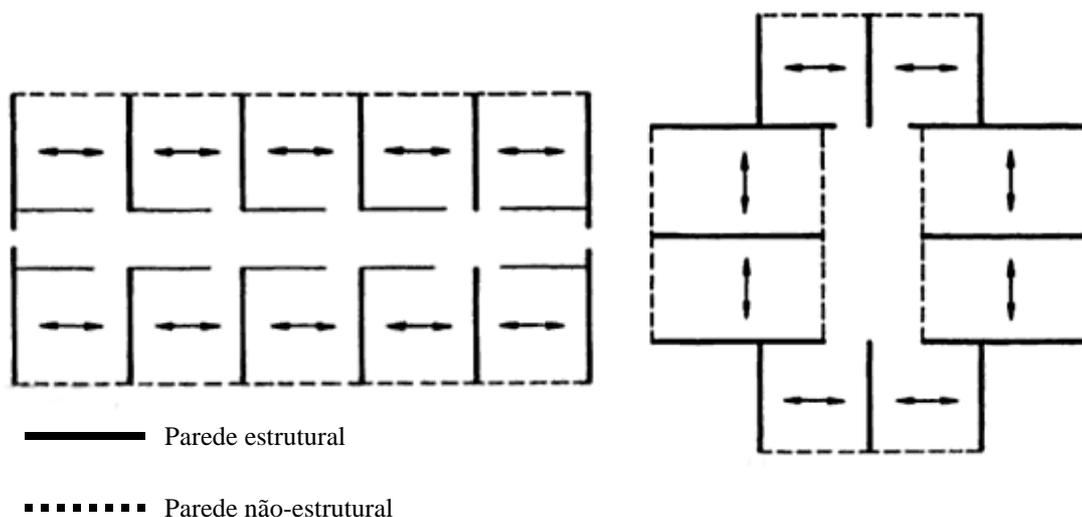


Figura 3.11: sistema de paredes transversal simples e duplo. Fonte: HENDRY, 1981.

### c) Sistema Complexo:

O arranjo é feito centralizando as caixas de escadas, elevadores e ambientes de serviço funcionando como um núcleo rígido. Usa-se uma combinação dos dois sistemas anteriores em diferentes regiões da edificação. Algumas paredes podem perder a função estrutural (figura 3.12). Este sistema pode ser combinado com um núcleo estrutural de concreto armado e paredes periféricas em alvenaria estrutural.

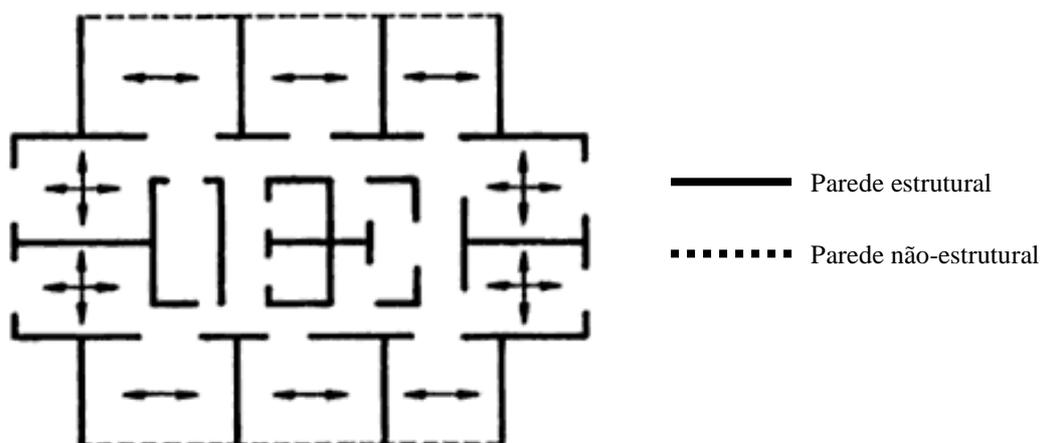


Figura 3.12: Sistema de paredes complexo. Fonte: HENDRY, 1981.

### 3.11 – A COORDENAÇÃO MODULAR

De acordo com as definições apresentadas anteriormente, alvenaria é um conjunto de blocos ou tijolos unidos entre si, em obra, por argamassa, gerando um conjunto coeso e estável. Portanto, a unidade básica da alvenaria é o bloco ou o tijolo. Esta unidade possui dimensões fixas de altura, largura e comprimento.

No projeto de alvenaria estrutural, é recomendável que as dimensões dos espaços sejam múltiplos destas dimensões fixas. Isto é, devem obedecer ao módulo do bloco escolhido.

Conforme RAMALHO e CORRÊA (2003), modular um arranjo arquitetônico significa "acertar suas dimensões em planta e também o pé-direito da edificação, em função das dimensões das unidades, de modo a não se necessitar, ou pelo menos, se reduzir drasticamente, cortes ou ajustes necessários à execução das paredes".

A modulação é fundamental para garantir a racionalização possibilitada pelo uso da alvenaria estrutural. Caso isto não seja relevado na elaboração do projeto, serão necessários cortes nos blocos e enchimentos nas paredes que resultam, automaticamente, em perda econômica e de agilidade de construção. Isto sem mencionar a perda da coesão estrutural das paredes, que leva ao hiperdimensionamento dos blocos e conseqüente aumento dos custos.

O benefício mais evidente, portanto, da adoção da coordenação modular é a diminuição das perdas materiais oriundas do corte dos blocos e no aumento da produtividade. FRANCO (1992) estabelece outras vantagens:

- Pode-se adotar uma sistemática de projeto baseada em regras bem definidas. Isto, além de facilitar a elaboração do próprio projeto, permite a utilização de um pequeno número de detalhes padronizados, racionalizando a própria tarefa de execução do projeto;

- a padronização proporcionada pela coordenação modular reflete-se na execução, através de uma maior facilidade da mão-de-obra em assimilar tais detalhes, aumentando a produtividade;

- a utilização de um sistema coordenado modularmente permite que se definam soluções mais simples para a execução das amarrações das paredes, simplificando esta operação;

- como consequência da padronização, tem-se uma diminuição no número de componentes necessários para a execução da alvenaria;

- a padronização dos componentes utilizados na alvenaria leva à padronização dos demais componentes.

Desta forma, o edifício em alvenaria estrutural deve apresentar suas dimensões moduladas. Ajustes são possíveis, mas devem ser evitados.

### **3.12 – TIPOS DE BLOCOS**

Segundo FRANCO (1992), no Brasil, existem três tipos de malhas modulares: malha de 40cm de lado, associada aos blocos de concreto, malha de 25cm, utilizada na modulação de blocos silício-calcários e malha de 30cm que responde às dimensões de alguns tipos de blocos cerâmicos.

Assim, a primeira definição a ser feita é o tipo de bloco a ser utilizado no projeto. Para tanto, devem ser consideradas todas as características dos materiais e produtos existentes no mercado onde será construído o edifício, para que seja tomada uma decisão segura, econômica e com um conforto ambiental adequado à finalidade a que se destina.

Neste trabalho, serão abordadas construções que utilizam o bloco estrutural vazado de concreto. No Brasil, esta é a modalidade de bloco mais estudada e normatizada. A norma que trata deste tipo de bloco é a NBR 6136.

A tabela 3.2 mostra os tipos de blocos de concreto mais utilizados e as dimensões da malha a ser aplicada na planta baixa.

MEDIDAS DO BLOCO (cm)	MEDIDAS DO MÓDULO (cm)	MEDIDAS DA MALHA (cm)
19 x 19 x 39	20 x 20 x 40	20 x 20
14 x 19 x 39	15 x 20 x 40	20 x 20
19 x 19 x 29	20 x 20 x 30	15 x 15
14 x 19 x 29	15 x 20 x 30	15 x 15

Tabela 3.2: Medidas dos módulos e da malha de projeto a partir das medidas dos blocos padronizados.  
Fonte: RAUBER, 2005.

Nota-se que a malha utiliza como referência metade do comprimento do módulo, ou seja, 20cm para os módulos de comprimento 40cm e 15cm para os módulos de comprimento 30cm. Isto se dá pela existência do "meio-bloco", que mede metade do comprimento do bloco, mantendo iguais suas outras dimensões.

Estabeleceu-se, portanto, a nomenclatura "M-15" para o módulo 20 x 20 x 30 cm / 15 x 20 x 30 cm e "M-20" para o módulo 20 x 20 x 40 cm / 15 x 20 x 40 cm.

Devido a dificuldade em se ajustar as medidas de projeto à unidade básica do módulo, criaram-se outros tipos de blocos, derivados dos blocos padronizados, conforme mostram as figuras 3.13 e 3.14.

Outra denominação comum é a "família de blocos". Este termo leva em consideração o valor do comprimento do bloco inteiro. Os blocos 14 x 19 x 29 cm, 14 x 19 x 14 cm e o 14 x 19 x 44 cm são membros, portanto, da "família 29". Já os blocos 14 x 19 x 39 cm, 14 x 19 x 19 cm e o 14 x 19 x 54 cm são membros da "família 39".

Havendo necessidade de maior resistência, a largura de todos os blocos pode ser ampliada para 20cm.

As figuras 3.13 e 3.14 mostram os tipos de bloco mais comuns no mercado e suas dimensões padrão.

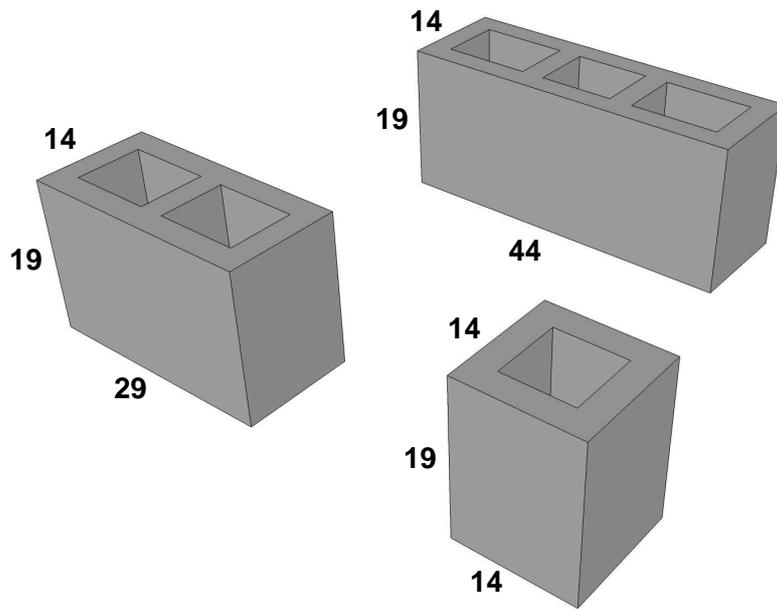


Figura 3.13: Tipos de bloco mais comuns no mercado e suas dimensões padrão (família 29).  
Fonte: Ilustração do autor.

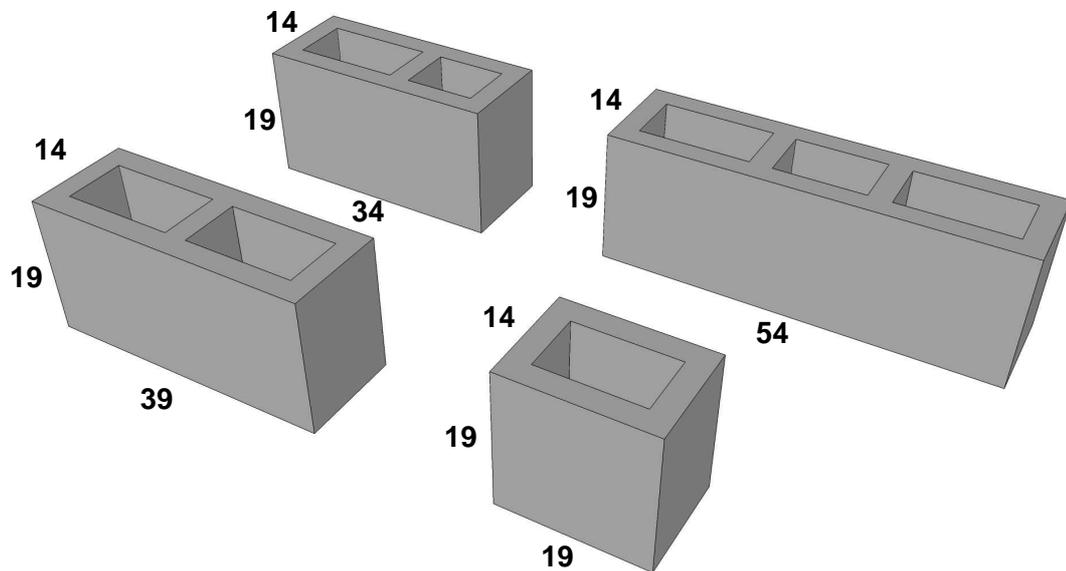


Figura 3.14: Tipos de bloco mais comuns no mercado e suas dimensões padrão (família 39).  
Fonte: Ilustração do autor.

### 3.13 – O ARRANJO DAS PAREDES

A partir da modulação estabelecida, o projetista deve detalhar as alvenarias, designando o posicionamento de cada bloco da planta, gerando as plantas de, pelo menos, da primeira fiada.

Nesta planta, devem constar o posicionamento das janelas, portas, blocos grauteados e/ou com armadura, pontos de instalações elétrica e detalhes de amarração entre paredes.

A figura 3.15 exemplifica a planta de primeira fiada de um apartamento em alvenaria estrutural. A legenda para esta planta se encontra na página 40.

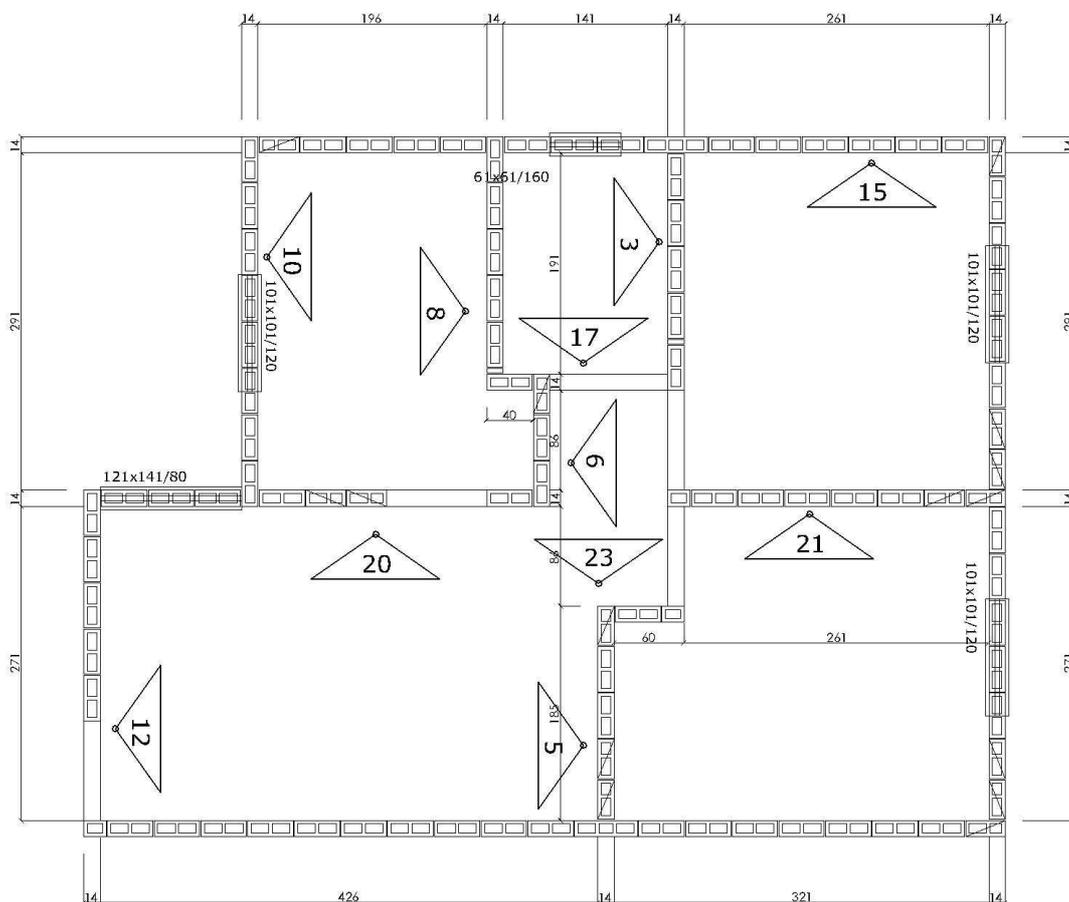


Figura 3.15: Exemplo de planta de primeira fiada. Fonte: TOR Engenharia.

Recomenda-se a utilização da escala 1/25 na representação das fiadas para garantir a visualização dos detalhes. É usual, também, a

utilização da escala 1/33 que tem por objetivo impedir que o executor use régua ou trena para aferir medidas no projeto.

A figura 3.16 mostra como deve ser o lançamento da segunda fiada e a visualização da elevação da parede.

A disposição dos blocos também deve ser demonstrada por meio da elevação de todas as paredes do projeto. A figura 3.17 mostra a elevação da parede 15 do projeto apresentado na figura 3.15 onde constam os tipos de blocos a serem assentados, as vergas e contravergas da janela, os reforços de vergalhão no interior dos blocos e a numeração dos blocos e fiadas. A legenda explica a simbologia de cada elemento (figura 3.18).

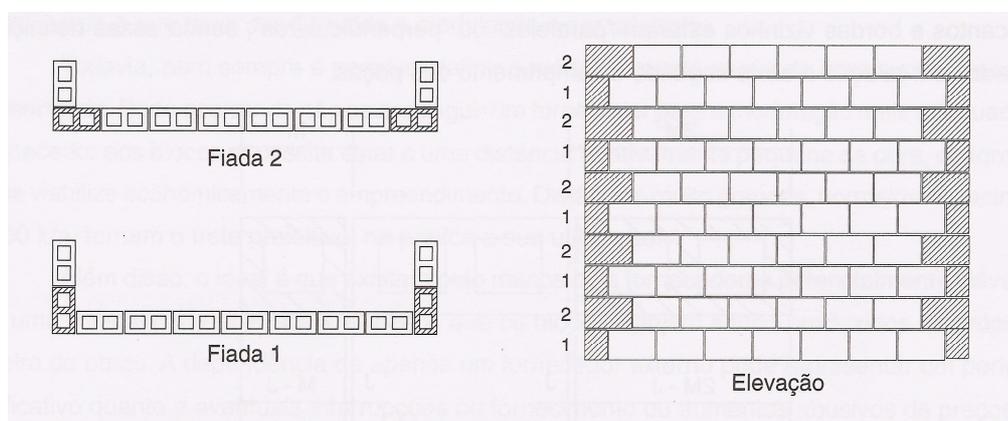
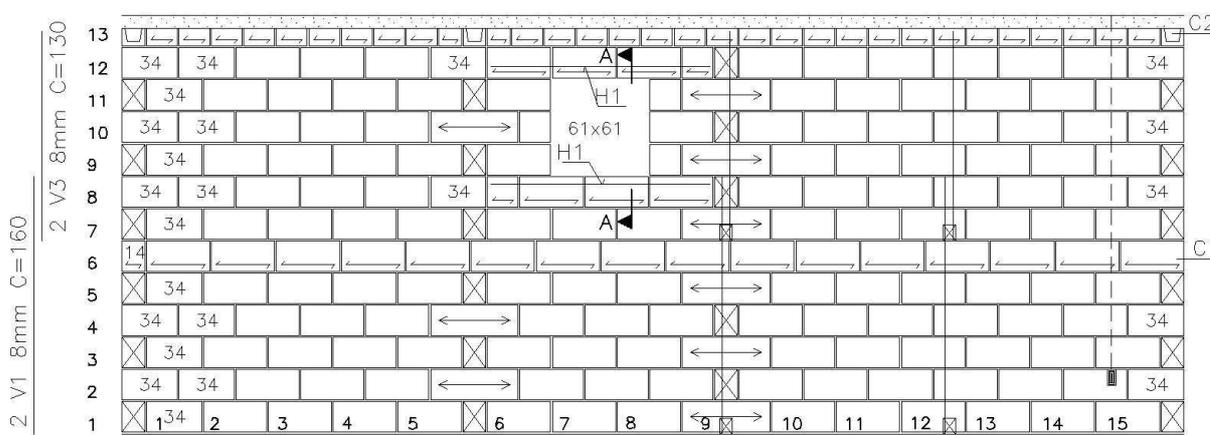


Figura 3.16: Fiadas 1 e 2 e elevação de uma parede. Fonte: CORRÊA e RAMALHO, 2003.



ELEVAÇÃO DA PAREDE Nº15

Figura 3.17: Exemplo de representação de elevação de alvenaria. Fonte: TOR Engenharia.

Legenda:			
	Meio Bloco (x03) 14x19x19		Bloco Vista de Topo
	Bloco (x126) 14x39x19		Canaleta Vista de Topo
	Bloco L (x23) 14x34x19		Compensador Vista de Topo
	Bloco T (x09) 14x54x19		Caixa 4x2" Vista de Frente
	Canaleta (x??) 14x39x19		Caixa 4x2" Vista outro lado
	Meia Canaleta (x03) 14x19x19		Caixa 4x2" Vista dois lados
	Compensador (x31) 14x11x19		Caixa 4x4" Vista de Frente
	Complemento (x00) 14x4x19		Caixa 4x4" Vista outro lado
	Abertura para limpeza grauteamento vertical		Caixa 4x4" Vista dois lados
	Armadura		Conduto Eletrico
			Laje de Concreto

Figura 3.18: Exemplo de legenda de uma planta de alvenaria. Fonte: TOR Engenharia.

### 3.14 – A AMARRAÇÃO ENTRE PAREDES

As alvenarias estruturais suportam os esforços solicitantes trabalhando em conjunto. Isto significa que uma perfeita amarração entre alvenarias adjacentes é fundamental para aumentar a resistência do conjunto de paredes.

ACCETTI (1998) complementa que a amarração de paredes contribui na prevenção do colapso progressivo, pois provê a estrutura de caminhos alternativos para transferência de forças no caso de ocorrência de uma ruína localizada provocada por uma ação excepcional. Além disso, a amarração serve de contraventamento para as paredes.

RAMALHO e CORRÊA (2003) classifica as amarrações entre cantos de paredes em duas modalidades:

- Amarração direta: penetração alternada de 50% dos blocos nas quinas das paredes gerando amarração inter-travada;
- Amarração indireta: sem penetração alternada de blocos nas quinas. Para obter a coesão entre as duas alvenarias, utilizam-se grampos, vergalhões dobrados, treliças, chapas ou telas metálicas.

Segundo VILATÓ e FRANCO (2000), o procedimento que melhor satisfaz a transmissão de esforços entre painéis e a simplicidade de execução, seria a amarração direta.

Em algumas ocasiões não é possível fazer a modulação com todas as paredes amarradas, ocasionando, com isto, algumas juntas a prumo devido às dimensões da arquitetura não serem compatíveis com a modulação.

Nestes casos, a NBR 10.837 recomenda a utilização da amarração indireta. A figura 3.19 ilustra diferentes modalidades de amarração indireta.

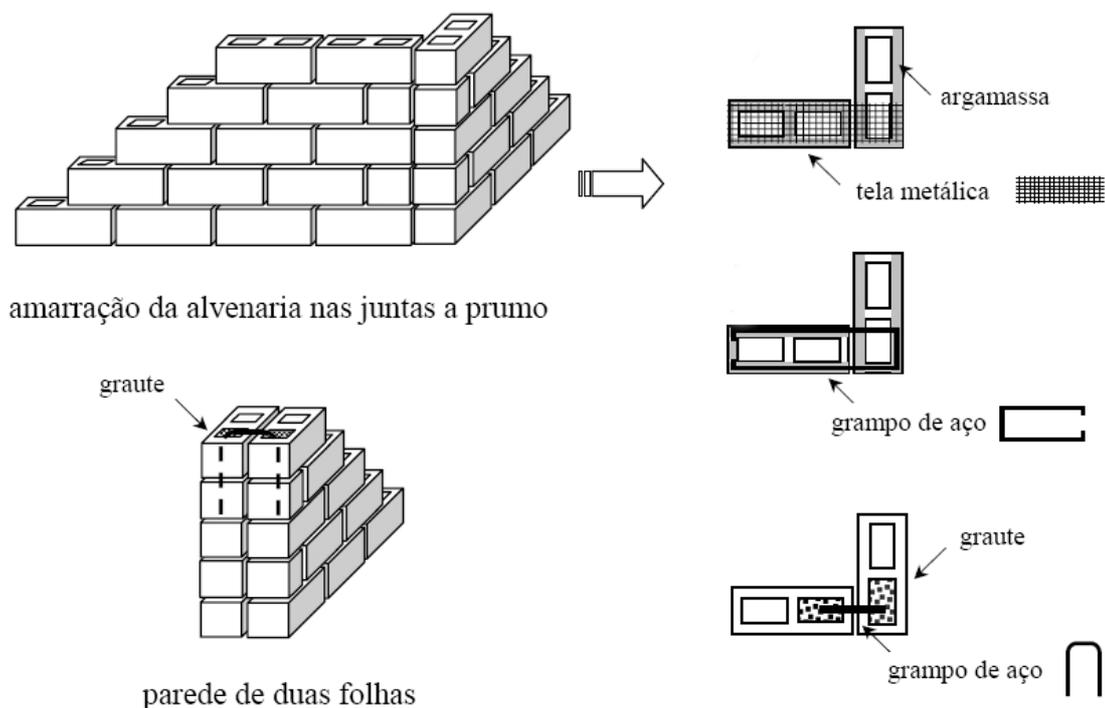


Figura 3.19: Exemplos de amarração indireta. Fonte: VILATÓ e FRANCO, 2000.

Em se tratando do arranjo dos blocos com relação à malha adotada, podem ocorrer duas situações:

*Situação “a”*: A dimensão da malha corresponde à largura nominal do bloco (largura efetiva do bloco mais 0,5cm de revestimento em cada lado).

Nesta situação, não é necessário fazer ajustes na malha. As figuras 3.20 e 3.21 ilustram esta configuração:

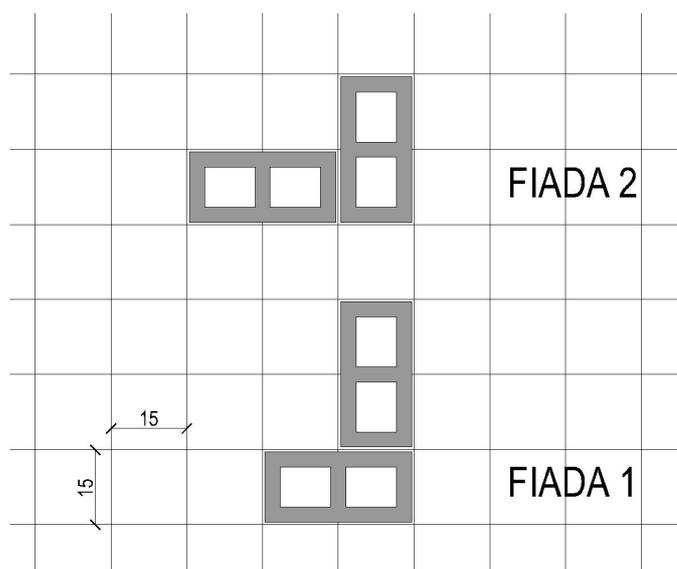


Figura 3.20: Configuração com malha modular de dimensão igual à largura nominal do bloco. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

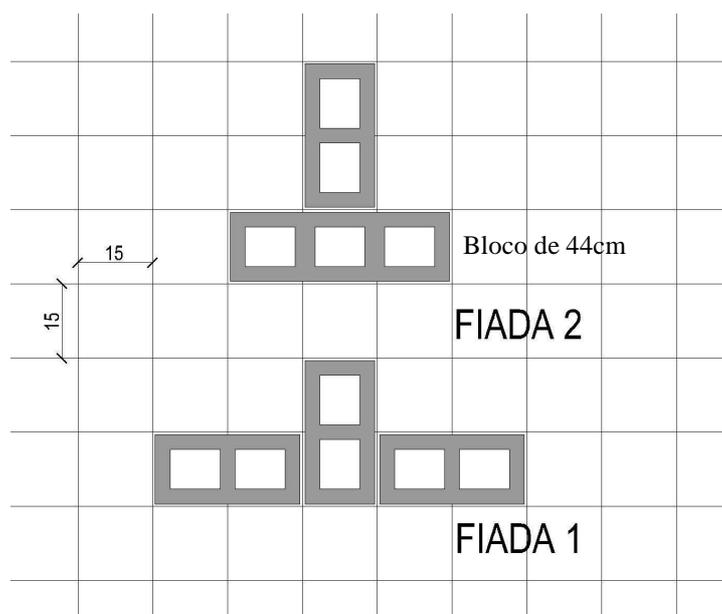


Figura 3.22: Configuração com malha modular de dimensão igual à largura nominal do bloco. Neste caso, utiliza-se bloco especial de três módulos. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Na figura 3.22, observa-se a utilização de um bloco especial de 44cm de comprimento, que corresponde à medida nominal de três módulos da malha.

*Situação “b”*: a dimensão nominal do bloco (15 ou 20cm) não corresponde à dimensão da malha modular (por exemplo, a largura nominal do bloco é de 15cm e a malha mede 20cm).

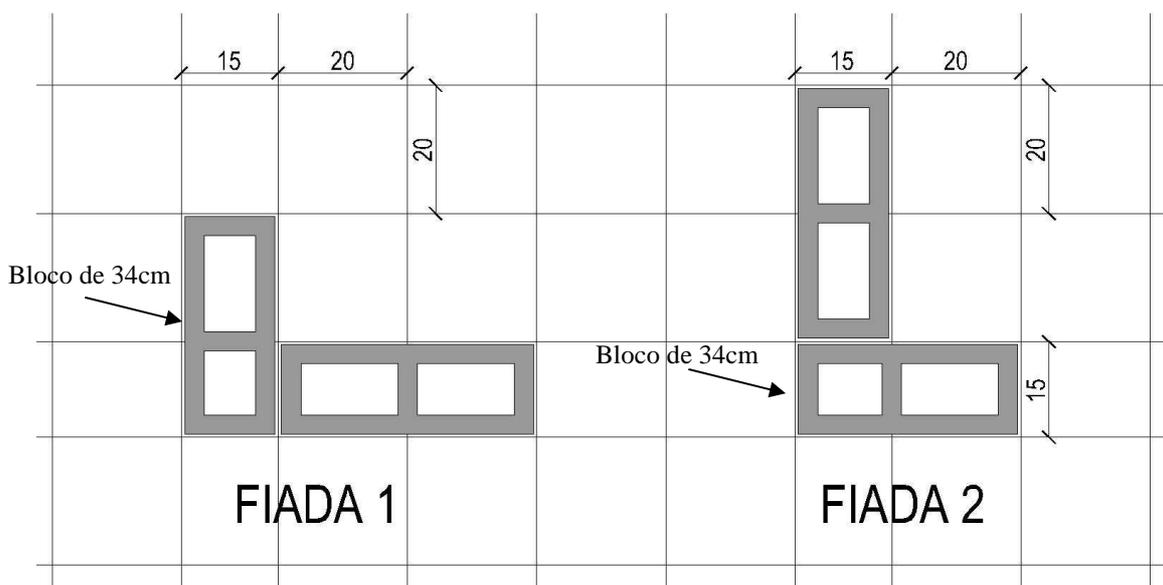


Figura 3.22: Configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial. Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

A figura 3.22 ilustra uma amarração de canto de uma malha 20x20cm (que usa blocos da família 39), utilizando um bloco especial de 34cm. O comprimento deste bloco, somando 0,5cm de junta de argamassa de cada lado, resulta em 35cm, que, por sua vez, compreende ao módulo de 20cm mais 15cm da largura nominal do bloco.

Quando não se tratar de amarração de canto, pode-se utilizar o bloco de 34cm combinado ao “meio-bloco” de 19cm, conforme mostra a figura 3.23

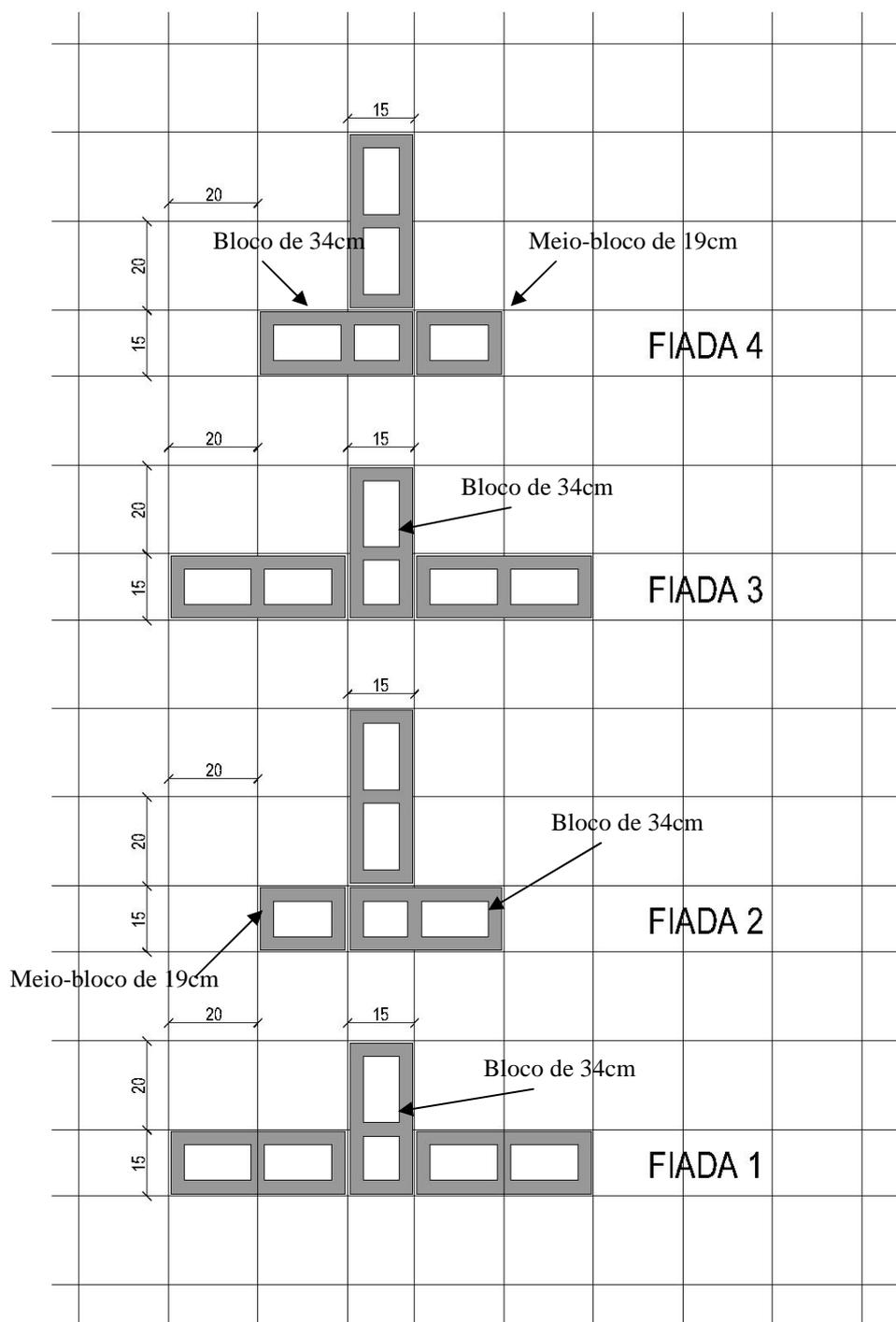


Figura 3.23: configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial de 34cm e meio-bloco de 19cm.  
 Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

Uma outra possibilidade para esta mesma situação é utilizar o bloco especial de três furos, que mede 54cm (equivalente a dois

módulos da malha mais a largura nominal do bloco), conforme a figura 3.24.

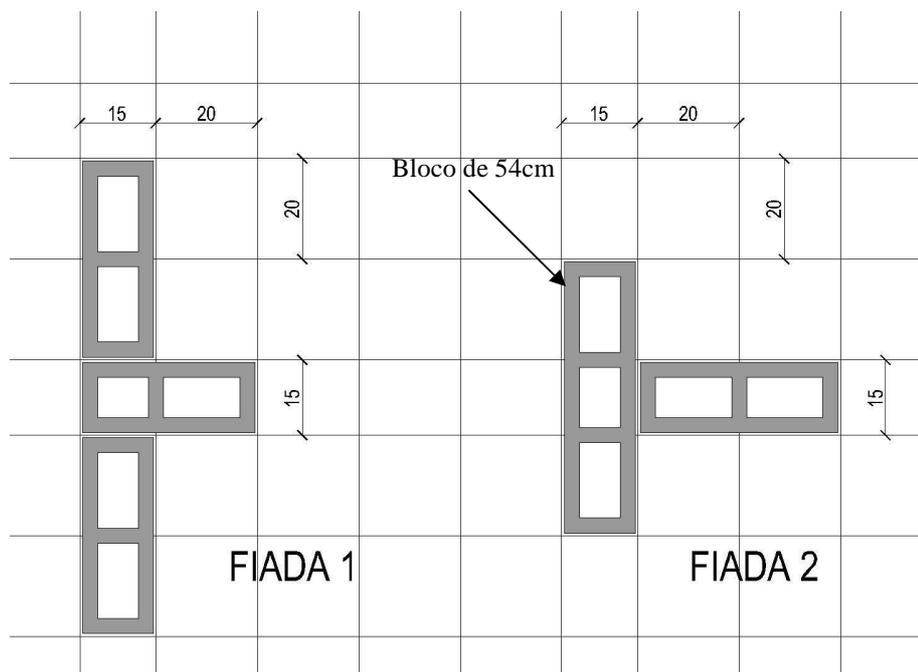


Figura 3.24: configuração com largura nominal do bloco diferente da dimensão da malha modular. Neste caso, a amarração é feita com bloco especial de 54cm.  
Fonte: Adaptado de RAMALHO e CORRÊA, 2003.

### 3.15 – LAJES

Em edifícios em alvenaria estrutural, é possível aplicar variados tipos de lajes. Contudo, a escolha não pode ser aleatória visto que as lajes trabalham em conjunto com as paredes na contenção dos esforços horizontais.

Neste sentido, para edifícios altos, onde a ação do vento é mais relevante, o sistema mais indicado é a laje maciça, moldada *in loco* e armada nas duas direções. Este modelo confere mais rigidez ao conjunto. No entanto, este tipo de laje exige a confecção de formas, escoramentos e armações, que, muitas vezes, prejudica os ideais de produtividade da obra.

Uma boa opção, portanto, é a laje pré-fabricada bidirecional, que distribui melhor os esforços entre as paredes adjacentes, enrijecem

o conjunto contra ações verticais nas duas direções e, se bem unidas por vergalhões, podem atuar monoliticamente.

Na impossibilidade desta opção, pode-se utilizar lajes pré-moldadas unidirecionais que têm uma abrangência maior no território nacional. Deve-se, contudo, evitar que a maioria das lajes estejam distribuídas na mesma direção, fazendo a disposição alternadamente.

O mesmo raciocínio se aplica para lajes maciças armadas em uma única direção (figura 3.25).

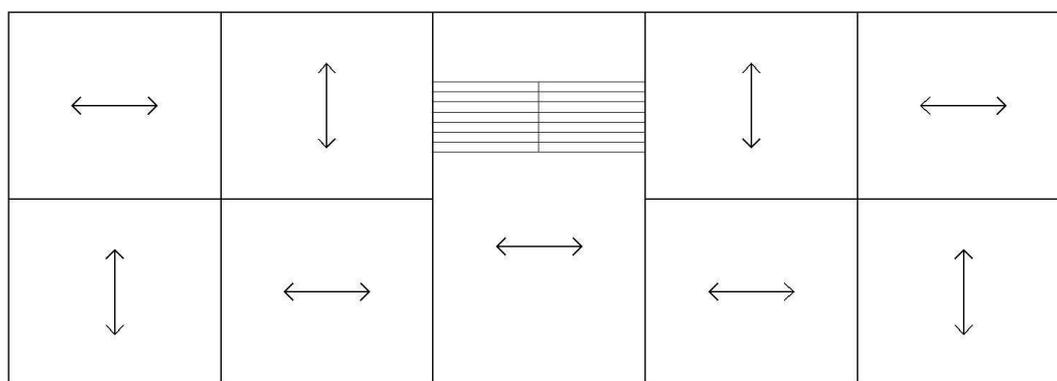


Figura 3.25: Disposição recomendada das lajes armadas em uma só direção.  
Fonte: Adaptado de RAUBER, 2005.

Nas lajes de cobertura, alguns cuidados especiais devem ser tomados, tendo em vista que estas estão mais suscetíveis às dilatações térmicas. A figura 3.26 ilustra como der ser a interação entre a última laje a as alvenarias adjacentes.

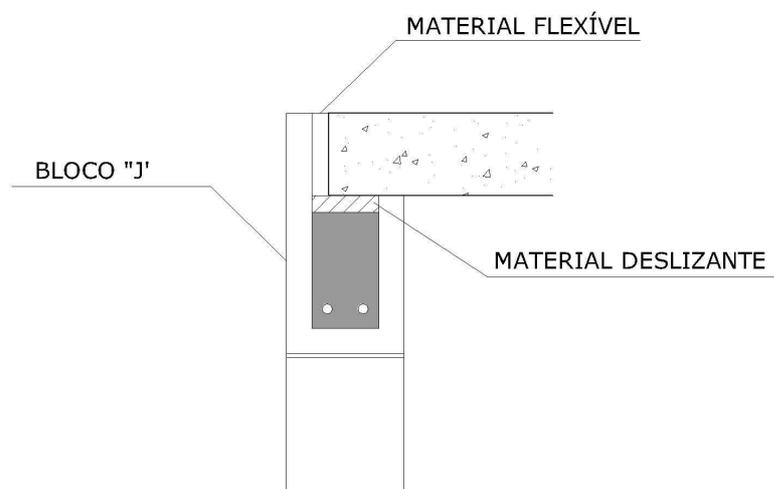


Figura 3.26: Cuidado especial adotado em lajes de cobertura.  
Fonte: Ilustração do autor.

Observa-se que existe um espaçamento entre a laje e a face do bloco “J” que permite movimentações devido ao calor. O material flexível indicado na figura 3.26, normalmente, é composto por isopor e o material deslizante pode variar, sendo comum o uso de um “sanduíche” de lâminas de PVC contendo manta asfáltica em seu interior (RAUBER, 2005).

Na ausência do bloco “J”, pode-se fazer uma adaptação usando o bloco canaleta e uma tábua de madeira.

### **3.16 - ABERTURAS**

A execução das aberturas constitui um elemento de alto custo nas construções. Portanto, os princípios de racionalização, construtibilidade e industrialização devem ser levados em consideração, principalmente no correto manejo da modulação.

Este cuidado começa, naturalmente, na fase de projetos com a escolha de componentes coerentes com a modulação utilizada, respeitando as folgas e precisões, e também com a definição de técnicas para a execução destes serviços (SANTOS, 1998).

#### **3.16.1 - JANELAS**

Para proporcionar maior racionalização, é conveniente utilizar uma medida de janela que coincida com a modulação dos blocos. A altura do peitoril mais habitual é de 121cm, medida que representa seis fiadas de blocos, acompanhadas das respectivas lâminas de argamassa. A largura tende a variar mais, visto que depende da necessidade de aeração e iluminação do cômodo. Contudo, a medida de 121cm de largura também é muito conveniente, pois se encaixa nas modulações M-15 e M-20. Além disso, esta janela de 1,46m<sup>2</sup> é suficiente para ventilar ambientes de até cerca de 18m<sup>2</sup> na maioria dos códigos de obras do país. No código de obras do Distrito Federal,

por exemplo, estipula-se que ambientes de permanência prolongada, como dormitórios, devem ter vão de ventilação/aeração mínimo de 8% da área do cômodo.

Durante a execução, para garantir perfeita instalação da janela escolhida, recomenda-se a utilização de um gabarito para assegurar que a dimensão da abertura coincida com a planejada. Outra opção recomendada é a adoção de um contramarco de argamassa armada pré-moldado, que pode fazer a função de peitoril e apoio de verga, além de definir perfeitamente o vão para a colocação das esquadrias (figura 3.27).



Figura 3.27: Contra-marco de argamassa armada. Fonte: SANTOS, 1998

As janelas em edificações em alvenaria estrutural devem utilizar vergas e contra-vergas para garantir a estabilidade do sistema. Estes elementos são constituídos por blocos canaleta armados com vergalhões e preenchidos com graute. O dimensionamento destes elementos é determinado pela NBR 10.837. Pode-se também utilizar vergas pré-fabricadas. A figura 3.28 ilustra a especificação das vergas e contra-vergas no projeto de alvenaria estrutural.

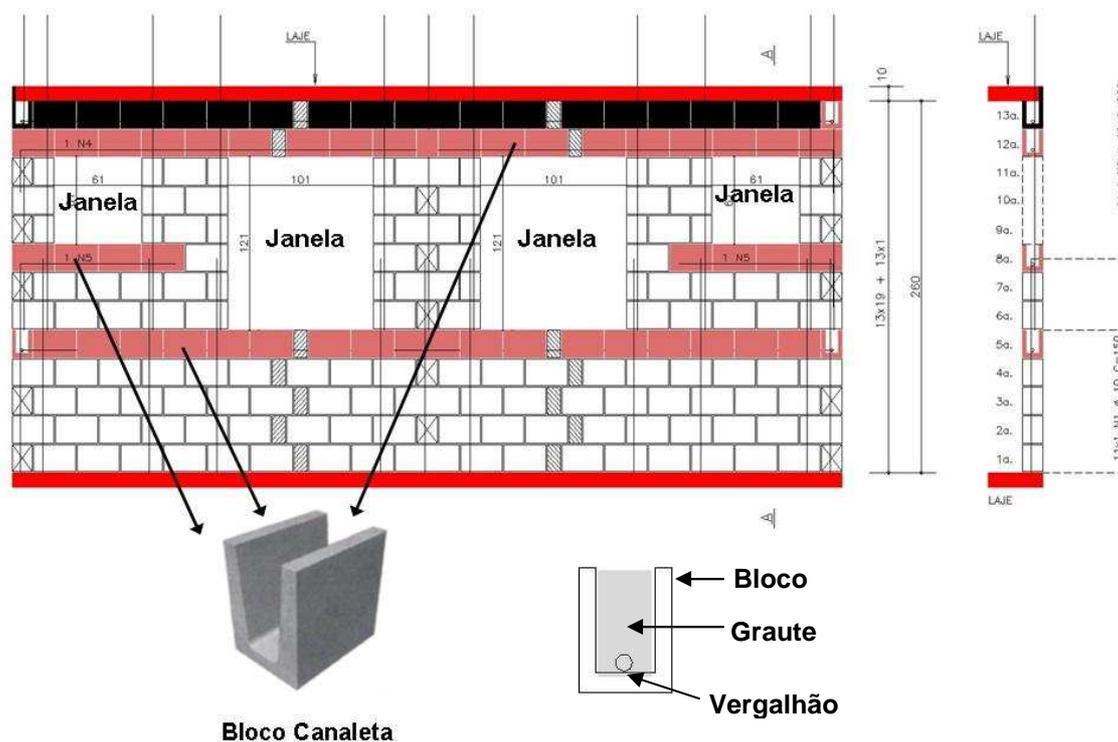


Figura 3.28: Representação das vergas e contra-vergas no projeto de alvenaria estrutural.  
Fonte: Ilustração do autor.

### 3.16.2 – PORTAS

As portas são elementos de grande importância nos projetos de arquitetura já que atuam como definidores da circulação. Na alvenaria estrutural, o seu planejamento é ainda mais importante dada a necessidade de adaptação à modulação. No entanto, as dimensões de portas disponíveis no mercado não se encaixam perfeitamente na modulação utilizada em edifícios em alvenaria estrutural. SANTOS (1998) detalha duas possíveis situações de incompatibilidade:

- O bloco com comprimento nominal de 40 cm é projetado arquitetonicamente sobre uma malha modular de 20 cm, possibilitando vãos totais de porta de 61, 81 e 101 cm. Entretanto as portas são fabricadas com larguras nominais de 60, 70, 80 e 90

*cm, sendo necessário acrescentar, ainda 6 a 7 cm na dimensão nominal, correspondente ao marco (quando for de madeira).*

- *O bloco com comprimento nominal de 30 cm é projetado arquitetonicamente sobre uma malha de 15 cm, possibilitando vãos totais de porta de 61, 76, 91 e 106 cm, mas os vãos necessários são 66, 76, 86 e 96 cm. Ocorre, pois, a coincidência em somente um caso.*

Assim, é necessário utilizar improvisações para preencher os vãos entre os marcos da porta e os blocos, tais como tijolos cerâmicos, argamassa, compensadores, peças pré-moldadas de concreto, peças de madeira.

A alternativa mais próxima dos ideais de racionalização da alvenaria estrutural é a peça pré-moldada de concreto, tendo em vista a agilidade de instalação e a baixa probabilidade de perda de material.

Dentro desta mesma ótica, a utilização de verga pré-moldada de concreto é a mais recomendada, pois além de permitir a racionalização na instalação, também não prejudica o trânsito de pessoas durante a fase de construção da alvenaria.

Para melhor fixação dos marcos aos blocos, recomenda-se o preenchimento dos blocos adjacentes com graute para propiciar melhor parafusamento dos elementos de madeira.

Uma outra boa alternativa é a utilização da espuma de poliuretano expandido, tendo em vista que este método evita quebras, não necessita de grauteamento em torno ao marco e pode ser executado próximo à etapa de acabamento.

Vale ressaltar ainda, que com o incremento do número de obras em alvenaria estrutural, torna-se necessário uma maior adaptação dos padrões de porta comercializados à modulação exigida pelo sistema.

### 3.17 – INSTALAÇÕES

Um dos grandes trunfos da alvenaria estrutural é possibilitar a execução das alvenarias simultaneamente ao lançamento da infraestrutura das instalações. Além de não ser necessário esperar a completa elevação da parede para iniciar a etapa de instalações, a passagem dos eletrodutos por dentro dos blocos evita os rasgos nas paredes e a conseqüente perda de material. De fato, os rasgos na parede devem ser, de toda forma, evitados, tendo em vista que comprometem a integridade estrutural da parede.

Esta integração, segundo RAUBER (2005), é de responsabilidade do arquiteto, que deve planejar o edifício de modo que coexistam harmonicamente a arquitetura, estrutura e instalações.

A figura 3.29 ilustra o lançamento dos eletrodutos concomitantemente ao assentamento dos blocos.



Figura 3.29: Lançamento dos eletrodutos concomitantemente ao assentamento dos blocos.  
Fonte: Foto do autor.

Para possibilitar maior exatidão na passagem das instalações, recomenda-se incluir, no desenho das elevações da alvenaria, a

localização precisa dos eletrodutos e caixas, conforme mostra a figura 3.30, onde os elementos em vermelho são instalações elétricas.

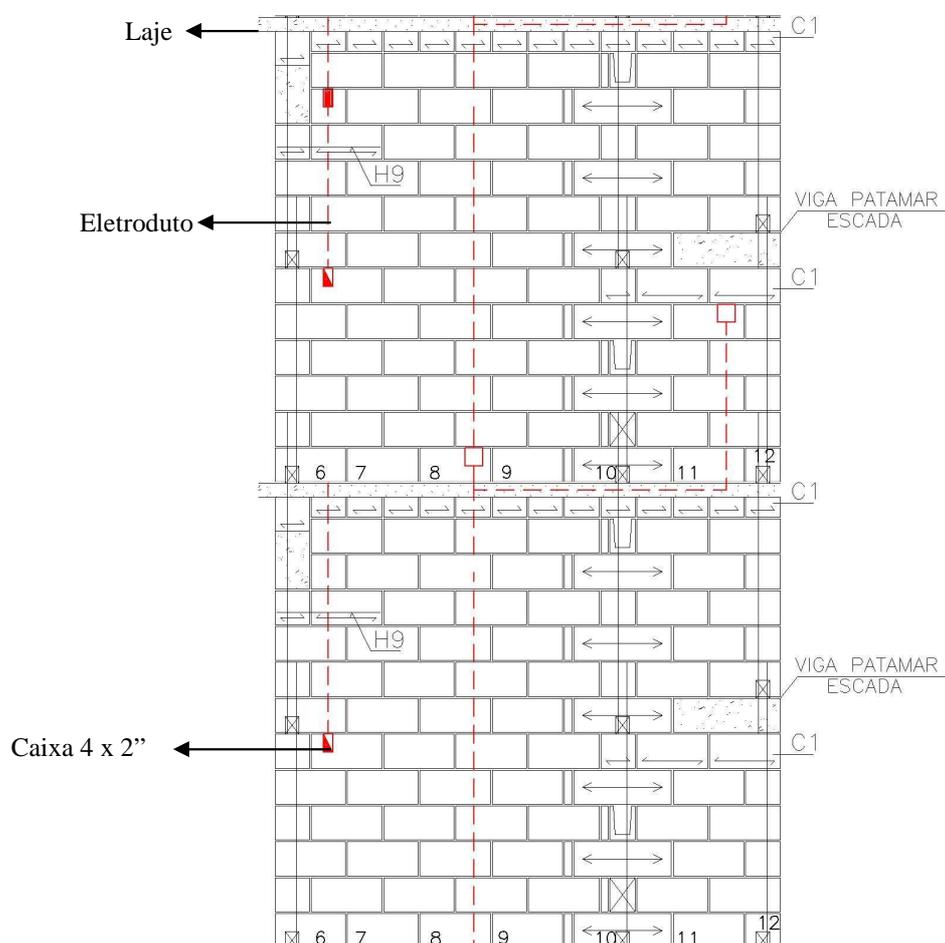


Figura 3.30: Infraestrutura das instalações presente no desenho das elevações da alvenaria.  
Fonte: Tor Engenharia.

Como os eletrodutos devem correr dentro do furo dos blocos, a distribuição horizontal deve se dar dentro da laje, ou abaixo dela, na existência de forro.

As instalações hidro-sanitárias ocorrem de modo diferente, tendo em vista que a NBR 10837 – Cálculo estrutural de blocos vazados de concreto proíbe a passagem de condutores de fluidos dentro dos blocos estruturais. Esta proibição se dá pela necessidade de quebra dos blocos na eventualidade de manutenção.

Para possibilitar a distribuição vertical da tubulação, geralmente adotam-se *shafts* (figura 3.31) ou paredes hidráulicas sem função

estrutural. Na distribuição horizontal, pode-se optar por tubulações sob a laje ocultas por forro (figura 3.32), emprego de blocos mais estreitos na alvenaria, formando reentrâncias para a passagem dos tubos (figura 3.33), ou ainda enchimento externo (figura 3.34).



Figura 3.31: Shafts para a distribuição vertical da tubulação. Fonte: Foto do autor.



Figura 3.32: Tubulação correndo por baixo da laje. Fonte: Foto do autor.



Figura 3.33: Reentrância na parede para embutir instalações. Fonte: Foto do autor.



Figura 3.34: Enchimento externo para ocultar instalações fora da parede estrutural. Fonte: Foto do autor.

### 3.18 – ESCADAS

Diversas são as possibilidades de construção de escadas em edifícios em alvenaria estrutural:

- Escada de concreto armado moldada *in loco*: apesar de ser a técnica mais comumente aplicada, possui a desvantagem de exigir a construção de formas e escoramento, que pode comprometer a produtividade (figura 3.35);

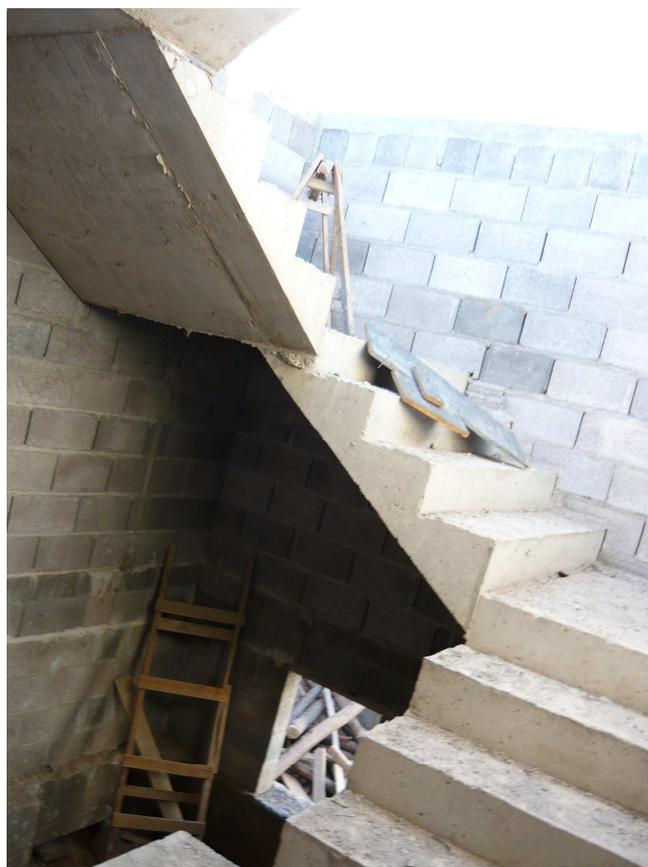


Figura 3.35: Exemplo de escada de concreto armado moldada *in loco*.  
Fonte: Foto do autor.

- Escada pré-moldada de concreto: é a modalidade de maior agilidade de instalação, sendo, contudo, necessário disponibilizar um guindaste para movimentar a peça (figura 3.36);



Figura 3.36: Exemplo de escada pré-moldada de concreto armado.  
Fonte: Foto do autor.

- Escada tipo “jacaré”: utiliza vigas dentadas como apoio aos patamares, espelhos e degraus pré-moldados. É de instalação bastante ágil, contudo exige que a escada esteja inserida entre duas paredes para possibilitar a fixação das vigas dentadas (figura 3.37);



Figura 3.37: Escada tipo “jacaré”. Fonte: MANZIONE, 2004.

- Escadas de outros materiais: geralmente constituídas de aço ou madeira, podem ser executadas independentemente da estrutura, contudo, exigem a adição de novos materiais e mão-de-obra especializada, o que pode ferir os princípios de racionalização do sistema.

## CAPÍTULO 4

---

### CONCEITOS IMPORTANTES PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Projetar em alvenaria estrutural é uma tarefa bastante distinta do modelo de projeto convencional. Além de o sistema exigir que o projeto contenha muito mais informações, a linha de raciocínio e a tomada de decisões estão atreladas a conceitos mais criteriosos que apenas o juízo de valor do projetista.

Em alvenaria estrutural, é recomendável que a linha de raciocínio de projeto contemple conceitos extraídos e adaptados de outras indústrias, nas quais o grau de especialização e profissionalismo é maior que na indústria da construção civil.

Os conceitos apresentados abaixo são, essencialmente, muito parecidos, na medida em que visam possibilitar um empreendimento mais econômico, rápido e funcional, sem comprometer o grau de qualidade almejado.

#### 4.1 – INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O Michaellis - Moderno Dicionário da Língua Portuguesa define o verbete *industrialização* como “processo completo que abrange, principalmente, a difusão da maquinofatura, produção em grande escala baseada na racionalização e divisão técnica do trabalho.”

Diversas são as definições de industrialização encontradas em textos científicos. Contudo, todas elas apontam no mesmo sentido: no da substituição da mão-de-obra artesanal pelo artifício da máquina.

Segundo RIBEIRO e MICHALKA (2003), “a essência da industrialização é produzir um objeto sem mão de obra artesanal, com máquinas utilizadas por operários especializados”.

Para ROSSO (1980) “a industrialização é a utilização de tecnologias que substituem a habilidade do artesanato pelo uso da máquina”.

Todavia, esta definição merece ajustes no que concerne à construção civil. Segundo MESSEGUER (1991), a indústria da construção civil apresenta características que lhe atribuem necessidades particulares de organização e gestão. Diferentemente da maioria das outras indústrias, cria produtos únicos, e não seriados (salvo exceções); não possibilita a produção em cadeia (produtos móveis passando por operários fixos), mas sim a produção centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo), o que dificulta a organização e controle dos trabalhos, provocando interferências mútuas.

Na construção civil brasileira ainda enfrentamos o problema do atraso na substituição do grande volume de mão-de-obra pelo contingente das máquinas. Pode-se dizer que a indústria da construção brasileira possui um certo grau de mecanização, utilizando, sem seus canteiros, algumas máquinas, como guinchos, gruas, betoneiras, dosadores e ferramentas elétricas em geral. Contudo, ainda se verifica um grande atraso se comparada a outras indústrias, tanto em industrialização como em automação. Evidentemente, o desenvolvimento da atividade construtiva abrange diversas circunstâncias que tendem a atrasar e paralisar os seus avanços.

SERRA (1995) enumera algumas razões desta resistência na evolução industrial na construção podendo ser assim resumidas:

- 1) A dispersão e atomização do capital produtivo que não consegue controlar o processo construtivo de construções de pequeno porte;
- 2) A habitação ainda não foi totalmente transformada em mercadoria. Isto é, as características próprias da moradia contribuem com obstáculos para a penetração do modo de produção capitalista, permanecendo o setor atrasado em relação ao processo produtivo de outras mercadorias;

- 3) A oferta abundante de mão-de-obra, fruto do fenômeno da urbanização acelerada, desempenha papel preponderante na conservação dos métodos e processos tradicionais da construção habitacional;
- 4) O presente déficit habitacional pressiona de tal maneira a oferta que garante margem de lucro, quaisquer que sejam a qualidade e o preço do produto oferecido.

Assim, o conceito de industrialização não pode ser literalmente aplicado no que tange à construção civil, devendo ter uma definição própria.

Para SABBATINI (1989), a "Industrialização da Construção é um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e da implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, objetiva incrementar a produtividade e o nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva".

Para TESTA (1972) apud SERRA (1995) "Industrialização da Construção é um processo que por meio de desenvolvimentos tecnológicos, conceitos e métodos organizacionais e investimentos de capital, visa incrementar a produtividade e elevar o nível de produção".

"Industrialização da Construção é o emprego de forma racional e mecanizada de materiais, meios de transporte e técnicas construtivas para conseguir uma maior produtividade" (ORDONEZ et al., 1974).

"Chamamos Industrialização da Construção, a passagem da fabricação artesanal de um produto único, resultado da soma de tarefas, até a fabricação de um produto repetitivo e de produção em massa, resultado da aplicação de um processo de alta produtividade que substitui a habilidade individual pela da máquina, na qual se agregam as técnicas modernas de informação" (SHALON apud SERRA, 1995).

Para a industrialização da construção ter um resultado efetivo na esfera da produção é necessário, primeiramente, elaborar um projeto compatível com o nível de organização exigido e definir um produto que permita aplicar princípios da industrialização, tais como:

- continuidade no fluxo de produção;
- padronização;
- integração dos diferentes estágios do processo global de produção;
- alto nível de organização do trabalho;
- mecanização em substituição ao trabalho manual sempre que possível.

Para tanto é necessário que haja, primeiramente, uma perfeita correlação dimensional, segundo um perfeito controle dimensional, com a generalização dos conceitos de tolerância e folga, fundamentais nos processos de fabricação industrial.

Para que este processo seja viável, se faz necessária uma ferramenta que inter-relacione a necessidade das edificações com as possibilidades da indústria. Esta ferramenta começou a ser desenvolvida no pós-guerra. Esta ferramenta chama-se coordenação modular (RIBEIRO e MICHALKA, 2003).

“A coordenação modular permite relacionar as medidas de projeto com as medidas da produção industrial, sem abandonar as questões da composição geométrica e de proporções. Por meio dela, criam-se critérios para definição de dimensões. Para tal, define-se um fator de correlação dimensional, que é o módulo. Internacionalmente o módulo é definido igual a  $1\text{dm} = 10\text{ cm}$ ” (CAPORIONI, GARLATTI, TENCAMONTINI, 1971 apud RIBEIRO e MICHALKA, 2003).

Esta definição se enquadra nas premissas da construção em alvenaria estrutural, cujo projeto sempre obedece ao módulo do bloco utilizado.

Observa-se, todavia, que é grande a dificuldade em se sobrepor em curto prazo os atrasos e especificidades da indústria da construção.

FRANCO (1996) cita DIETZ e CUTLER (1971), segundo os quais “métodos tradicionais, quando bem organizados e eficientemente aplicados, muitas vezes ainda oferecem a melhor solução possível para os problemas”, e conclui que a racionalização, por suas características, é uma alternativa mais próxima à realidade da indústria da construção civil que outras intervenções mais radicais como a industrialização.

A racionalização traz em si conceitos ligados à industrialização. Na realidade a racionalização deve estar inserida dentro da industrialização através das ações para organização da produção:

**INDUSTRIALIZAÇÃO = RACIONALIZAÇÃO + MECANIZAÇÃO**

#### **4.2 – RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA**

É cada vez mais freqüente a preocupação das empresas em aumentar a produtividade de seus canteiros. Este raciocínio se dá como resultado do novo contexto da construção civil brasileira, no qual aparecem sinais da busca pela qualidade, em virtude do cenário competitivo. Muitos diferentes caminhos vêm sendo utilizados nestas novas estratégias, como o desenvolvimento de tecnologias mais funcionais, rápidas ou econômicas.

Outra importante alternativa, que vêm sendo empreendida é a gradual alteração dos processos construtivos tradicionais, através da aplicação de princípios como a racionalização construtiva, que, sem a alteração radical dos sistemas de produção, implementa gradativamente melhorias nos processos produtivos (FRANCO, 1996).

Segundo BARROS (1996), “a racionalização na construção consiste no esforço para tornar mais eficiente a atividade de construir, na busca da solução ótima para os problemas da construção”.

SABBATINI (1989) apresenta a racionalização construtiva como “ferramenta” da industrialização e define: “racionalização construtiva é

um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em toda as suas fases". Em seguida, simplifica o conceito da seguinte forma: "racionalizar é eliminar desperdícios". Complementa afirmando que a razão de ser da racionalização é fazer o melhor uso dos recursos disponíveis.

Para TESTA (1972) apud FRANCO (1996), as ações ligadas à racionalização construtiva "são baseadas no esforço para o aumento do desempenho e produtividade, pela aplicação de todas as possíveis medidas para incrementar a produção, para garantir a melhor utilização dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, no canteiro de obras e no processo de produção".

Em face às definições apresentados, pode-se sumarizar os conceitos da seguinte forma: a racionalização construtiva é uma linha de raciocínio dentro do universo da construção civil que engloba tanto o âmbito dos projetos como o dos processos construtivos, que visa utilizar eficientemente os recursos disponíveis para atingir os objetivos do empreendimento de modo funcional e econômico, minimizando os retrabalhos e desperdícios.

Diversos autores como GRIFFITH (1987), SABBATINI (1989), FRANCO (1993), ARAÚJO (1995) e FRANCO (1996) associam o conceito de racionalização construtiva ao conceito de construtibilidade e concluem que são definições complementares. Ambas têm por objetivo tornar mais eficiente a aplicação de recursos na construção, por meio da organização e adequação do projeto e dos processos construtivos.

### 4.3 - CONSTRUTIBILIDADE

Diversos autores têm incluído a definição de construtibilidade em trabalhos sobre gerenciamento de projetos de edificações.

SABBATINI (1989) afirma que o “conceito de construtibilidade fundamenta-se na consideração dos fatores relacionados às operações construtivas, na etapa de projeto, para a otimização de todo o processo da construção”. Acrescenta ainda que “o edifício tem um grau superior de construtibilidade se, o seu projeto descer a um nível tal de detalhamento que, demonstre perfeitamente como ele deverá ser construído”.

CII (1987) apud RAUBER (2005) define a construtibilidade como “o uso ótimo do conhecimento e da experiência em construção, no planejamento, projeto, contratação e trabalho em canteiro, para atingir os objetivos globais do empreendimento”.

FISCHER e TATUM (1997) apud CAMPOS (2002): “uma ferramenta para a garantia de que a concepção dos edifícios e das suas infra-estruturas seja realizada de forma a facilitar a construção, em adequação às exigências dos processos e tecnologias de construção”.

O’CONNOR e DAVIS (1988) apud PENTEADO (2003): “desenvolvimento e efetiva utilização de métodos construtivos inovadores que simplifiquem a execução e reduzam os custos do empreendimento”.

GRIFFITH e SIDWELL (1995) apud RODRÍGUEZ e HEINECK (2002): “consideração detalhada dos elementos de projeto para atender os requerimentos técnicos e financeiros do empreendimento, considerando quando possível a relação projeto - construção para melhorar a efetividade do projeto e com isto subsidiar o processo de construção no canteiro”.

GRIFFITH (1987) apud FRANCO e AGOPYAN (1993) cita, em trabalho anterior, a definição de construtibilidade: “o campo de ações a partir do qual a concepção do edifício simplifica e facilita as

atividades de execução, sujeitando-se a todos os requisitos do edifício acabado”.

POZZOBON (2003): “melhoramos a construtibilidade de uma construção realizando a obra de forma que obedeça a uma mesma seqüência construtiva, reduzindo o número de operações executivas”.

No Reino Unido o termo “Buidability”, traduzido para português por edificabilidade, é utilizado com o sentido de “orientação para a concepção se desenvolver de modo a facilitar a construção coordenada dos edifícios e das suas infra-estruturas, em respeito pelas suas exigências de funcionalidade e coordenação” (CAMPOS, 2002).

CAMPOS (2002) ainda acrescenta a definição de construtibilidade como: “o desenvolvimento da concepção em atenção e adequação às exigências dos processos construtivos, procurando atingir os objetivos do projeto em segurança e ao mais baixo custo”.

Tendo em vista as definições expostas, pode-se sumarizar o conceito de construtibilidade como a medida da simplicidade de execução de um projeto.

Ter a construtibilidade como um elemento norteador de projeto é uma medida que vem se tornando comum em empreendimentos de complexidade mais elevada. Os benefícios de uma obra de boa construtibilidade são, além da economia financeira, a agilidade de construção, o menor número de operários envolvidos no processo e o pouco volume de entulho gerado.

SABBATINI (1989) afirma que, ao considerar a construtibilidade como diretriz de projeto, o projetista se vê obrigado a interagir mais com a construção, comunicando as intenções de projeto, olhando seriamente as informações e recursos da construção, os cronogramas e as especificidades da obra, produzindo um projeto construtível e de custo otimizado e providenciando suporte técnico para o construtor e o gerente do empreendimento.

Como resultado de um projeto que leve em conta a construtibilidade, espera-se obter um edifício de construção mais rápida, mais fácil e mais barata (OLIVEIRA, 1994).

#### **4.4 - DESEMPENHO**

Ao lado da construtibilidade, o projetista também deve estar atento ao desempenho das soluções de projeto. Isto significa que as atividades do projeto também devem procurar privilegiar o aumento do desempenho do edifício (FRANCO e AGOPYAN, 1993).

SABBATINI (1989) complementa ao colocar que “através do estabelecimento de especificações mais precisas, pode-se obter um produto que melhor atende às expectativas do usuário.”

O conceito de desempenho foi definido pelo CIB ("Conseil International du Bâtiment") como sendo "o comportamento de um produto em utilização" (CIB, 1975). Esta conceituação é aceita pelo meio técnico em todo o mundo.

A NBR 5674 (ABNT, 1999) denomina desempenho a “capacidade de uma edificação atender às necessidades de seus usuários, a saber, exigências quanto à segurança, saúde, conforto, adequação ao uso e economia, cujo atendimento é condição para realização das atividades previstas no projeto durante a vida útil do empreendimento”.

MITIDIARI FILHO e HELENE (1998) apud RAUBER (2005) caracterizam desempenho como “a necessidade de um produto apresentar certas propriedades que permitam o cumprimento de sua função quando sujeito a determinadas influências ou ações, durante sua vida útil”.

FERREIRA (1995) conceitua similarmente o desempenho de um produto como “satisfazer às exigências do usuário quando submetidos a determinadas condições de exposição durante sua vida útil”. No caso das edificações, este autor desenvolve o conceito, colocando como requisitos de desempenho esperados de um sistema construtivo: segurança estrutural; segurança ao fogo; estanqueidade à água;

desempenho térmico; desempenho acústico; durabilidade; desempenho das instalações elétricas e hidráulica.

Existe, ainda arraigada no meio técnico, a premissa de que um melhor desempenho só pode ser obtido com um acréscimo de custos. Ela é falsa, pois muitas das falhas verificadas nas edificações podem ser atribuídas à falta de conhecimento tecnológico no emprego dos processos e materiais, sobretudo aqueles inovadores. Isto é, em muitos casos, o aumento de desempenho pode ser obtido sem mudanças nas especificações dos materiais nem na produtividade da mão-de-obra, conseqüentemente sem acréscimo de custo.

No ano de 2010, passa a ter força de lei a NBR 15.575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, cuja publicação aconteceu em maio de 2008. Nesta norma, fica definida a responsabilidade dos agentes envolvidos, do incorporador ao usuário, e trazem novos parâmetros de projeto e especificação. Este documento deve se tornar referência para outros tipos de edifícios.

#### **4.5 – PROJETO TOTAL**

Em 1969, o engenheiro britânico Ove Arup (1895-1988), fundador da empresa de engenharia e arquitetura *Arup Associates*, escreveu um artigo destacando quais eram os objetivos de sua companhia. O principal objetivo era o que Arup chamava de “projeto total” ou, em artigos posteriores, “arquitetura total”. O termo se assemelha ao título do livro publicado por Walter Gropius em 1956, *The Scope for Total Architecture* (O Escopo da Arquitetura Total). Para Arup, isso significava que “todas as decisões de projeto relevantes foram consideradas em conjunto, e passaram a fazer parte de um todo por meio de uma equipe bem organizada e autorizada a estabelecer prioridades” (ADDIS,2009).

O projeto total pode ser classificado como a conclusão de um processo iniciado no século XVI, quando os aspectos de projeto se

tornaram técnicos demais para serem dominados por não-especialistas: os projetos de edificação deixaram de constituir um todo e se dividiram em diferentes especialidades. O projeto total trouxe de volta a idéia de um processo por meio do qual diferentes especialidades podem ser levadas em conta juntas durante o processo de projeto de uma edificação.

A partir da década de 1880, nos Estados Unidos, pressões comerciais para aumentar a área de piso útil favoreceram a construção de prédios com estrutura de aço. Este modelo de edificação exigia um maior envolvimento dos engenheiros no projeto de fundações, estruturas e instalações prediais, conduzindo o arquiteto a uma condição menos importante.

Em maio de 1906, a revista britânica *The Builder's Journal and Architectural Engineer* (A Revista dos Construtores e do Engenheiro de Edificações, atualmente denominada *The Architects's Journal* – A Revista dos Arquitetos) publicou no suplemente mensal *Concrete and Steel Supplement* (Suplemento de Concreto e Aço) uma análise a este respeito: "Com o advento [de estruturas de concreto armado e aço] o arquiteto começou gradualmente a descobrir que é exigido dele um conhecimento de engenharia muito maior do que no passado. Alguns arquitetos contratam engenheiros como assistentes para solucionar o problema, ou buscam conselhos relativos aos aspectos de engenharia dos problemas que precisam enfrentar. No entanto, não importa o tipo de assistência, ele seria um arquiteto medíocre se não estudou com cuidado nem se informou profundamente sobre os princípios primários de construção e cálculo que estão envolvidos" (ADDIS, 2009).

Muitas décadas antes, no início da década de 1920, Le Corbusier inaugurou uma linha de raciocínio semelhante em seu livro *Vers une Architecture* (Por uma Arquitetura). O livro exaltava os engenheiros e construtores, enfatizava a "estética dos engenheiros", e a necessidade de se criar um "espírito de produção em massa" para projetar, construir e habitar casas produzidas em massa.

Le Corbusier censurava a preocupação tradicional dos arquitetos com o estilo, “que é uma pena no cabelo de uma mulher... às vezes é bonita, mas nem sempre, e nada mais que isso”. A arquitetura, afirmava, tem “objetivos mais urgentes” (ADDIS, 2009).

O arquiteto também incluiu o processo de manufatura em sua visão de construção, ao aplicar ao projeto de edificações uma analogia à fabricação de automóveis. Esta visão de standartização e industrialização da construção também era compartilhada por Gropius e pela Bauhaus.

#### **4.6 – PROJETO PARA PRODUÇÃO**

Na indústria da construção civil brasileira, geralmente, os projetos contêm um baixo nível de detalhamento, servindo apenas de indicador de como será o edifício acabado. Omitem-se, portanto, especificações e informações quanto à tecnologia construtiva proposta. Isto quer dizer que os projetos atingem apenas a definição de produto, sem definir de forma clara como o edifício será construído.

FARAH (1992) confirma esta constatação ao afirmar que: “como tendência geral, os projetos, na construção tradicional, indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características técnicas de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, de instalações, etc.), não descendo a detalhes da execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão de etapas de trabalho. O projeto é antes de mais nada, um projeto de produto, que não se traduz em especificações relativas ao ‘como produzir’. O próprio projeto do produto é, por outro lado, pouco preciso, deixando à etapa da execução a definição final das características que o produto deve ter, inclusive quanto ao tipo de material ou componente a ser utilizado em cada etapa.”

Sendo assim, o projeto de produto pode ser caracterizado como um projeto estático. Em contrapartida, existe uma outra modalidade de se projetar, que pode ser chamada de *projeto para produção*, tendo por característica a dinamicidade e um sentido de processo, através do qual as soluções são elaboradas e compatibilizadas (NOVAES, 1996).

BARROS (1996) entende o *projeto para produção* como “uma atividade ou serviço inerente ao processo de produção e, portanto, deverá extrapolar as características do produto, envolvendo as características do processo e dando suporte aos envolvidos com a construção” e o define como “um conjunto de elementos de projeto elaborado segundo características e recursos próprios da empresa construtora, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições dos itens essenciais à realização de uma atividade ou serviço e, em particular: especificações dos detalhes e técnicas construtivas a serem empregados, disposição e seqüência das atividades de obra e frentes de serviço e uso e características de equipamentos”.

Acrescenta-se, portanto, que o projeto de produção deve ser executado pela empresa construtora responsável, uma vez que esta tem real discernimento das condições de produção e dos meios disponíveis para o processo de construção. Esta visão concorda com o observado por NOVAES (1998) onde “as responsabilidades pela elaboração dos projetos para produção são divididas entre profissionais de projeto, contratados externamente às estruturas técnicas dos agentes da promoção e da produção, e profissionais da empresa construtora, pela maior proximidade destes com as particularidades dos procedimentos produtivos e com a potencialidade da empresa, em termos, por exemplo, de recursos humanos e de equipamentos”.

Pode-se por assim dizer que o projeto de produção é paralelo e complementar ao projeto de produto na medida em que informa de

que maneira serão utilizados os meios disponíveis para edificar o produto final.

BARROS (1996) conclui que “se a indústria da Construção Civil deseja alcançar um patamar mais elevado no seu desenvolvimento tecnológico, é premente que o projeto, além de focar o produto, esteja voltado, de maneira especial, à produção”.

#### **4.7 – ENGENHARIA SIMULTÂNEA**

O conceito de engenharia simultânea aponta no mesmo sentido dos outros conceitos anteriormente apresentados.

No universo da construção, em que os projetos são organizados de forma hierarquizada e seqüencial, e as decisões são tomadas por diferentes agentes isoladamente, alguns estudiosos têm utilizado o conceito de Engenharia Simultânea (ES) como proposta de solução à problemática.

O termo Engenharia Simultânea é a tradução para o português mais aceita da expressão em inglês *Concurrent Engineering*. A palavra *concurrent* tem o sentido de concomitante e, assim, a tradução por *simultânea* expressa melhor a idéia contida no termo em inglês (FABRICIO e MELHADO, 2007).

O *Institute for Defense Analysis (IDA)* do governo americano assim define a Engenharia Simultânea: “*uma abordagem sistemática para integrar, simultaneamente projeto do produto e seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Essa abordagem é buscada para mobilizar os desenvolvedores (projetistas), no início, para considerar todos os elementos do ciclo de vida da concepção até a disposição, incluindo controle da qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes*”. (FABRICIO e MELHADO, 2003).

Cabe ressaltar que em se tratando da indústria da construção civil, este conceito merece adaptações, visto que as dinâmicas industriais são específicas para cada setor.

No contexto da indústria da construção, EVBUOMWAN e ANUMBA (1998) apud KHALFAN e ANUMBA (2000) definem a engenharia simultânea como “uma tentativa de otimizar o design do projeto e seu processo de construção com o intuito de reduzir o tempo de trabalho e melhorar sua qualidade e custo por meio da integração das atividades de design, fabricação, construção e montagem; e pela maximização da simultaneidade e colaboração nas práticas projetuais”.

A figura 4.1 resume a filosofia da engenharia simultânea ao colocar todas as equipes de projeto e execução trabalhando de modo paralelo. Este raciocínio entra em oposição ao que normalmente se verifica na indústria da construção, no qual as etapas são cumpridas de modo seqüencial.



Figura 4.1: O paralelismo da Engenharia Simultânea.  
Fonte: KHALFAN e ANUMBA (2000).

---

**A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL****5.1 - A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL FORA DO BRASIL**

Uma dificuldade enfrentada para disseminar a alvenaria estrutural no mundo é a sua heterogeneidade. As técnicas construtivas em alvenaria são diferentes de um país para outro e utilizam matérias-primas diferentes. Todavia, nota-se que a troca de experiências e a transferência de tecnologia e conhecimento em escala internacional esboçam uma tendência em tornar os mercados mais homogêneos. No entanto, as tradições regionais, as dificuldades de certificação de alguns produtos, os custos de transporte, a transferência da tecnologia de produção e a formação dos operários contribuem fortemente para dificultar esta tarefa de homogeneização (LOURENÇO, 2002).

Ainda assim, no atual panorama europeu, as construções em alvenaria estrutural simples representam cerca de 15 a 50% da construção de edifícios residenciais novos, incluindo países como Alemanha, Holanda, Noruega e Itália (LOURENÇO, 2007). Salienta-se ainda que, em Portugal, mais de 60% dos edifícios são em alvenaria resistente (devido ao grande número de construções antigas), conforme mostra a tabela 5.1 e a figura 5.1.

Tabela 5.1: Número de edifícios existentes em Portugal para os diferentes materiais de construção

PRINCIPAIS MATERIAIS USADOS	No de edifícios	%
<b>Elementos Resistentes</b>	2861502	100
Concreto Armado	916035	32
Paredes resistentes s/ serem de concreto armado	945762	33
Pedra	881830	30
Madeira	31800	1
Outros	86075	3
<b>Paredes Exteriores</b>	2861502	100
Alvenaria de tijolos	1428650	50
Alvenaria de blocos de concreto	662216	23
Pedra não aparelhada	588120	20
Madeira	23383	0,8

Fonte: Adaptado de LOURENÇO, 1999.

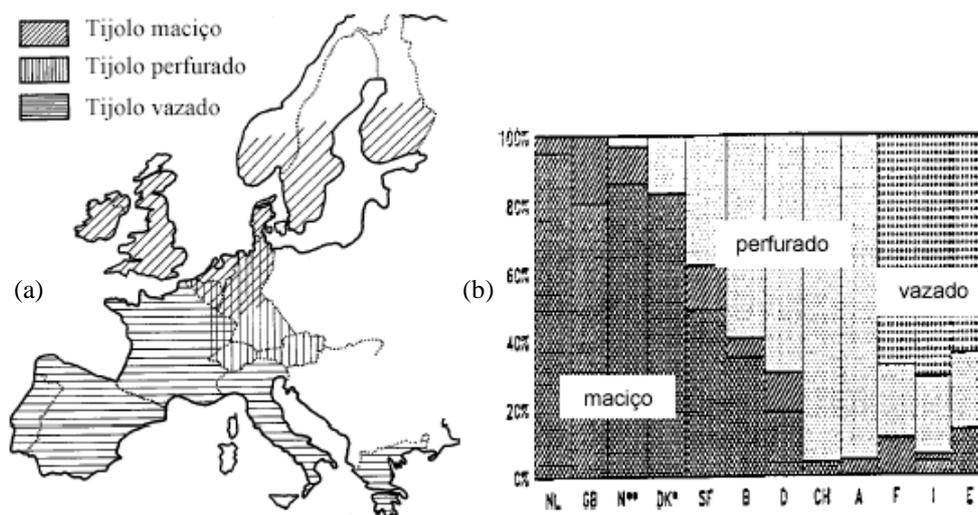


Figura 5.1: Panorama europeu da indústria de unidades de alvenaria cerâmicas: (a) mapa de utilização. Fonte: LOURENÇO, 2002.

Depois de altos e baixos da primeira metade do século, a partir da Segunda Guerra Mundial, a alvenaria estrutural soube adaptar-se às novas exigências tecnológicas e estéticas da arquitetura contemporânea, mantendo uma posição no mercado. De uma forma simplista, pode-se considerar-se que, no norte da Europa, as paredes compostas de tijolo à vista (solução provavelmente determinada pela

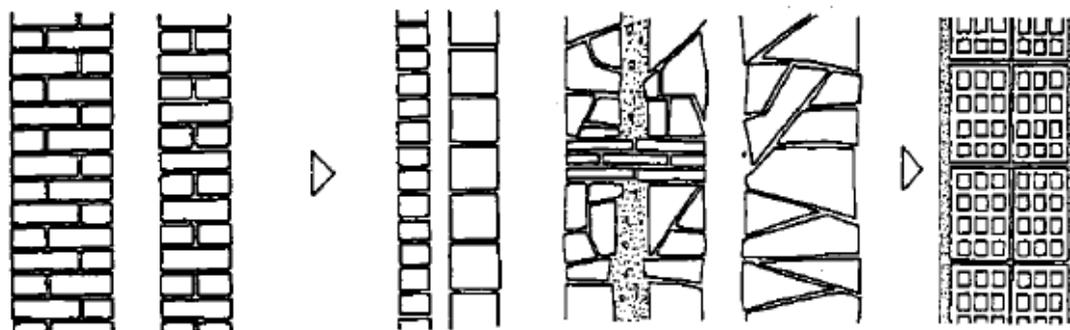


Figura 5.2: Representação esquemática da transição da alvenaria: (a) norte da Europa e (b) sul da Europa. Fonte: LOURENÇO, 1999.

durabilidade do material) evoluíram para a parede dupla resistente, enquanto que, no sul da Europa, as paredes de pedra evoluíram para paredes rebocadas (provavelmente para melhor refletirem a luz solar) (LOURENÇO, 1999) (figura 5.2).

Verifica-se, então, que a alvenaria estrutural tem tido uma amplitude de uso bastante relevante na Europa.

Na Itália, desenvolveu-se, nos últimos 20 a 30 anos, um sistema de alvenaria armada que consiste em blocos com um furo de grandes

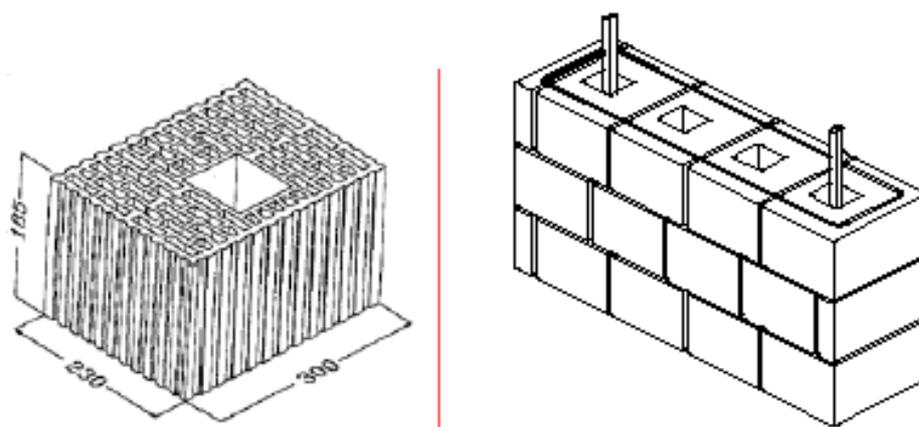


Figura 5.3: Solução italiana de alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

dimensões para colocação de armadura vertical e também horizontal, utilizando a mesma argamassa para as juntas de assentamento e para o preenchimento do furo (ver figura 5.3).

Na Suíça, foi desenvolvido um sistema de blocos com dois grandes furos para inserção de um conjunto de armadura vertical e horizontal que, preenchido com graute, protege a ferragem contra a corrosão e garante a rigidez da parede. O sistema é bastante difundido para todo tipo de edificação até médio-porte (por exemplo, 5 pisos) (figura 5.4).



Figura 5.4: Solução suíça para alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Na Espanha, tem se utilizado, nos últimos 20 anos, um sistema de alvenaria armada que incorpora um conjunto de armaduras treliçadas horizontais e verticais, aplicadas entre seqüências de fiadas de blocos. Originalmente, este sistema era aplicado para paredes de vedação de grandes dimensões a fim de prevenir rachaduras (figura 5.5).

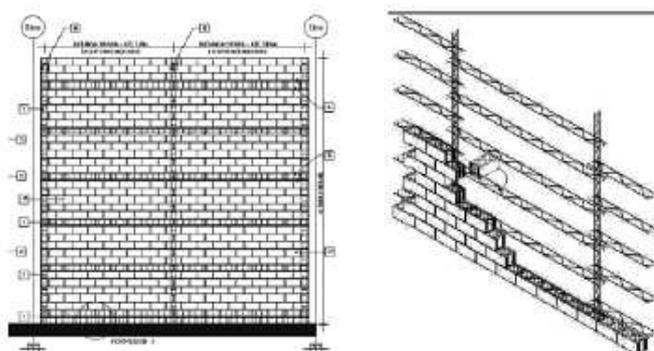


Figura 5.5: Solução espanhola para alvenaria armada. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Na Holanda, a iniciativa é se utilizar blocos de grandes dimensões (1m de comprimento) com o intuito de maximizar a produção (figura 5.6).

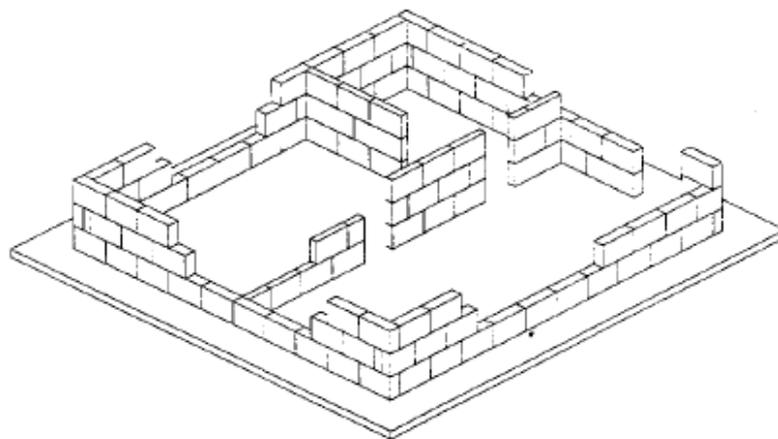


Figura 5.6: Solução holandesa para alvenaria estrutural. Fonte: LOURENÇO, 1999.

Na Áustria, o grupo Wienerberger (maior produtor mundial de blocos cerâmicos vazados) desenvolveu o sistema “Alvenaria Rolada”, sendo este um dos mais novos conceitos em alvenaria. A Alvenaria Rolada emprega blocos com superfícies de

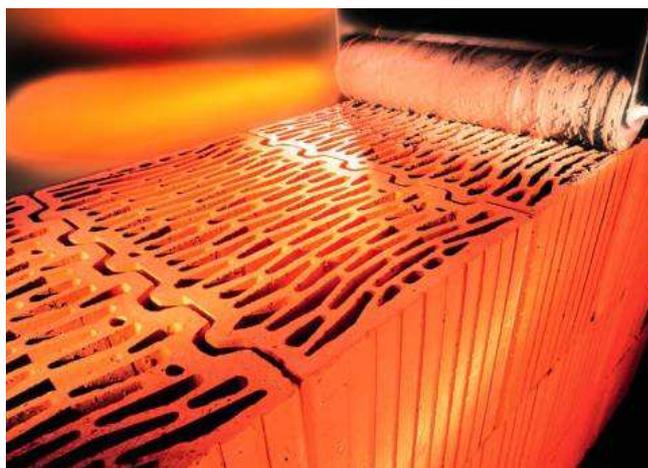


Figura 5.7: Solução de Alvenaria Estrutural desenvolvida na Áustria. Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)

assentamento retificadas, com precisão de 0,5mm, o que permite aplicação de argamassa de no máximo 3mm de espessura, depositada sobre a área útil do bloco através de um rolo. Estes blocos, desenvolvidos para possibilitar rigorosa isolamento térmica, apresentam largura de 375mm, altura de 249mm e comprimento de 250mm. A Alvenaria Rolada, em parede única, representou um avanço em relação ao tradicional sistema de paredes duplas (com isolante

térmico), simplificando a execução da parede, tornando-a mais econômica, e sem perda da performance térmica (figuras 5.7, 5.8 e 5.9).



Figura 5.8: Diferentes combinações entre blocos de Alvenaria Rolada.  
Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)



Figura 5.9: Aplicação de argamassa na Alvenaria Rolada.  
Fonte: [www.wienerberger.com](http://www.wienerberger.com)

Na Alemanha, uma solução semelhante à brasileira tem sido aplicada. Trata-se de blocos cerâmicos vazados com dois grandes furos que são preenchidos com graute e armadura vertical. A armadura horizontal encaixa-se em fendas apropriadas. A idéia é fazer o grauteamento ao mesmo tempo que a concretagem das lajes, de modo a garantir o funcionamento do sistema em conjunto (bloco, graute e armadura) (figura 5.10).

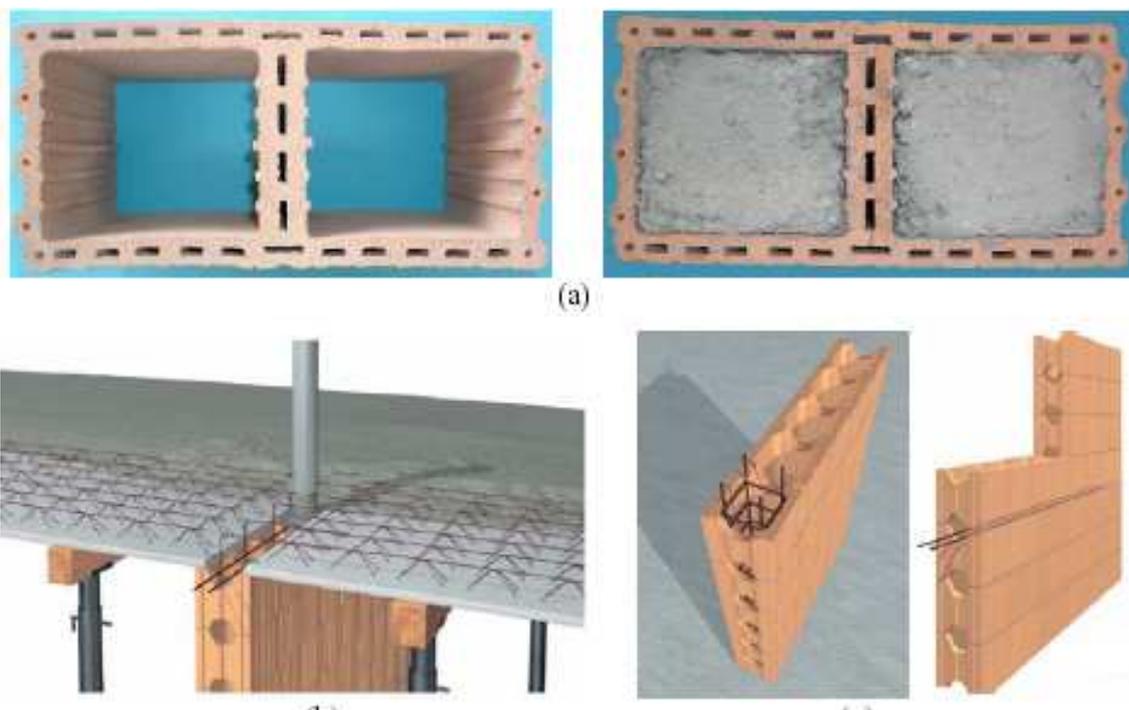


Figura 5.10: Solução de alvenaria armada na Alemanha. Fonte: LOURENÇO, 2007.

Nos Estados Unidos e Canadá, a utilização de alvenaria estrutural armada preenchida com graute é muito disseminada para edifícios de diferentes portes. Em 1963, o consumo de cimento nos EUA para fabricação de blocos de concreto era de 7,4% do consumo de cimento do país (AZEREDO, 1977). Em Las Vegas, foi construído, em 1998, o Hotel Excalibur com 28 pavimentos, conhecido como o maior prédio em alvenaria estrutural do mundo, utilizando blocos com resistência de 28MPa em sua base (figura 5.11).



Figura 5.11: Hotel Excalibur em Las Vegas – 28 pavimentos em Alvenaria Estrutural.  
Fonte: [www.structurae.de](http://www.structurae.de)

## 5.2 - A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

No Brasil, a cultura da construção só pode ser analisada com mais ênfase a partir da colonização europeia no século XVI. Anteriormente, as únicas manifestações eram as ocas indígenas, que eram estruturas de madeira cobertas por sapé ou palha. Contudo, já nos primórdios da colonização, se tem notícia da construção em barro apilado, o primeiro sistema de parede auto-portante no Brasil.

Rapidamente, e em virtude da abundância de matéria prima, a construção de paredes estruturais evoluiu para a taipa, pau-a-pique, cantaria, alvenaria de tijolos até chegar às alvenarias estruturais com blocos industrializados (OLIVEIRA, 1990).

No que tange às alvenarias estruturais, no Brasil, a assimilação do processo ocorreu tardiamente em relação a outros países. "Em 1952, chega ao país o primeiro equipamento para produzir blocos de concreto, surgindo, em território nacional, várias obras em alvenaria estrutural desenvolvidas de forma empírica" (CURY, 1977). "Apenas em 1966 foram construídos no Brasil os primeiros edifícios de blocos de concreto com quatro pavimentos em alvenaria armada: o Central

Parque Lapa e o Central Parque Novo Pacaembu, ambos em São Paulo. No entanto, devido à falta de conhecimento adequado e a descuidos técnicos na fabricação de blocos, estas obras apresentaram alguns problemas construtivos e manifestações patológicas podiam ser percebidas no envoltório dos prédios" (CURY, 1977).

Apesar das avarias encontradas nas primeiras experiências do sistema, a utilização do processo manteve-se como alternativa para construções de edifícios residenciais. Com a construção de novas fábricas de blocos e o aumento do interesse acadêmico pelo tema o processo construtivo se cristalizou.

Durante muito tempo, a alvenaria estrutural foi vista como um processo construtivo muito limitado, adequado unicamente para construções de padrão popular. Com a criação do Programa de Arrendamento Residencial – PAR – pela Caixa Econômica Federal em 1999, esta visão se evidenciou ainda mais, visto que a Instituição fixou a alvenaria estrutural como principal processo construtivo a ser adotado nestes empreendimentos (MELO, 2006). Como exemplo, temos o conjunto habitacional mostrado na figura 5.12, constituído de nove edifícios de quatro pavimentos cada, localizado em Samambaia – DF.



Figura 5.12: Conjunto habitacional pertencente ao PAR - Programa de Arrendamento Residencial - sendo executado em alvenaria estrutural. Samambaia - DF.  
Fonte: MBR Engenharia.

Sem dúvida, em virtude da economia possibilitada pela racionalização do processo, e da crescente demanda por habitação nesse setor, o segmento popular é o maior nicho a ser explorado. Todavia, verifica-se extensa aplicação do sistema em construções destinadas a classes sociais mais elevadas. O edifício *Absoluto*, localizado na Zona Sul de São Paulo, por exemplo, possui apartamentos de quatro dormitórios com até dez opções de plantas e uma área privativa de 130m<sup>2</sup> (NAKAMURA, 2003).

Em Porto Alegre, encontra-se em construção, um condomínio destinado à classe média-alta denominado *Vivenda Ecoville*, constituído de cerca de 400 sobrados de aproximadamente 200m<sup>2</sup>, geminados dois a dois, todos em alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto. A figura 5.13 (a) e (b) mostram o modelo construído e a obra em execução. Além deste, vários outros empreendimentos destinados a este setor se encontram em construção em Porto Alegre, podendo ser citado, como exemplo, o empreendimento *Pateo Lisboa*, um condomínio residencial vertical, composto de duas torres de oito pavimentos, com apartamentos de 40m<sup>2</sup> a 68m<sup>2</sup>. Na figura 5.14 (a) e (b), vêem-se a perspectiva eletrônica deste empreendimento e a obra em execução.

No Distrito Federal, em cidades satélites de Brasília, como Águas Claras, Taguatinga e Samambaia, diversos empreendimentos em alvenaria estrutural se encontram concluídos ou em fase de construção, muitos deles atingindo alturas superiores a dez pavimentos.

No interior do país, a alvenaria estrutural também tem sido opção para empreendimentos da área residencial. Na cidade de Luís Eduardo Magalhães, por exemplo, localizada no oeste da Bahia, o empreendimento *Vila Borghese Residence* encontra-se em construção, e prevê quatro torres de oito pavimentos em alvenaria de blocos de concreto vazados. Neste empreendimento, utilizam-se blocos de dimensões 14x19x39cm e meio-blocos de 14x19x19cm de resistência 8MPa nos primeiros pavimentos, passando para 6MPa nos pavimentos

intermediários e, em seguida, à resistência de 4,5MPa, a mínima exigida por norma (figura 6.15).



(a)



(b)

Figura 5.13: Condomínio Vivenda Ecoville localizado em Porto Alegre-RS. Modelo construído do sobrado em alvenaria estrutural (a) e a obra em execução (b).  
Fonte: Foto do autor.



(a)



(b)

Figura 5.14: Condomínio Pateo Lisboa localizado em Porto Alegre-RS. Oito pavimentos em alvenaria estrutural. Perspectiva eletrônica do conjunto (a) e obra em execução (b).

Fonte: (a) [www.cadizc.com.br](http://www.cadizc.com.br) (b) Foto do autor.



(a)



(b)

Figura 5.15: Condomínio Vila Borghese Residence localizado em Luís Eduardo Magalhães-BA. Oito pavimentos em alvenaria estrutural. Construção da 1ª torre em estágio avançado (a), 2ª torre em execução e salão de festas ao fundo (b).  
Fonte: Foto do autor.

### 5.3 - A UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO DISTRITO FEDERAL

A cidade de Brasília é um marco na história da Arquitetura Moderna mundial e tem grande relevância na cultura construtiva do Brasil.

O concreto armado foi maciçamente utilizado em sua construção, tendo possibilitado expressar a genialidade de vários arquitetos de renome nos edifícios públicos da cidade, obtendo maior destaque o patrono da arquitetura brasileira, Oscar Niemeyer.

Além da arquitetura monumental, o concreto foi o material escolhido na grande maioria das construções comerciais e residenciais da capital, tendo sobrado pouco espaço para outras tecnologias construtivas.

No entanto, este cenário mudou com o recente crescimento da cidade. Da década de 90 até hoje, conforme mostra o gráfico da figura 5.16, a população do Distrito Federal aumentou expressivamente devido a políticas de incentivo migratório e aumento da atividade econômica. Esta população atingiu 2.455.903 de pessoas em 2007 conforme mostra a figura 6.16.

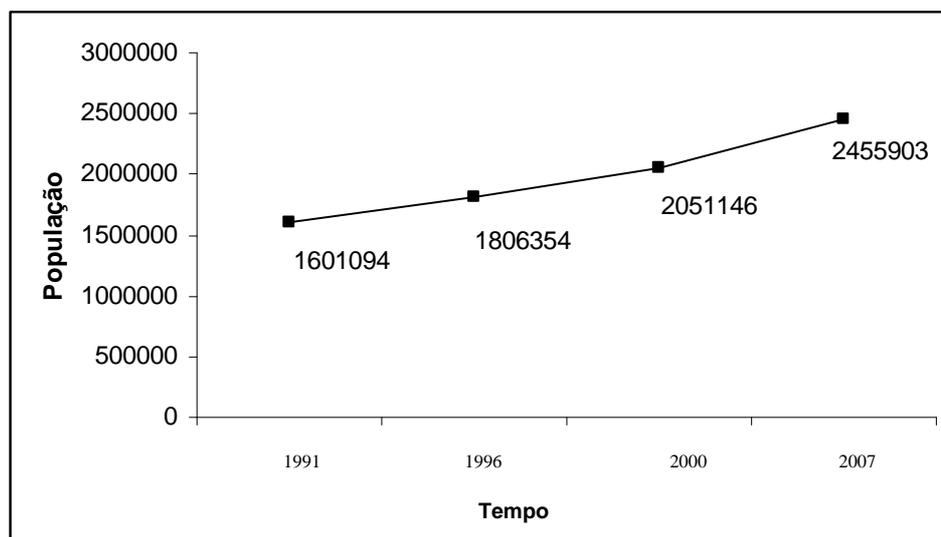


Figura 5.16: Gráfico do crescimento populacional do DF 1991-2007.  
Fonte: IBGE – População Residente em 1 de abril de 2007.

Além disso, um grande número de municípios dos estados de Goiás e Minas Gerais, localizados no entorno do Distrito Federal, dependem economicamente de Brasília, podendo ter suas populações somadas à do DF em muitas análises, formando a macro-região do entorno. A tabela 5.2 demonstra que a *Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno* conta, atualmente, com uma população de 3,5 milhões de pessoas.

**Tabela 5.2: Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno**

<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b> [2]	<b>População</b> (2007)[1]	<b>IDH</b> (2000)[3]	<b>PIB (em R\$ mil)</b> (2005)[4]
Distrito Federal	5.801,94	2.455.903	0,844	80.516.682
Abadiânia - GO	1.044,16	12.640	0,723	49.558
Água Fria de Goiás - GO	2.029,41	5.008	0,695	64.897
Águas Lindas de Goiás - GO	191,198	131.884	0,717	334.295
Alexânia - GO	847,891	20.033	0,696	233.251
Buritis - MG	5.219,47	21.472	0,733	236.213
Cabeceiras - GO	1.127,601	6.610	0,695	72.939
Cidade Ocidental - GO	388,162	48.589	0,795	156.168
Cocalzinho de Goiás - GO	1.787,99	14.762	0,704	64.178
Corumbá de Goiás - GO	1.062,46	9.190	0,716	41.179
Cristalina - GO	6.160,72	36.614	0,761	652.021
Formosa - GO	5.806,89	90.212	0,75	428.702
Luziânia - GO	3.961,536	196.046	0,756	1.380.833
Mimoso de Goiás - GO	1.386,91	10.769	0,664	17.587
Novo Gama - GO	191,675	83.599	0,742	228.737
Padre Bernardo - GO	3.137,90	25.969	0,705	99.243
Pirenópolis - GO	2.227,79	20.460	0,713	94.391
Planaltina - GO	2.539,11	76.376	0,723	237.511
Santo Antônio do Descoberto - GO	938,309	55.621	0,709	164.377
Unai - MG	8.463,58	74.495	0,812	893.192
Valparaíso de Goiás - GO	60,111	114.450	0,795	377.154
Vila Boa - GO	1.060,17	4.198	0,674	17.702
<b>TOTAL</b>	<b>55.434,99</b>	<b>3.451.549</b>	<b>-</b>	<b>86.360.810</b>

Fontes:

(1) IBGE, *População residente, em 1º de abril de 2007*, Publicação Completa. Acessado em 20 de janeiro de 2008

(2) IBGE, *Área Territorial Oficial*, Resolução nº 5 de 10 de outubro de 2002. Acessado em 20 de janeiro de 2008.

(3) PNUD, Ranking decrescente do IDH dos municípios do Brasil 1991-2000 - página visitada em 20 de janeiro de 2008

(4) IBGE, *Produto Interno Bruto dos Municípios 2002-2005* - página visitada em 20 de janeiro de 2008.

Contudo, o aumento populacional não foi acompanhado por políticas de desenvolvimento urbano, tendo gerado um déficit de aproximadamente 130 mil moradias.

Este déficit habitacional instalado, aliado ao alto poder aquisitivo do brasiliense, justificado, entre outras razões, pelo grande número de funcionários públicos residentes, propiciou fenômenos imobiliários como a cidade de Águas Claras (figuras 5.17 e 5.18).



Figura 5.17: Grande número de edifícios novos em Águas Claras – DF.  
Fonte: Administração de Águas Claras.



Figura 5.18: Novos canteiros de obra em Águas Claras – DF.  
Fonte: Administração de Águas Claras.

Segundo a ADEMI-DF – Associação de Dirigentes de Empresas do Mercado Imobiliário – em julho de 2007, com 15 anos de existência e quatro de emancipação, Águas Claras já contava com 389 edifícios já habitados, 118 em construção e 524 lotes livres, totalizando uma amostragem de 1.031 lotes (constantes no projeto original da cidade).

Mais de 60 construtoras atuam, no momento, na cidade e a perspectiva é a população saltar de 60mil para 160mil nos próximos 15 anos.

Em virtude da grande demanda por habitação e necessidade de rapidez na execução das obras, a alvenaria estrutural se proliferou em Águas Claras, concentrando-se, nesta cidade, o maior número de obras em alvenaria estrutural do Distrito Federal.

Além de Águas Claras, um novo bairro se encontra em fase de instalação de infra-estrutura e venda dos lotes. Trata-se do Setor Noroeste, cujo plano urbanístico contém 220 novos prédios residenciais e 120 comerciais, e uma população prevista de 40mil habitantes (figura 5.19).

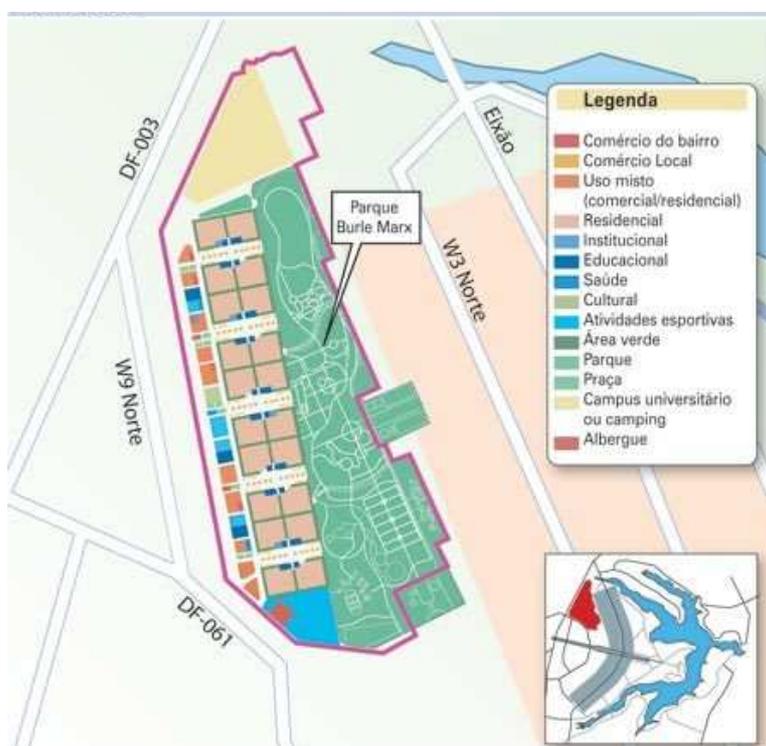


Figura 5.19: Setor Noroeste: novo bairro a ser construído em Brasília.  
Fonte: [www.correiobrasiliense.com.br](http://www.correiobrasiliense.com.br)

Dentro deste novo cenário, tecnologias construtivas mais competitivas, que explorem princípios de racionalização e economia, se tornaram mais atraentes para estudiosos e empresários do setor. E a alvenaria estrutural enquadra-se perfeitamente neste perfil.

Foi elaborado um levantamento sintético que demonstrou que 11 edifícios estão sendo construídos em alvenaria estrutural no Distrito Federal e aproximadamente 20 foram executados nos últimos dois anos. Sete construtoras estão utilizando esta tecnologia em cinco cidades satélites e outras seis têm trabalhos recentes. As tabelas 5.3 e 5.4 apresentam um resumo deste cenário, listando a empresa proprietária do empreendimento, a cidade em que se situa a obra, o estágio da construção, a família de blocos utilizada, resistências dos blocos e o número de pavimentos.

**Tabela 5.3: Resumo das obras concluídas recentemente em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).**

Empresa	Localização	Estágio da Obra	Família de Blocos	Resistência	No de Pavimentos
JMartini Engenharia	Águas Claras	Concluída	Família 39	12 Mpa 10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	14 pavimentos
Construtora Argus	Águas Claras	Concluída	Família 39	08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	06 pavimentos
	Santa Maria	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
	Águas Claras	Concluída	Família 39	08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	06 pavimentos
	Águas Claras	Concluída	Família 29	9,0 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
	Areal	Concluída	Família 29	9,0 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
	Águas Claras	Concluída	Família 29	14 Mpa 12 Mpa 10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	15 pavimentos
Carneiro e Antônio	Santa Maria	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
	Samambaia	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
MBR Engenharia	Santa Maria	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
	Samambaia	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
Construtora Mabel	Águas Claras	Concluída	Família 39	08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	06 pavimentos
Apex Engenharia	Ceilândia	Concluída	Família 39	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
	Samambaia	Concluída	Família 29	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
Constam	Valparaíso	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
	Valparaíso	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
	Águas Claras	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	02 pavimentos
Construtora RPD	Valparaíso	Concluída	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos

Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

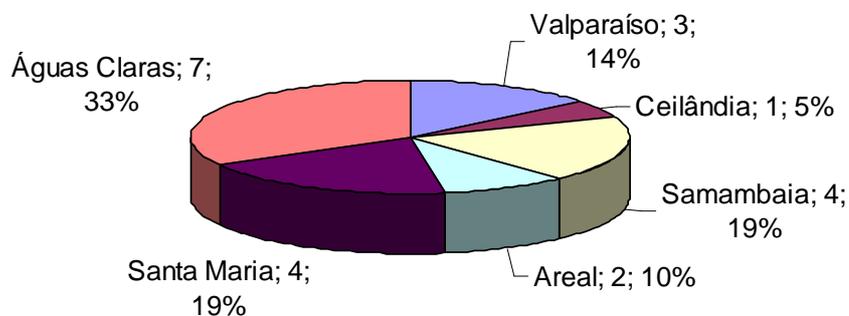
**Tabela 5.4: Resumo das obras em andamento em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).**

<b>Empresa</b>	<b>Localização</b>	<b>Estágio da Obra</b>	<b>Família de Blocos</b>	<b>Resistência</b>	<b>Nº. de Pavimentos</b>
Construtora Argus	Águas Claras	Em andamento	Família 29	14 Mpa 10 Mpa 08 Mpa 4,5 Mpa	14 pavimentos
	Águas Claras	Em andamento	Família 29	12 Mpa 10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	12 Pavimentos
	Águas Claras	Em andamento	Família 29	08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 pavimentos
Ícone	Samambaia	Em andamento	Família 39	9,0Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 pavimentos
Apex Engenharia	Samambaia	Em andamento	Família 29	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
	Samambaia	Em andamento	Família 29	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
	Samambaia	Em andamento	Família 29	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 Pavimentos
Constam/Tenda	Valparaíso	Em andamento	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos
Vega/Tenda	Ceilândia	Em andamento	Família 39	10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	10 pavimentos
Direcional Engenharia	Taguatinga	Em andamento	Família 39	15 Mpa 12Mpa 10 Mpa 08 Mpa 06 Mpa 4,5 Mpa	15 pavimentos
CCB	Valparaíso	Em andamento	Família 39	4,5 Mpa	04 pavimentos

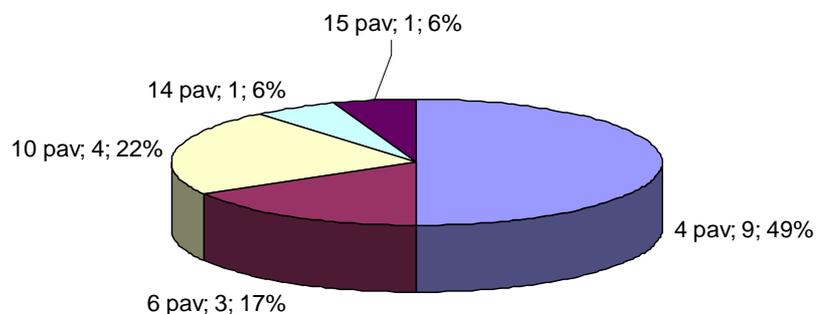
Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

A figura 5.20 ilustra, graficamente, os dados coletados relativos a obras concluídas recentemente.

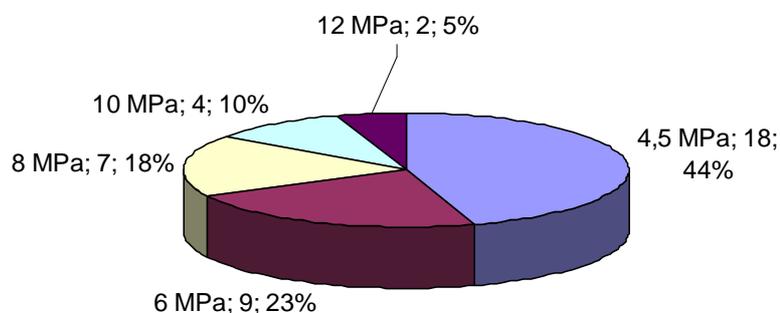
### Número de obras concluídas em cada cidade



### Número de Pavimentos



### Resistência dos Blocos



### Família de Blocos

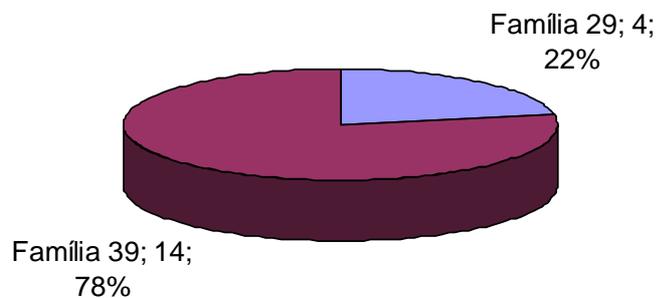
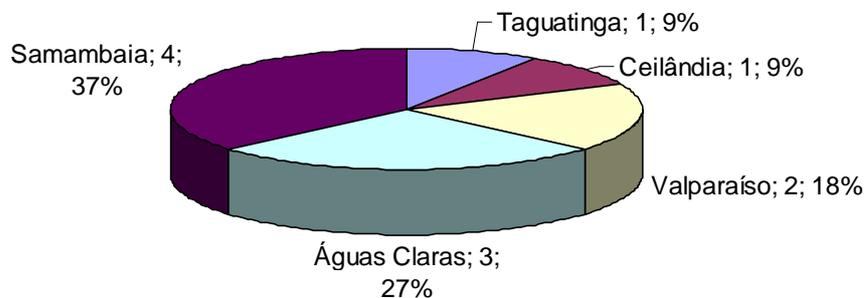


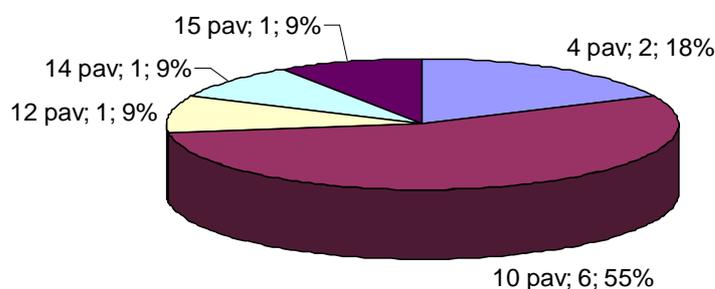
Figura 5.20: Resumo das obras concluídas recentemente em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).  
Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos)

A figura 5.21 demonstra, graficamente, as mesmas características com relação a obras em andamento em alvenaria estrutural no DF.

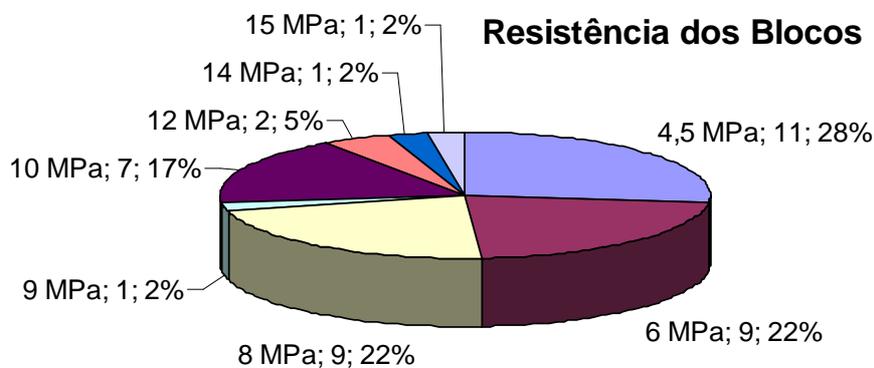
### Número de obras em andamento em cada cidade



### Número de pavimentos



### Resistência dos Blocos



### Família de Blocos

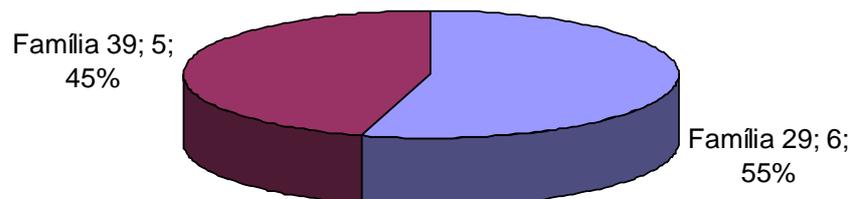


Figura 5.21: Resumo das obras em andamento em alvenaria estrutural no DF (fev/2009).  
Fonte: Original Construções e Comércio LTDA (fábrica de blocos).

Os empreendimentos são, em sua maioria, edifícios altos voltados para a classe média e classe média-alta. Muitos funcionam como condomínios fechados, dotados de infra-estrutura de lazer, como piscina, churrasqueira e sala de ginástica. Os apartamentos são, geralmente, de dois e três quartos, com áreas em torno de 70m<sup>2</sup>. Os preços dos apartamentos são, normalmente, mais baixos dos que os encontrados no Plano Piloto de Brasília.

A figura 5.22 (a) mostra a planta de um apartamento de três quartos de 75m<sup>2</sup> de um edifício em alvenaria estrutural em construção na cidade de Águas Claras. A figura 5.22 (b) ilustra a modulação de blocos a ser aplicada.

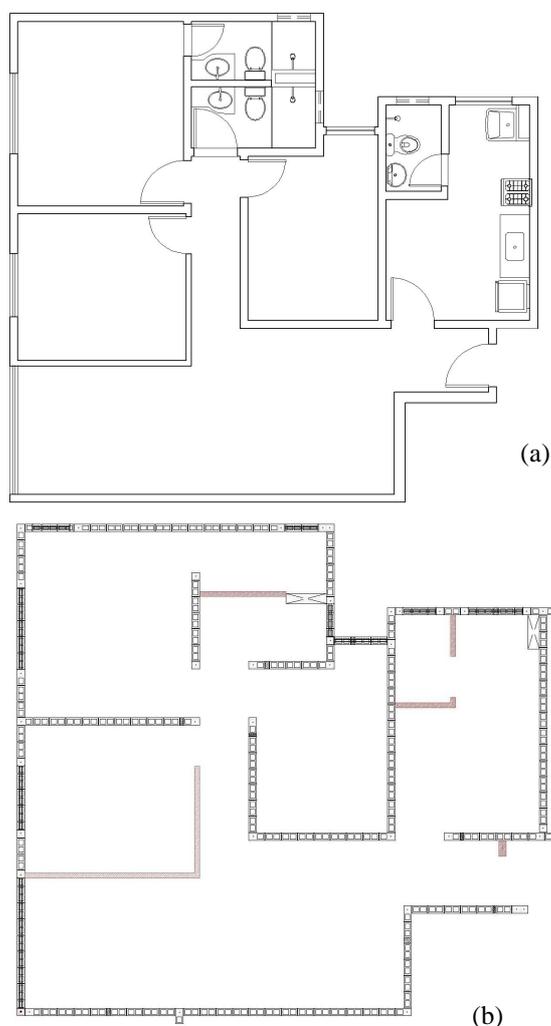


Figura 5.22: Planta de apartamento de três quartos de edifício em alvenaria estrutural localizado em Águas Claras – DF (a) e sua equivalente planta de execução (b).  
Fonte: (a) Giovaninni Lettieri Arquitetura e (b) OSMB Projetos e Consultoria S/C.



Figura 5.23: Edifício em construção em alvenaria estrutural voltado para a classe média em Águas Claras – DF. Fonte: Foto do autor.



Figura 5.24: Edifício em construção em alvenaria estrutural voltado para a classe média em Taguatinga – DF. Fonte: Foto do autor.

Dentre as obras visitadas, destacam-se duas: o *Residencial José Ricardo* (Construtora Argus), um conjunto de duas torres geminadas de 14 pavimentos, localizada em Águas Claras e o *Paradiso Club Residence* (Direcional Engenharia), um condomínio fechado composto de ampla área de lazer e quatro torres de 15 pavimentos, localizado em Taguatinga.

O residencial José Ricardo, cuja planta de um dos apartamentos está ilustrada na figura 5.22 (a), comporta, no térreo, além da portaria e algumas vagas de garagem, espaços de lazer como salão de festas, *playground* e academia. Ressalta-se que, no térreo, a estrutura é de concreto armado convencional e segue o lançamento de pilares exigido pela garagem do subsolo. Esta modalidade de estrutura mista de concreto armado com alvenaria estrutural é muito comum em edifícios com garagem subterrânea e/ou pilotis. Acima do térreo, 11 pavimentos comportam oito apartamentos de três quartos por andar, totalizando 88 apartamentos. O 12º andar é composto de oito apartamentos duplex com piscina e churrasqueira. O empreendimento de aproximadamente 14.000m<sup>2</sup> contém, no total, 96 apartamentos.

A modulação da alvenaria utiliza a família 29, e a resistência dos blocos varia de 4,5MPa a 14MPa. A tabela 5.5 mostra a distribuição dos blocos nos pavimentos, de acordo com a resistência e a tabela 5.6 apresenta um resumo da quantidade de blocos utilizada por pavimento.

**RESISTÊNCIA MÍNIMA DOS ELEMENTOS DE ALVENARIA (MPa) –  
RESIDENCIAL JOSÉ RICARDO – ÁGUAS CLARAS - DF**

(valores referentes à área bruta)

PAVIMENTO	PRISMA (fp)	RESISTÊNCIAS MÍNIMAS ESPECIFICADAS		
		BLOCO (fbk)	GRAUTE (fgk)	ARGAMASSA (fak)
1º, 2º, 3º pav. tipo	11,2	14,0	28,0	10,0
4º, 5º, 6º pav. tipo	8,0	10,0	20,0	8,0
7º, 8º, 9º, 10º pav. tipo	6,4	8,0	16,0	5,0
Do 11º ao atijo	3,6	4,5	9,0	5,0

Tabela 5.5: Resistência mínima dos elementos de alvenaria.  
Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C

**RESUMO DE BLOCOS POR PAVIMENTO –  
RESIDENCIAL JOSÉ RICARDO – ÁGUAS CLARAS - DF**

<b>BLOCO</b>	<b>QUANTIDADE POR PAV.</b>
BLOCO 14X14X19cm	468
BLOCO 19X19X19cm	36
BLOCO 14x29x19cm	5811
BLOCO 19x39x19cm	535
BLOCO 14x44x19cm	53
CANALETA 14x14x19cm	46
CANALETA 19x19x19cm	03
CANALETA 14x29x19cm	837
CANALETA 19x39x19cm	40
CANALETA 14x44x19cm	02
JOTA 14x14x19/29cm	11
JOTA 19x19x19/29cm	03
JOTA 14x29x19/29cm	274
JOTA 19x39x19/29cm	04
JOTA 14x44x19/29cm	02

Tabela 5.6: Quantidade de blocos por pavimento  
Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C

Nesta obra, destacam-se a rapidez de execução (14 meses) e o respeito ao cronograma. O controle do andamento da obra é tão preciso que as concretagens de todas as lajes são marcadas no início da construção e até a oitava laje (quando da visita), nenhuma delas tinha sido adiada. O bom uso do sistema construtivo permite, inclusive, que atividades inerentes a estágios mais avançados da construção (como revestimento de gesso das paredes e assentamento das janelas, por exemplo) possam ser executadas nos primeiros pavimentos enquanto a estrutura de alvenaria continua a ser levantada nos pavimentos superiores (figuras 5.25 e 5.26). São exemplos da correta utilização racional do sistema nesta obra: a utilização de shafts para descida de tubulações (figura 5.27), o uso das instalações hidro-sanitárias dos apartamentos fora das paredes (figura 5.28), aplicação

de elementos pré-moldados e o uso de janelas fabricadas prontas e com vidro (figura 5.25).



Figura 5.25: Aplicação de revestimento de gesso sobre as paredes e utilização de janelas prontas e com vidro. Fonte: Foto do autor.



Figura 5.26: Operários assentando os blocos estruturais. Fonte: Foto do autor.



Figura 5.27: Uso de shafts para descida de tubulações. Fonte: Foto do autor.



Figura 5.28: Instalações hidro-sanitárias fora das paredes. Fonte: Foto do autor.

O Paradiso Club Residence é, atualmente, o empreendimento em alvenaria estrutural de maior altura no Distrito Federal. Seus 15 pavimentos exigem, na base do prédio, blocos com 15MPa de resistência.

A grande variedade de tipos de blocos utilizados (15MPa, 12MPa, 10MPa, 8MPa, 6MPa e 4,5MPa) demandam um controle de logística e estocagem rigoroso. As figuras 5.27 e 5.28 mostram como funciona a triagem dos blocos, que são separados de acordo com sua dimensão e resistência.



Figura 5.29: Triagem dos blocos estruturais. Fonte: Foto do autor.



Figura 5.30: Triagem de blocos estruturais. Fonte: Foto do autor.

Ressalta-se que, no DF, também existem empreendimentos voltados para o segmento popular. Em Samambaia, por exemplo, um conjunto de nove edifícios de quatro pavimentos foi executado em 2007 com este intuito. Este empreendimento faz parte do PAR – Programa de Arrendamento Residencial da Caixa Econômica Federal (figura 5.31).

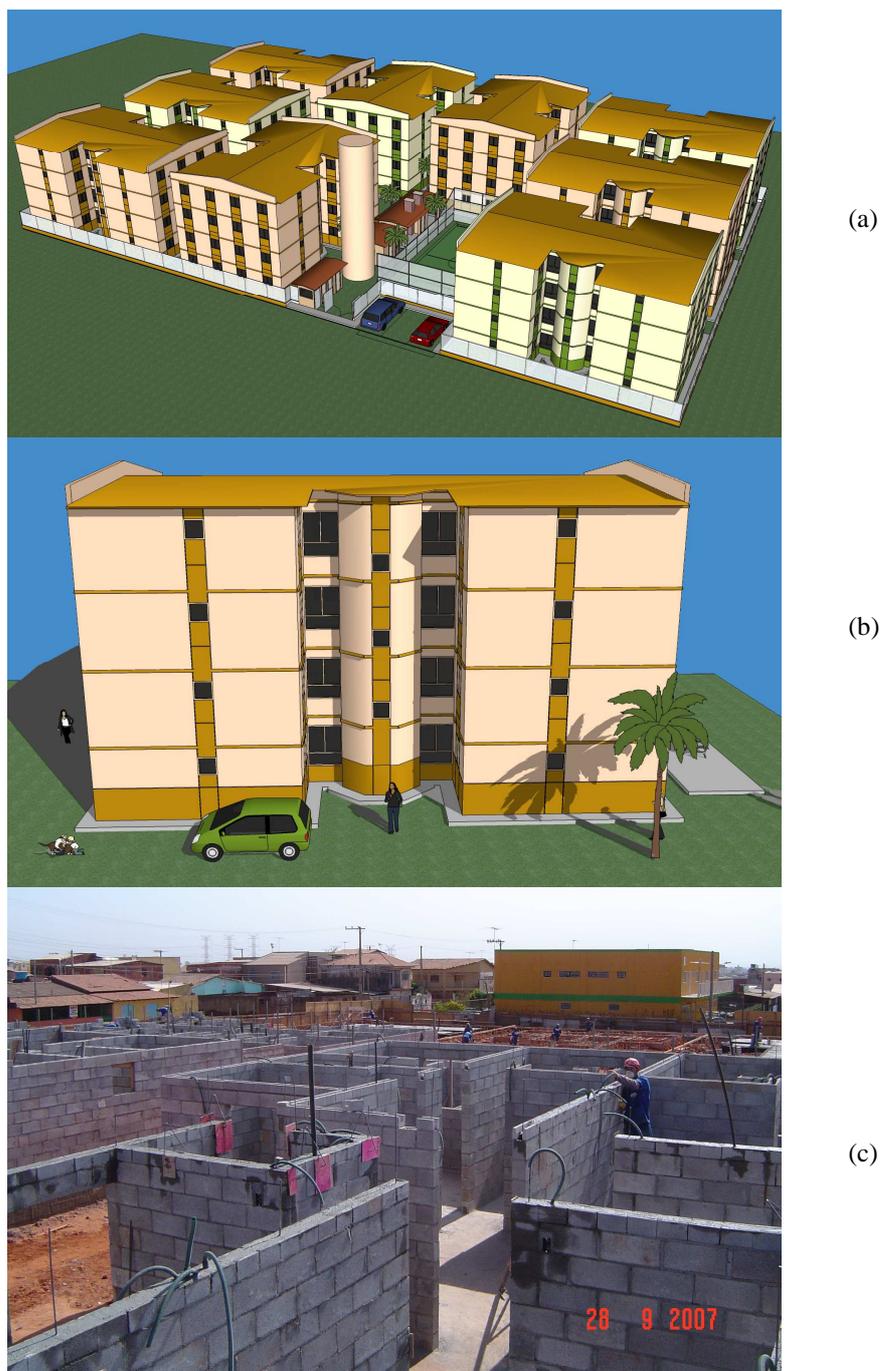


Figura 5.31: Perspectiva eletrônica de conjunto habitacional em alvenaria estrutural voltado para o segmento popular em Samambaia – DF (a) e (b) e construção deste empreendimento (c).  
Fonte: (a) e (b) Ilustração do autor, (c) MBR Engenharia.

A figura 5.32 (a) ilustra o apartamento-tipo deste empreendimento. Trata-se de uma configuração típica de apartamento popular, com sala, cozinha, área de serviço, dois quartos e um banheiro, totalizando 43m<sup>2</sup>. Na figura 5.32 (b), observa-se a paginação da primeira fiada de blocos.

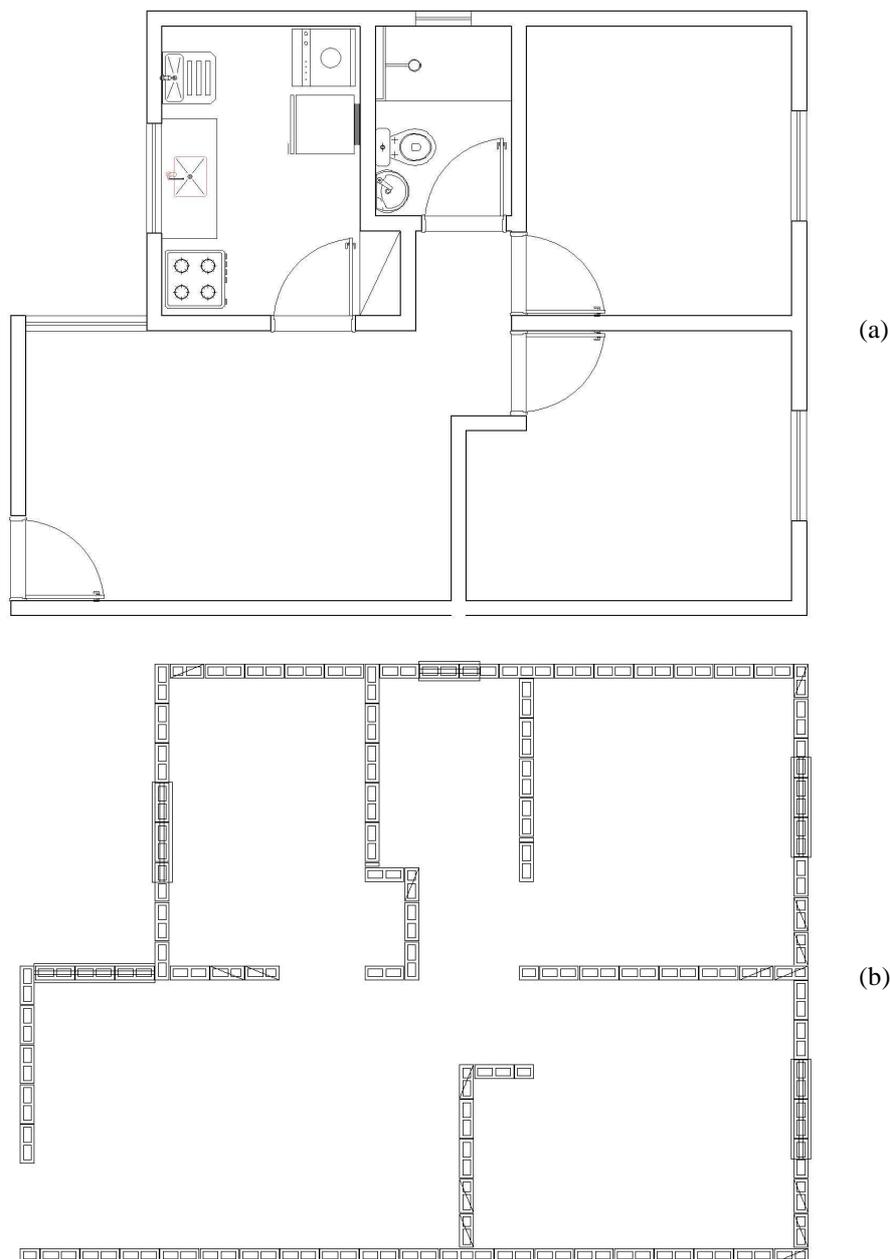


Figura 5.32: Planta de apartamento de dois quartos de edifício em alvenaria estrutural voltado para o segmento popular localizado em Samambaia – DF (a) e sua equivalente planta de execução (b).

Fonte: (a) Silvio Zuppa Arquitetura e (b) TOR Engenharia

Um outro exemplo de grande representatividade do mercado de habitações econômicas no Distrito Federal é o Setor Total Ville, localizado em Santa Maria-DF.

Este empreendimento contará com 5.100 novas residências em condomínios fechados (casas e apartamentos) todas construídas em alvenaria estrutural. O primeiro condomínio é o *Porto Pilar*, constituído de 22 prédios de quatro pavimentos, totalizando 368 apartamentos de áreas entre 44m<sup>2</sup> e 51m<sup>2</sup> (figura 5.33). O complexo também contará com casas geminadas de área entre 64 e 71m<sup>2</sup> (figura 5.34).



Figura 5.33: Edifício de apartamentos em alvenaria estrutural em Santa Maria-DF.  
Fonte: Direcional Engenharia.



Figura 5.34: Casa geminada em alvenaria estrutural em Santa Maria-DF.  
Fonte: Direcional Engenharia.

Empreendimentos semelhantes já foram executados com êxito em Manaus-AM e Belém-PA e existem lançamentos previstos para Marabá-PA e Porto Velho-RO.

O Distrito Federal conta, atualmente, com apenas uma fábrica de blocos estruturais de concreto capaz de produzir blocos de alta resistência. Esta fábrica atende a demanda de todo o Distrito Federal, suprindo, também, em muitas ocasiões, o estado de Goiás, a região Norte e Nordeste.

O complexo possui quatro máquinas de vibroprensagem, sendo três, capazes de produzir blocos estruturais. Devido à grande demanda, a fábrica se mantém em operação durante a noite e eventualmente aos fins de semana. Sua capacidade de produção é de 16.000 blocos estruturais a cada 24h.

Uma das dificuldades encontradas pela empresa, além de atender pontualmente à grande demanda, é a obtenção regular de insumos. A carência eventual de cimento a granel obriga a aquisição de cimento em sacos, que onera o custo da produção. Fato semelhante se dá no fornecimento de areia e pedrisco, cujas fontes habituais, muitas vezes, não são capazes de suprir a demanda da fábrica. Nestas ocasiões, são adquiridos lotes de areia e pedrisco de fontes alternativas, cuja qualidade do produto e volume de água incorporada podem comprometer a resistência final do bloco.

Outra dificuldade encontrada é falta de laboratórios habilitados para fazer os ensaios previstos pela norma. A fábrica possui um laboratório próprio para ensaios de compressão de blocos de baixa resistência, tendo que recorrer, contudo, a laboratórios externos para ensaiar blocos de alta resistência.

As etapas da produção podem ser, assim, resumidas:

- 1) Recebimento e estocagem da areia rosa e do pedrisco (à granel), normalmente da mesma origem;
- 2) Recebimento à granel do cimento e estocagem em silos, tendo que, eventualmente, recorrer a cimento em sacos;
- 3) Transporte do material por meio mecanizado (tratores);
- 4) Mistura do traço por meio de dosadores eletrônicos;
- 5) Betonagem e acréscimo de água;

- 6) Molde dos blocos por vibroprensagem;
- 7) Transporte dos conjuntos de blocos moldados, por meio de guindastes;
- 8) Cura, em câmara à vapor, por 8h;
- 9) Ensaio do lote;
- 10) Carregamento do caminhão e entrega.

## CAPÍTULO 6

---

### ASPECTOS CULTURAIS DA UTILIZAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

Tendo em vista os dados expostos nos capítulos anteriores, é passível de conclusão que a alvenaria estrutural no Brasil ainda padece de problemas de aceitação como opção de sistema construtivo.

O considerável grau de desenvolvimento da tecnologia do concreto armado e a sua enorme difusão no país pode ser citado como uma importante razão deste fenômeno.

Contudo, o principal motivo desta defasagem de utilização encontra-se fora da esfera tecnológica, atingindo, na verdade, acepções culturais dos projetistas, construtores e empreendedores brasileiros. Sabe-se que a alvenaria estrutural ainda gera muitos questionamentos no que tange à segurança estrutural e à qualidade arquitetônica e estes preconceitos necessitam de um maior entendimento.

Entre as razões desta desconfiança, podem ser citados os acidentes ocorridos no passado recente e manifestações patológicas em edifícios de alvenaria estrutural.

Vale ressaltar que estes acontecimentos em nada têm a ver com uma eventual ineficiência da alvenaria estrutural, sendo, na verdade, ocasionados em decorrência da má construção. Enfatiza-se que erros de projeto e de execução podem desencadear problemas em qualquer que seja o sistema adotado, independentemente do grau de difusão. Por exemplo, o desabamento de parte do edifício de concreto armado "Palace II" no Rio de Janeiro em fevereiro de 1998 se deu em decorrência de erros de cálculo e má execução.

Neste capítulo, são apresentados argumentos que visam minimizar a resistência cultural à adoção da alvenaria estrutural.

## 6.1 – ANÁLISE DE ACIDENTES ESTRUTURAIS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Os noticiários dos últimos anos têm apresentado alguns casos de ruína catastrófica ou ameaça de colapso de edifícios de alvenaria estrutural. Estes acontecimentos ganharam notoriedade devido a uma seqüência de ocorrências na região metropolitana de Recife, nos quais os desabamentos geraram vítimas fatais.

Nas duas últimas décadas, foram registrados mais de dez casos de desabamentos de edifícios residenciais e interditados dezenas de prédios na região metropolitana de Recife. Doze vítimas fatais e vários feridos resultaram destes sinistros que contribuíram para a geração de um quadro de insegurança com relação a estas construções. Dentre os casos mais recentes, destacam-se os edifícios Aquarela, Ijuí e Sevilha, em Jaboatão dos Guararapes, e os edifícios Éricka e Enseada de Serrambi em Olinda (GUSMÃO et al, 2009).



Figura 6.1: Escombros de um edifício em construção em alvenaria resistente de blocos cerâmicos de vedação. Fonte: HANAI e OLIVEIRA, 2002.

Estas edificações, conhecidas como “prédios-caixões”, geralmente, são constituídas de quatro pavimentos sem elevador e utilizam alvenaria portante, construída com tijolos cerâmicos sem qualquer função estrutural. Levantamentos revelam que existem cerca de 6 mil prédios-caixões na região metropolitana de Recife, servindo de moradia para 250 mil pessoas (PIMENTEL, 2009). Esta modalidade de

construção, no entanto, não pode ser definida como alvenaria estrutural. Alguns autores a denominam “Alvenaria Resistente”.

O sistema construtivo Alvenaria Estrutural é um sistema racionalizado, que utiliza blocos modulares, com vazados verticais (por onde passam algumas tubulações), de resistência à compressão variando de 4,5 a cerca de 30MPa, na área bruta. Todo um conjunto de procedimentos é utilizado na alvenaria estrutural, respeitando-se normas brasileiras (ou estrangeiras) de cálculo, execução e controle de qualidade. O que se observa, nestes edifícios de Recife, é a construção empírica, na qual são empregados blocos de pouca precisão dimensional e baixa resistência, caracterizados pela existência de furos horizontais. A tabela 6.1 mostra que a resistência dos blocos cerâmicos de vedação industrializados gira em torno de 2MPa.

Tabela 6.1: Resistência Média dos Materiais e Componentes da Alvenaria Resistente

<b>Material/ Componente</b>	<b>Traço (em volume) cimento : cal : areia</b>	<b>Características do corpo-de-prova</b>	<b>Resistência média à compressão<sup>(1)</sup></b>
Bloco cerâmico	-	Furos na horizontal	2,0 MPa
Prisma de 2 blocos	-	Furos na horizontal	2,2 MPa
Prisma de 3 blocos	-	Furos na horizontal	1,9 MPa
Argamassa de assentamento	1 : 0,5 : 6	5 x 10cm	7,0 MPa
Argamassa de revestimento	1 : 0,5 : 6 ; a/c=0,45	5 x 10cm	8,0 MPa

<sup>(1)</sup> Resistência dos blocos e prismas expressa em relação à área bruta.

Fonte: HANAI e OLIVEIRA, 2002.

A NBR 7171 diferencia claramente os blocos cerâmicos a serem empregados em paredes de vedação daqueles recomendados para paredes estruturais. Blocos de vedação são blocos que não têm a função de suportar cargas verticais além das provenientes do próprio peso e pequenas cargas de ocupação e são assentados com furos na direção horizontal. Blocos estruturais são projetados para suportar outras cargas verticais além da do peso próprio, compondo o arcabouço

estrutural da edificação. São projetados para serem assentados com os furos na vertical e podem ter diferentes resistências à compressão.

O assentamento de blocos com furos na horizontal agindo como blocos estruturais provoca a redistribuição das forças atuantes internamente. Esforços de tração passam a atuar sobre os blocos, que podem seccionar, visto que são construídos de materiais pouco resistentes à tração (concreto ou argila).

Diversos agravantes podem ser detectados em prédios de alvenaria resistente:

- Os blocos cerâmicos utilizados geralmente são produzidos por pequenos ou médios fabricantes, resultando em materiais de baixo nível de qualidade;

- Os blocos de vedação empregados têm dimensões muito menores do que os recomendados para alvenaria estrutural. Conseqüentemente, as paredes (com espessura da ordem de 9 cm) tornam-se muito esbeltas em relação ao pé-direito (cerca de 2,60 m), o que diminui sensivelmente a capacidade resistente;

- É comum a ausência de vergas e contravergas nos vãos de aberturas de portas e janelas, o que enfraquece o prisma de compressão formado pela parede;

- As lajes são, geralmente, pré-moldadas unidirecionais, que terminam por sobrecarregar as paredes na direção perpendicular às vigotas;

- O piso do pavimento térreo, em muitos casos, é executado em laje pré-moldada, semelhante às empregadas nos demais pisos da edificação, em substituição ao preenchimento do caixão da obra com aterro compactado. O porão assim formado cria um ambiente potencialmente agressivo aos elementos do embasamento e à própria laje. É agravado pela inexistência de saneamento, em muitos casos;

- Em alguns casos, são observadas escadas apoiadas diretamente sobre as paredes da edificação, sobrecarregando, ainda mais, as paredes.

- Os usuários destes imóveis não estão adequadamente instruídos sobre as características peculiares destes edifícios e podem efetuar intervenções sem orientação técnica.

Somados todos os fatores apresentados, observa-se um quadro crítico de construção destas edificações, o que, fatalmente, leva a um mau desempenho das mesmas. O que se deve ressaltar é que estas características em nada se assemelham às encontradas em um edifício construído segundo as normas de alvenaria estrutural.

A associação indevida destas edificações à alvenaria estrutural, por parte da população leiga, é uma tendência natural, visto que ambas as modalidades não possuem estrutura independente da alvenaria. Isto contribui para a sensação de insegurança que a ausência de pilares e vigas pode causar. Deve-se, portanto, corrigir esta aceção por meio de veículos informativos mais acessíveis, esclarecendo que o sistema construtivo em alvenaria estrutural é perfeitamente seguro.

## **6.2 – A PREVENÇÃO AO COLAPSO PROGRESSIVO CAUSADO POR DANOS ACIDENTAIS OU REMOÇÃO DE PAREDES**

Os estudos dos danos acidentais e do colapso progressivo na alvenaria estrutural começaram com mais intensidade e de modo mais objetivo a partir de 1968 quando ocorreu o desabamento parcial do edifício *Ronan Point*, localizado na periferia de Londres. Este prédio, de 23 pavimentos, foi construído com placas de concreto pré-moldado e teve parte de um dos cantos destruída após a explosão de um bujão de gás no 18º pavimento (figura 6.2).



Figura 6.2: O desabamento do edifício Ronan Point (1968)  
Fonte: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

Esta modalidade de desabamento é conhecida como colapso progressivo ou ruína em cadeia e corresponde a uma forma de desabamento incremental que se propaga a partir de um dano localizado na estrutura. Este acidente é análogo à remoção de uma parte de um “castelo de cartas”, que, geralmente, leva à ruína total do conjunto.

A ruptura de uma parede estrutural devidamente dimensionada só ocorre por uma ação excepcional, podendo ser citada:

- a explosão de um bujão de gás no edifício;
- o impacto de um veículo na construção;
- a explosão de uma bomba;
- a remoção de um componente (parede estrutural) sem prévia análise estrutural que garanta sua viabilidade.

Num sistema estrutural bem concebido e dimensionado, se espera que o efeito do dano localizado seja redistribuído pelos demais componentes estruturais. Ou seja, o sistema estrutural oferece

condições para que haja uma redistribuição de esforços e – mesmo que surjam trincas e deformações excessivas – não haja rupturas bruscas e colapso catastrófico. Isto é, a normatização prevê que, além de resistir às cargas normais de utilização, deve haver suficiente reserva de resistência no edifício.

### 6.2.1 - AS RECOMENDAÇÕES DA NORMA BRITÂNICA BS5628: *The Structural Use of Mansory*

Depois do desabamento parcial do edifício Ronan Point em 1968 (figura 6.2), foi feito um esforço de melhoria na norma de cálculo de estruturas de alvenaria na Grã-Bretanha. Levou-se em consideração dados estatísticos que listavam a possibilidade de ocorrência de explosões, concluindo que a frequência na qual elas ocorriam era da mesma ordem de grandeza que os incêndios. Assim, se as normas contemplavam recomendações contra incêndio, tornou-se justificável introduzir também recomendações sobre cargas e danos acidentais excepcionais (MORTON, 1985).

Tabela 6.2: Risco de morte de uma pessoa por ano nos EUA em 1966

<b>FONTE GERADORA DO ACIDENTE</b>	<b>RISCO</b>
Acidente de automóvel	$2,7 \times 10^{-4}$
Queda	$1,0 \times 10^{-4}$
Incêndio	$4,0 \times 10^{-5}$
Afogamento	$2,8 \times 10^{-5}$
Arma de fogo	$1,3 \times 10^{-5}$
Envenenamento	$1,1 \times 10^{-5}$
Terremoto	$8,0 \times 10^{-7}$
Queda de raio	$5,5 \times 10^{-7}$
Dano acidental em edifícios	$4,5 \times 10^{-4}$

Fonte: adaptado de Hendry, 1987.

Estudos foram conduzidos pela Universidade de Edimburgo, pela *British Ceramic Research Association* (BCRA) e pela *Brick Development*

Association (BDA) e se basearam na construção de edifícios experimentais de quatro e cinco pavimentos, submetidos a experiências que simulavam explosões de gás e remoção acidental de paredes. Em ambos os casos, a remoção de certas paredes foi assimilada pela estrutura remanescente e os cálculos teóricos foram confirmados (MORTON, 1985).

O texto da norma leva em consideração as reais possibilidades de danos acidentais e eventuais desabamentos. Contudo, ela prevê artifícios de evitar o colapso progressivo, minimizando a ruína a trechos do edifício. Foi estabelecido que a abrangência máxima de um dano seria de 70m<sup>2</sup> ou 15% do pavimento afetado. Verticalmente, tolera-se a ruína do pavimento superior e inferior de onde ocorreu o dano.

Recomenda-se, também, a instalação de mecanismos de proteção ao impacto de veículos, como mostra a figura 6.3.



Figura 6.3: Mecanismos de proteção contra impacto veicular.

No que tange ao dimensionamento, a BS5628 acrescentou rigor ao cálculo de edifícios de cinco andares ou mais. O projetista passou a ter, nestes casos, três opções de dimensionamento que são abordadas brevemente a seguir:

- Opção 1: “A Rota alternativa”

Esta opção de dimensionamento estabelece o conceito de “membro protegido” que é quando o elemento estrutural é projetado para resistir:

- a) A carga permanente e acidental de projeto;
- b)  $3,4 \text{ tf/m}^2$ , aplicados uniformemente a ele e a outros elementos conectados.

Esta carga extra se refere ao impacto de uma explosão de gás, sendo este um valor bastante seguro. Estudos da *British Ceramic Research Association* (BCRA) e da *Brick Development Association* (BDA) revelaram que dificilmente a pressão, neste tipo de explosão, ultrapassa  $2,4 \text{ tf/m}^2$ , graças ao efeito benéfico da ventilação (GOMES).

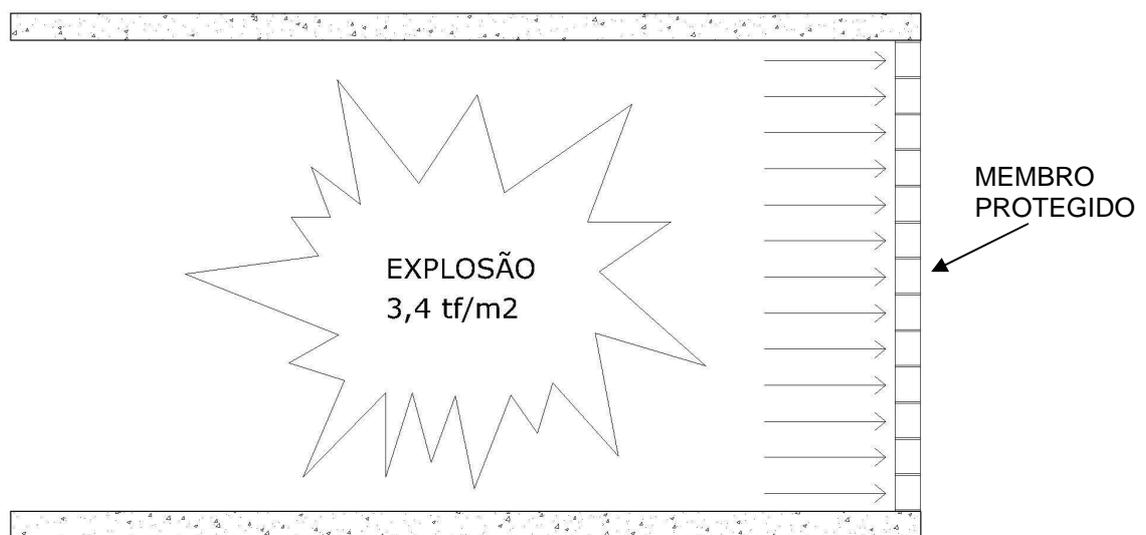


Figura 6.4: O membro protegido. Fonte: adaptado de MORTON, 1985

Neste método, presume-se que a estrutura será capaz de redirecionar seus esforços na eventualidade de remoção de um elemento (parede ou laje). O calculista estrutural deve analisar o projeto e estabelecer quais membros serão protegidos. Em seguida, deve-se simular a remoção de um elemento não protegido e reanalisar a estrutura. A norma prevê a remoção acidental ou consciente de um elemento não protegido de cada vez sem conseqüências para o

edifício. Em uma situação real, na qual é necessária a remoção de um membro protegido, pode-se efetuar o reforço de um membro não protegido para possibilitar a remoção.

O texto exemplifica situações críticas de remoção de paredes que devem ser cuidadosamente analisadas. GOMES, s.d. sumariza três casos de grande gravidade:

1- Caso “A” – Trecho de parede externa não enrijecida lateralmente, (sem flanges), em um ambiente onde a laje se apóia em duas paredes internas e em dois trechos de paredes externas. Um deles é apenas um pequeno trecho de parede contíguo a uma abertura. Neste caso, a remoção do trecho de parede maior deixa as demais apoiadas apenas na laje superior em balanço e em um pequeno trecho de parede externa contíguo a uma abertura. Haverá o aumento dos deslocamentos e dos esforços na laje e nas paredes resistentes remanescentes (figura 6.5).

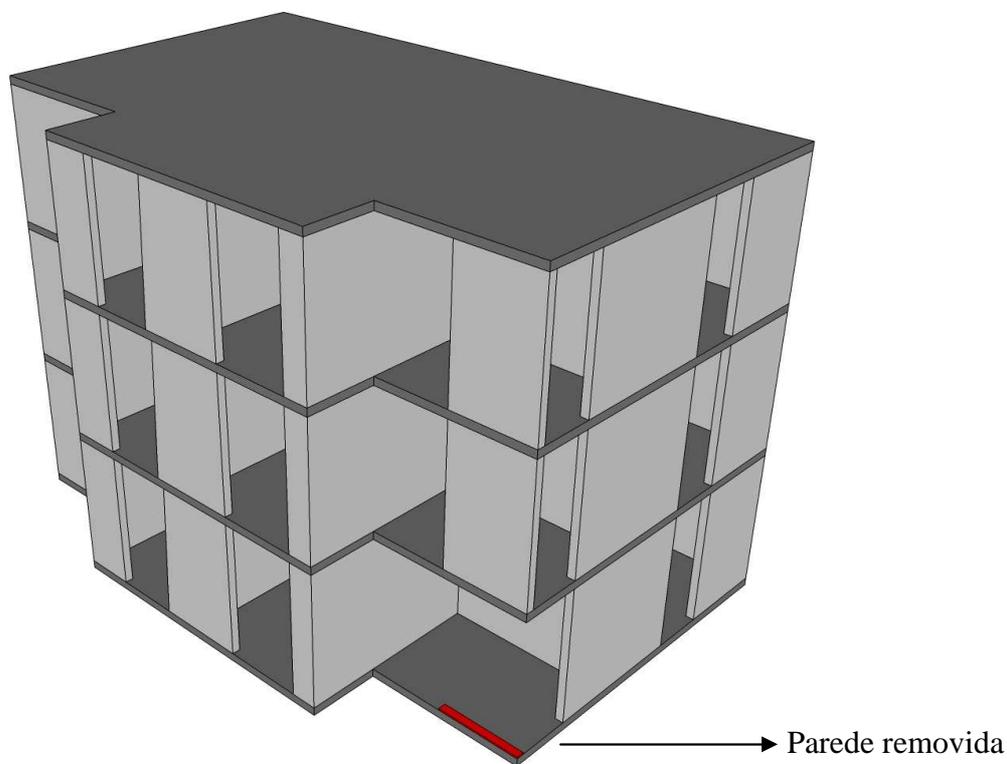


Figura 6.5: Remoção de paredes – caso “A”. Fonte: Ilustração do autor

2- Caso “B” – Parede interna central não enrijecida lateralmente, (sem flanges), em um ambiente onde a laje se apóia em quatro paredes. Como no Caso A, a existência de aberturas é mais um agravante no problema. Neste caso, a remoção da parede inferior faz com que a parede superior fique apoiada apenas na laje, há o repentino aumento do vão e o aumento dos deslocamentos e esforços na laje e nas paredes resistentes remanescentes. É uma situação possível de ocorrer quando o próprio morador tenta aumentar um espaço na sua habitação (figura 6.6).

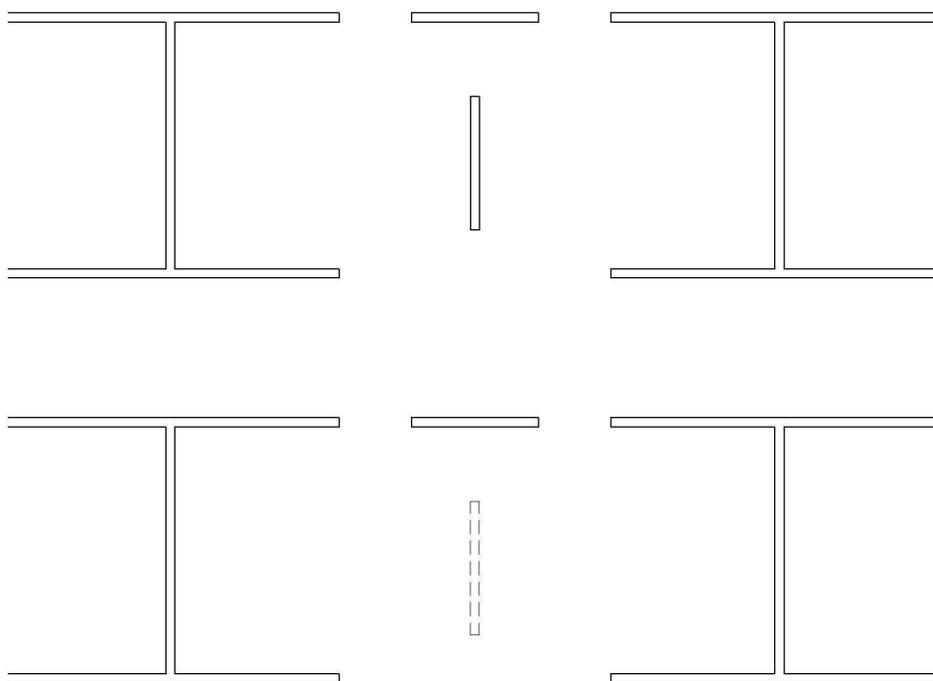


Figura 6.6: Remoção de paredes – caso “B”. Fonte: Adaptado de GOMES, s.d.

3 - Caso “C” – Parede externa não enrijecida lateralmente, (sem flanges), em um ambiente onde a laje se apóia em três paredes. Neste caso a remoção da parede externa deixa as demais apoiadas apenas na laje superior, em balanço, e haverá o aumento dos deslocamentos e dos esforços na laje e nas paredes resistentes remanescentes (figura 6.7).

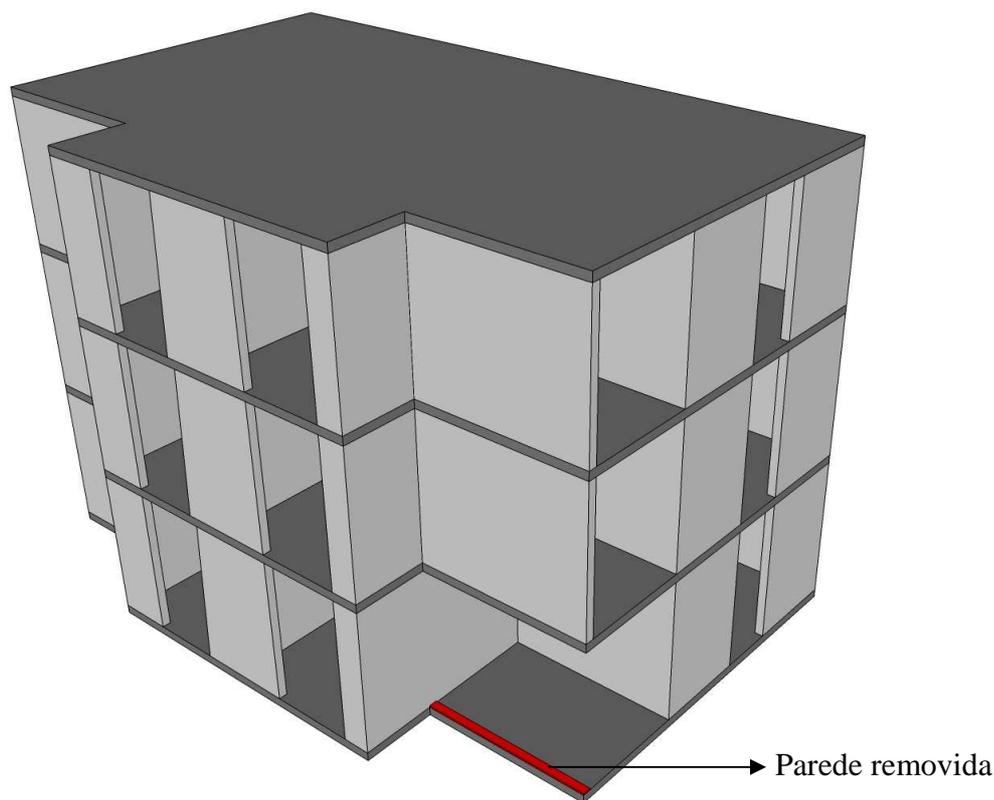


Figura 6.7: Remoção de paredes – caso “C”. Fonte: Ilustração do autor

O calculista deve, portanto, estabelecer mecanismos que impeçam a ruína incremental na ocorrência destes casos, ou, pelo menos, minimizem os danos conseqüentes. Eventualmente, será necessário alterar a arquitetura do edifício para possibilitar melhor distribuição dos esforços.

- Opção 2: “Amarrações horizontais + verificação de membros protegidos / removíveis”

Nesta opção, são exigidas cintas de amarração horizontais, tanto no contorno periférico do edifício, como em vãos internos. Além disso, a verificação da remoção alternada de paredes deve ser efetuada. Estas cintas devem ser aplicadas imediatamente abaixo da laje e podem ocorrer também em alturas intermediárias da parede. O bloco canaleta preenchido com graute e ferro é um exemplo desta configuração. As

cintas internas podem coincidir com todas as paredes ou não, conforme determinação projetual. A figura 6.7 ilustra essa condição.

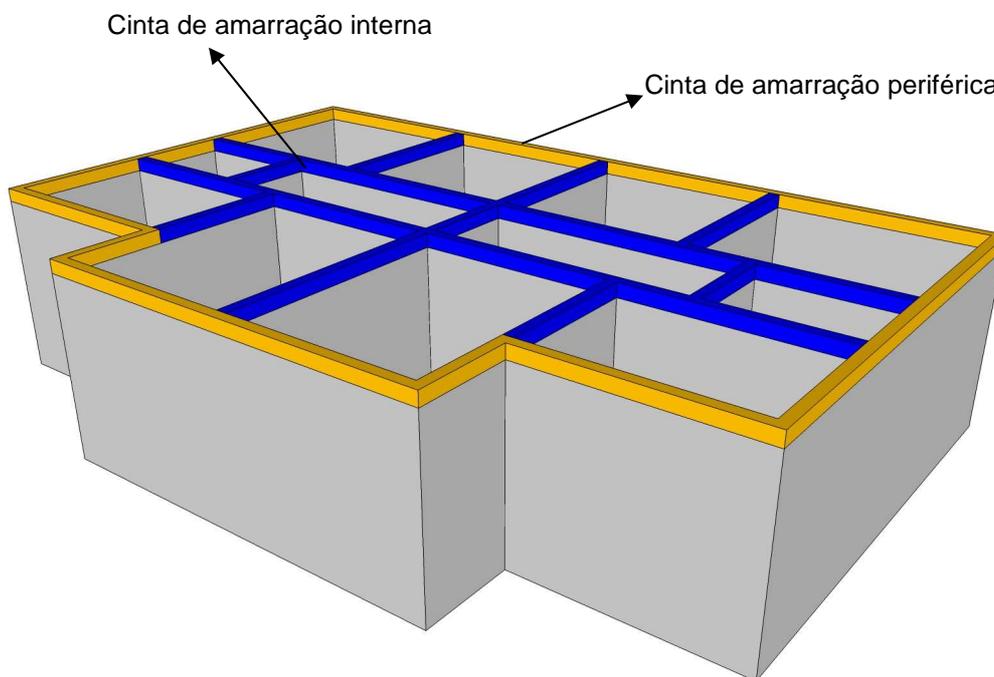


Figura 6.8: Cintas de amarração. Fonte: Ilustração do autor.

- Opção 3: 'Amarrações horizontais e verticais, sem verificação de membros protegidos / removíveis'

Nesta modalidade de dimensionamento, são aplicadas amarrações horizontais (pilares), juntamente com amarrações verticais, tornando a estrutura bastante rígida. Não é necessário verificar a remoção alternada de paredes, visto que se presume que os pilares irão permanecer intactos, mesmo na eventualidade de um acidente. Acrescenta-se, ainda, a possibilidade de as amarrações verticais funcionarem como tirantes, que manteriam as paredes e as lajes penduradas e amarradas entre si em caso de remoção acidental de uma parede. Existe uma restrição a esses tirantes verticais. Um estudo em modelo reduzido mostrou que eles podem até contribuir para a ampliação do dano já que a remoção de uma parede de baixo tenderia a puxar as de cima (HENDRY, 1981). A solução sugerida é que

estes tirantes não sejam contínuos e sim engastados em cada pavimento.

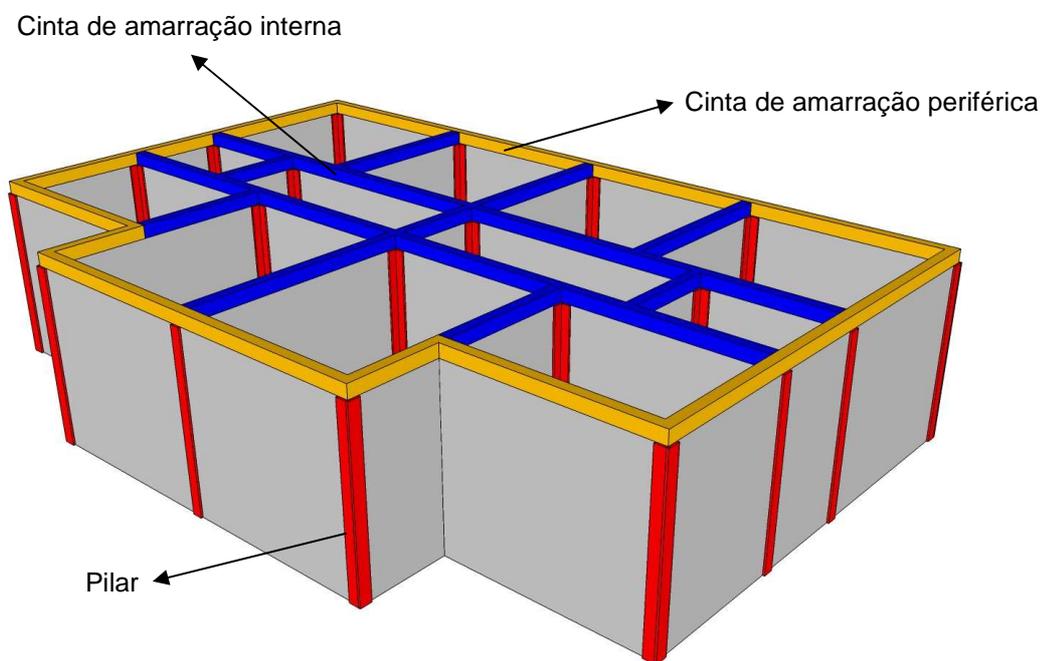


Figura 6.9: Cintas de amarração horizontais e pilares. Fonte: Ilustração do autor.

### 6.3 – SIMULAÇÃO DE INTERVENÇÃO EM PAREDE ESTRUTURAL COM REMOÇÃO DE MATERIAL

A seguinte análise objetiva simular uma intervenção que é bastante possível de ocorrer sem supervisão técnica em edificações em alvenaria estrutural: a remoção de parte de uma parede portante durante uma reforma de apartamento.

Propõe-se analisar quais são as conseqüências estruturais à parede devido a esta remoção, por meio de simulação numérica baseada em softwares de análise plástica limite, que empregam modelos de elementos finitos misto. A superfície de plastificação adotada é a de Von Mises modificada, resistindo somente à compressão. O valor da carga de ruína ou o fator de carga de colapso é obtido por processo de otimização por meio da programação matemática linear disponível no software "LINDO". Este processo

determina um fator de carga de colapso para um conjunto de pontos da estrutura, que atinge o valor máximo de resistência até formar um mecanismo de colapso plástico (ruína). A hipótese é que existe uma reserva de resistência suficiente nos blocos, que garante a capacidade resistente da parede após a intervenção. Salienta-se, contudo, que esta abordagem utiliza os softwares apenas como ferramenta de análise, não se propondo a explorar os modelos matemáticos envolvidos. Remete-se a trabalhos como BUZAR, 2004 ou SANTOS da SILVA, 2003 para obter informações mais aprofundadas sobre este tema.

Utilizou-se para o exemplo, um edifício já construído de quatro pavimentos, com quatro apartamentos de dois quartos por andar. Optou-se por esta tipologia por ela ser muito freqüente em conjuntos habitacionais populares, onde a possibilidade de uma intervenção sem orientação técnica é mais passível de ocorrer. A intervenção está assinalada na figura 6.9.

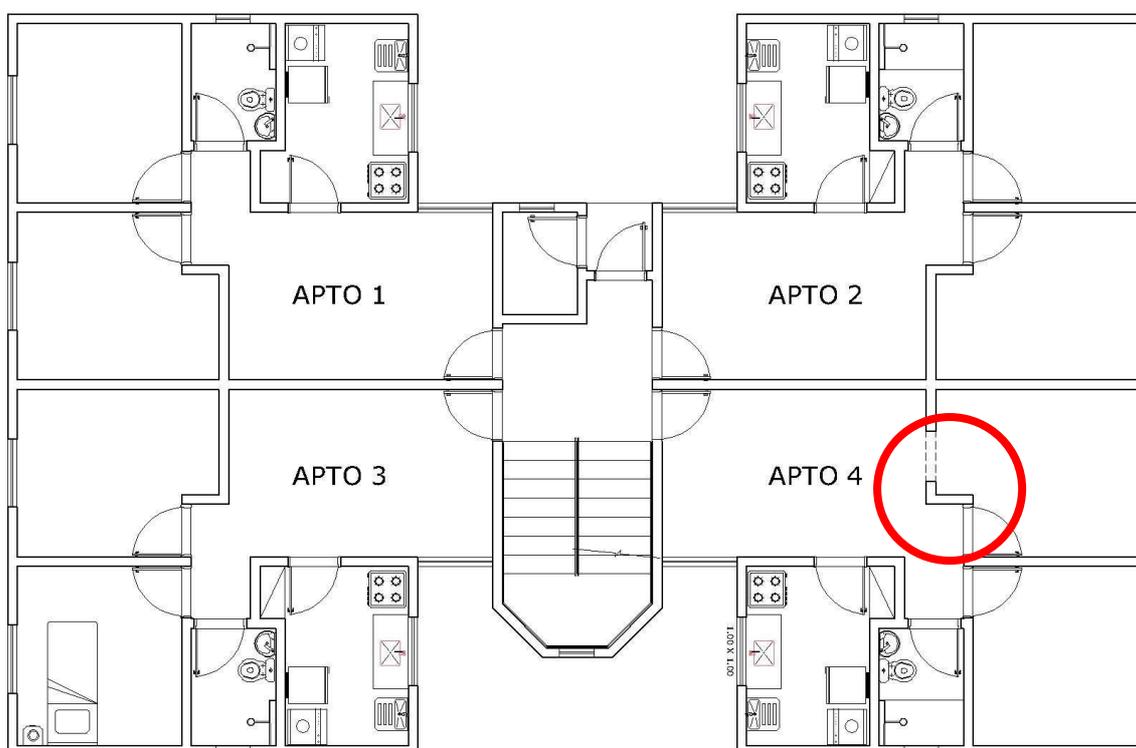


Figura 6.10: Intervenção em apartamento de edifício padrão popular. Fonte: Ilustração do autor.

Simula-se aqui a modificação da posição da porta do quarto, com a intenção de conectá-lo diretamente à sala, em uma possível

alteração de seu uso. Assumiu-se que esta intervenção ocorreu no pavimento térreo, a fim de simular a situação mais desfavorável.

A elevação detalhada das paredes com a nova abertura está ilustrada na figura 6.10.

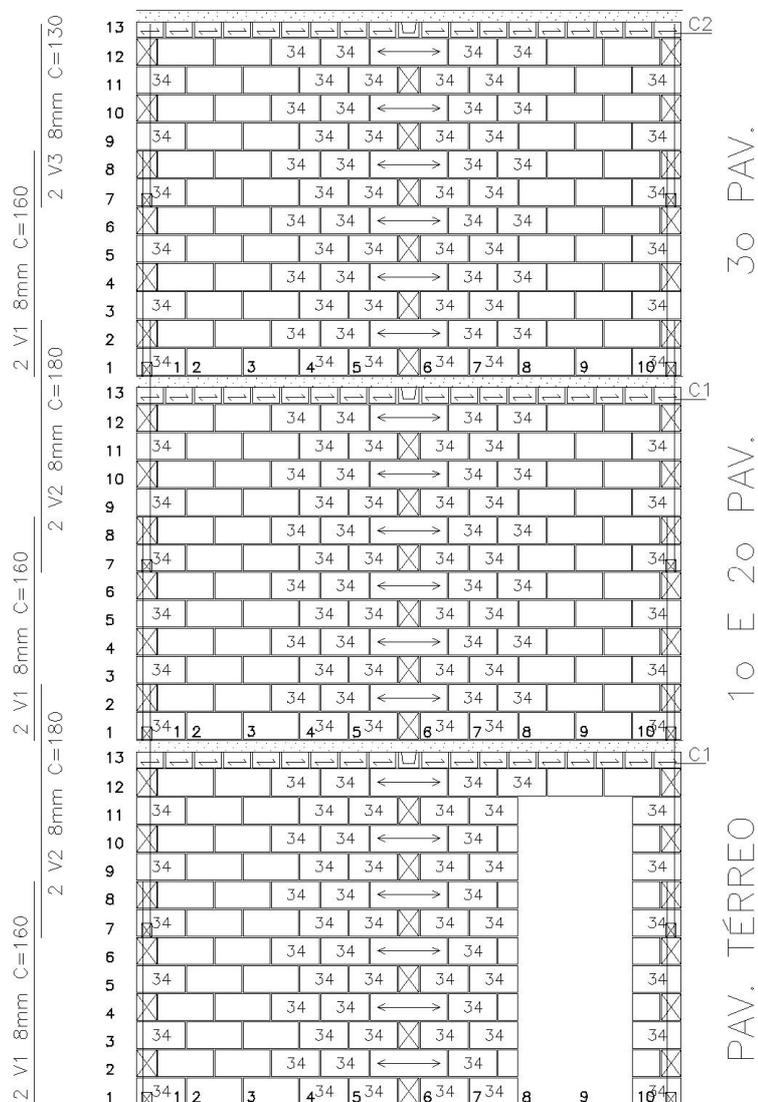


Figura 6.11: Elevação detalhada da parede onde ocorreu a intervenção. Fonte: Ilustração do autor.

O estudo foi feito simplificado, considerando a parede sem problemas de desaprumo e tratando-a isoladamente das paredes adjacentes. Na análise numérica, despreza-se o efeito de flambagem lateral. O levantamento da carga está demonstrado na memória de cálculo a seguir:

## CARREGAMENTO DA LAJE

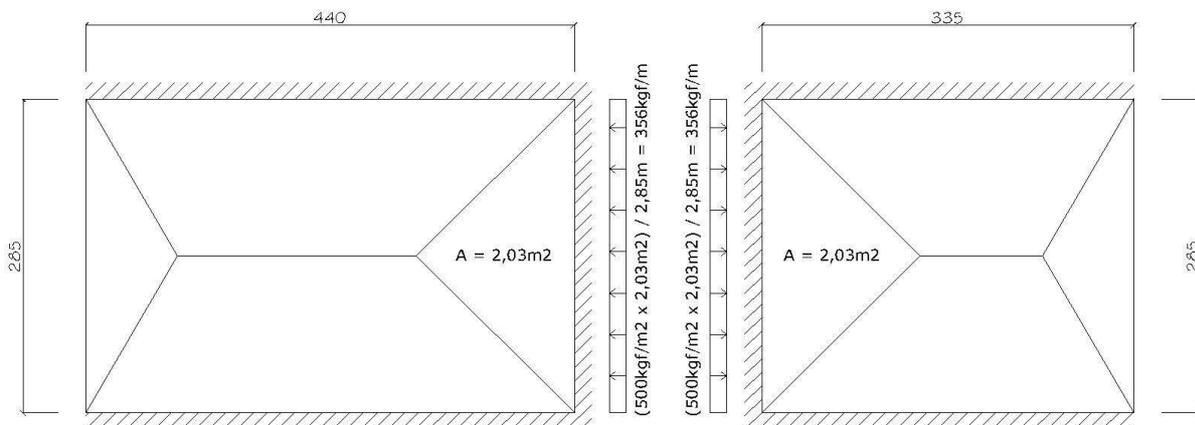
Peso próprio:  $0,10\text{m} \times 2.500\text{kgf/m}^3 = 250\text{kgf/m}^2$

Revestimento:  $100\text{kgf/m}^2$

Sobrecarga (apartamento):  $150\text{kgf/m}^2$

**TOTAL:  $500\text{kgf/m}^2$**

A figura 6.11 ilustra o direcionamento das cargas:



CARREGAMENTO DA LAJE SOBRE A PAREDE EM ANÁLISE =  $712\text{kgf/m}$

Figura 6.12: Direcionamento das cargas sobre a parede em análise. Fonte: Ilustração do autor.

Convencionou-se o peso específico do bloco vazado de concreto como  $1.400\text{kgf/m}^3$ . A parede em análise, de  $15\text{cm}$  de espessura,  $2,85\text{m}$  de comprimento e  $2,52\text{m}$  de altura resulta em um peso próprio de aproximadamente  $550\text{kgf/m}$ .

A figura 6.12 ilustra as cargas acumuladas por pavimento:

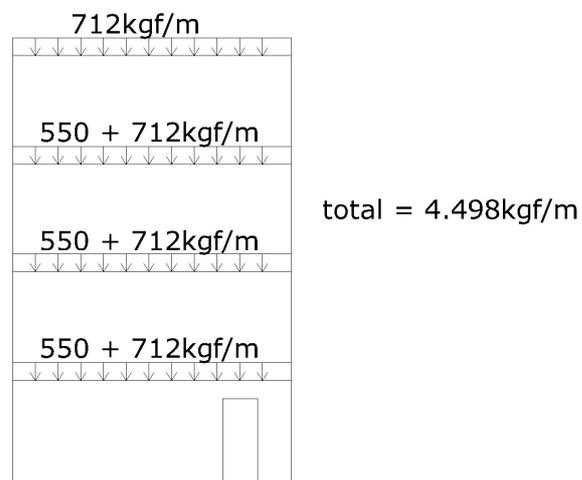


Figura 6.13: Cargas acumuladas sobre a parede em análise. Fonte: Ilustração do autor

Estabeleceu-se, então, como referência o valor de **5.000 kgf/m** de carga acumulada total sobre a parede analisada.

O dimensionamento desta parede foi feito baseado no roteiro estabelecido por RAMALHO e CORRÊA (2003) e segue desenvolvido na memória de cálculo abaixo.

#### DIMENSIONAMENTO DE PAREDE À COMPRESSÃO

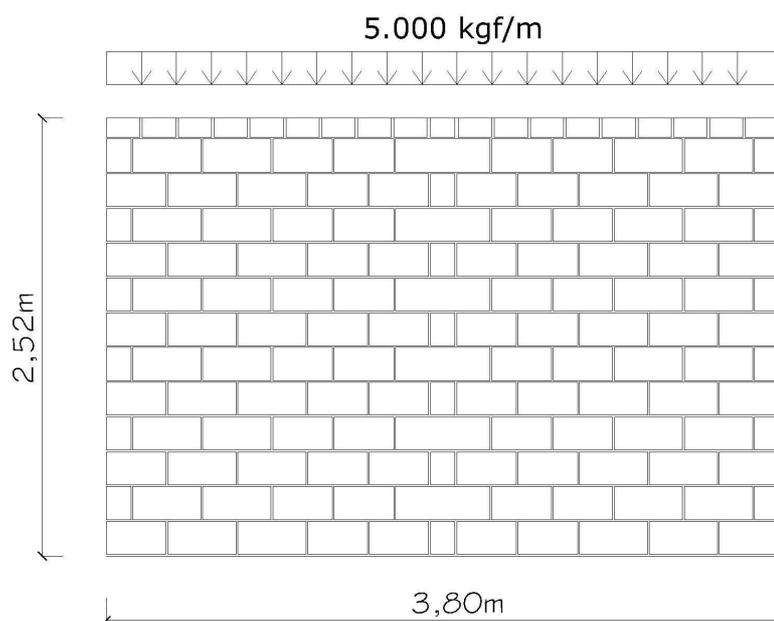


Figura 6.14: Esquema estático da parede em análise submetida à compressão. Fonte: Ilustração do autor.

Teste do índice de esbeltez ( $\lambda_f$ ):

$$\lambda_f = \frac{h}{t} = \frac{2,52m}{0,14m} = 18 \leq 20 \quad \text{de acordo com a NBR 10837.}$$

Sendo:

$\lambda_f$  = índice de esbeltez;

h = altura da parede;

t = espessura da parede.

Cálculo da Tensão Atuante sobre a parede ( $f_{alv,c}$ ):

$$f_{alv,c} = \frac{5.000\text{kgf/m} \times 3,80\text{m}}{3,80\text{m} \times 0,14\text{m}} = \mathbf{35.714,28\text{kgf/m}^2}$$

Sendo:

5.000kgf/m = carga acumulada total sobre a parede analisada;

3,80m = comprimento da parede;

0,14m = espessura da parede.

Cálculo da Tensão Resistente ( $\bar{f}_{alv,c}$ ):

$$\bar{f}_{alv,c} = 0,20 \times f_p \times R \quad \text{considerando} \quad R = 1 - \left( \frac{h}{40 \times t} \right)^3$$

Sendo:

$f_p$  = resistência da parede;

$R$  = fator de redução da resistência associado à esbeltez;

$h$  = altura da parede;

$t$  = espessura da parede,

$$\bar{f}_{alv,c} = 0,20 \times f_p \times \left[ 1 - \left( \frac{2,52\text{m}}{40 \times 0,14\text{m}} \right)^3 \right] = 0,182 f_p$$

Igualando as resistências:

$$0,182 \times f_p = 35.714,28\text{kgf/m}^2 \therefore$$

$$f_p = 196.232,33\text{kgf/m}^2$$

Convertendo a unidade, encontra-se o valor de 1,96MPa.

Sabe-se que a união dos blocos por argamassa resulta em perda de monoliticidade e, para isso, deve-se utilizar um fator de segurança conhecido como eficiência do prisma que deve ser arbitrado entre 0,5 e 0,7.

Utilizando a eficiência do prisma = 0,7 obtém-se:

$$\frac{1,96MPa}{0,7} = \mathbf{2,8MPa}$$

Como a menor resistência permitida por norma para blocos estruturais é de **4,5MPa**, este deverá ser o valor adotado para os blocos da parede em análise.

Em seguida, para determinar a máxima carga de colapso, utilizou-se da análise plástica limite de elementos finitos quadriláteros de quatro nós (BUZAR, 2004). Assim, a geometria da parede analisada foi subdividida em 400 elementos, configurando um total de 441 nós. A figura 6.14 ilustra esta subdivisão:

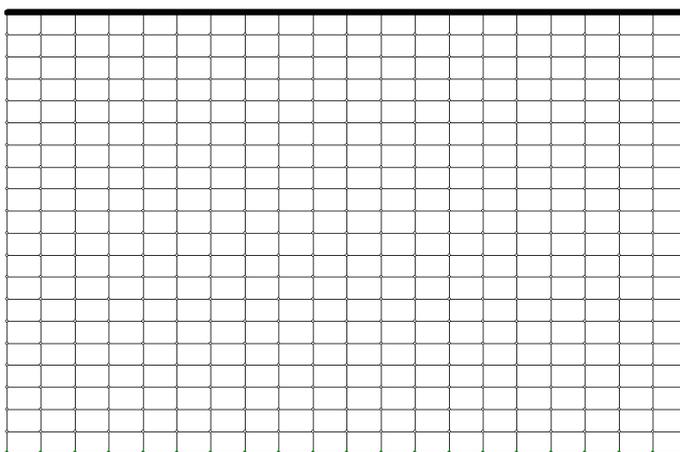


Figura 6.15: Subdivisão da parede em malha. Fonte: Ilustração do autor.

Estes dados foram introduzidos em um software do tipo APLEF (Análise Plástica Limite de Elementos Finitos) com a intenção de obter o fator de carga de colapso (BUZAR, 2004). O fator de carga de colapso é a medida de quantas vezes a carga atuante no problema em análise deve ser aumentada a fim de levar a estrutura ao colapso. O valor encontrado, nesta situação, foi de  $\lambda = \mathbf{12,14}$ . Isto significa que, apenas um valor 12,14 vezes superior à carga real aplicada ( $5.000\text{kgf/m} \times 12,14 = \mathbf{60.700\text{kgf/m}}$ ) seria capaz de levar esta parede à ruína. Para a extensão de 3,8m desta parede, o carregamento distribuído configuraria uma força de **230.660kgf**.

A segunda situação simula a parede com intervenção e retirada de material. Trata-se da instalação de uma porta de 80 x 210 cm, conforme mostra a figura 6.15. Nesta situação, a parede em análise foi subdividida em 1088 elementos, configurando 1185 nós.

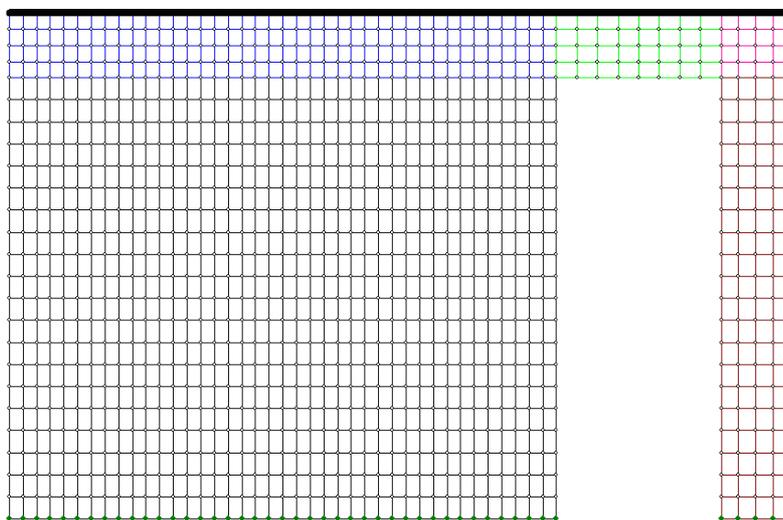


Figura 6.16: Subdivisão da parede com intervenção em malha. Fonte: Ilustração do autor.

O fator de carga de colapso obtido, nesta situação, foi de  $\lambda = 8,46$ . Isto significa que, apenas um valor 8,46 vezes superior à carga real aplicada ( $5.000\text{kgf/m} \times 8,46 = 42.300\text{kgf/m}$ ) seria capaz de levar esta parede ao colapso, mesmo após a retirada de material equivalente ao vão de uma porta. Para a extensão de 3,8m desta parede, o carregamento distribuído configuraria uma força de **160.740kgf**.

Utilizando-se da fórmula da tensão oriunda da resistência do material e sabendo-se que os blocos utilizados são de resistência 4,5MPa ( $450.000\text{kgf/m}^2$ ) pode-se obter, simplificadaamente, o valor da força necessária para ocorrer o esmagamento nos dois casos:

### 1) Parede sem abertura:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \rightarrow \quad 450.000\text{kgf/m}^2 = \frac{F}{0,14\text{m} \times 3,8\text{m}} \quad \rightarrow \quad F = 239.400\text{kgf}$$

Sendo:

$\sigma$  = Tensão;

F = Força total aplicada;

A = Área da seção transversal da parede.

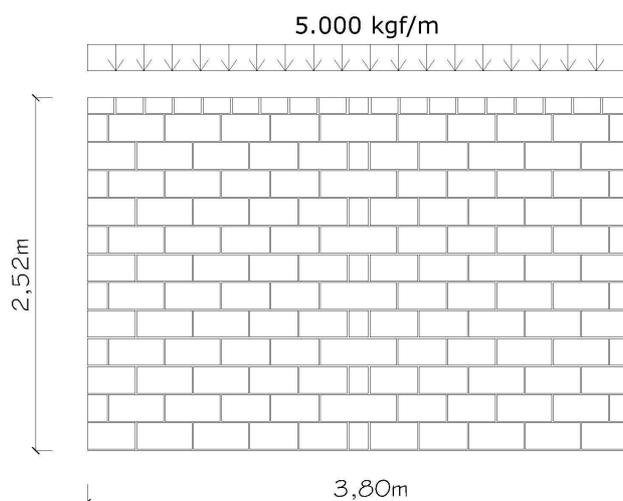
**2) Parede com abertura** (descontando-se 0,80m do vão da porta):

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \rightarrow \quad 450.000\text{kgf/m}^2 = \frac{F}{0,14\text{m} \times 3,0\text{m}} \quad \rightarrow \quad \mathbf{F = 189.000\text{kgf}}$$

Observa-se que os valores obtidos pela resistência do material e pelo exemplo numérico são bastante próximos.

O seguinte estudo analisa os resultados obtidos da força necessária para ocorrer o colapso por meio da resistência do material e por meio do cálculo de estado plano de tensões, considerando a análise plástica limite, e compara com a força solicitante existente.

**SITUAÇÃO 1 – PAREDE SEM ABERTURA:**



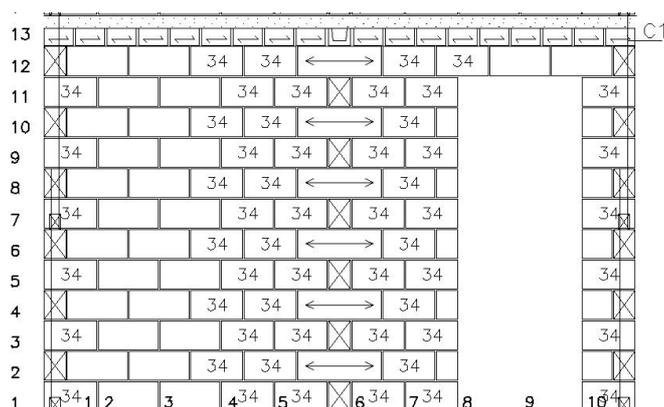
PELA RESISTÊNCIA DO BLOCO  $\rightarrow \mathbf{F = 239.400\text{kgf}}$

PELA ANÁLISE PLÁSTICA LIMITE  $\rightarrow \mathbf{F = 230.660\text{kgf}}$

PELA SOLICITAÇÃO EXISTENTE  $\rightarrow \mathbf{F = 5.000\text{kgf/m} \times 3,8\text{m} = 19.000\text{kgf}}$

Observa-se que a força solicitante sobre a parede é da ordem de 8% do valor necessário para atingir o colapso.

## SITUAÇÃO 2 – PAREDE COM ABERTURA:



PELA RESISTÊNCIA DO BLOCO → **F = 189.000kgf**

PELA ANÁLISE PLÁSTICA LIMITE → **F = 160.740kgf**

PELA SOLICITAÇÃO EXISTENTE → **F = 5.000kgf/m x 3,8m = 19.000kgf**

Neste caso, a força solicitante sobre a parede é da ordem de 11% do valor necessário para atingir o colapso.

O resultado final indica que, para prédios de até quatro pavimentos, mesmo utilizando-se o mínimo de resistência estabelecido por norma (4,5MPa), a possibilidade de ocorrência de colapso da estrutura em caso de intervenções pontuais é remota.

Ainda assim, simulou-se, por meio de software do tipo APLEF, a ação da carga máxima nas duas situações a fim de analisar o mecanismo de ruptura obtido.

A ruptura da parede submetida à carga máxima na situação 1 (sem intervenção) segue ilustrada na figura 6.16:

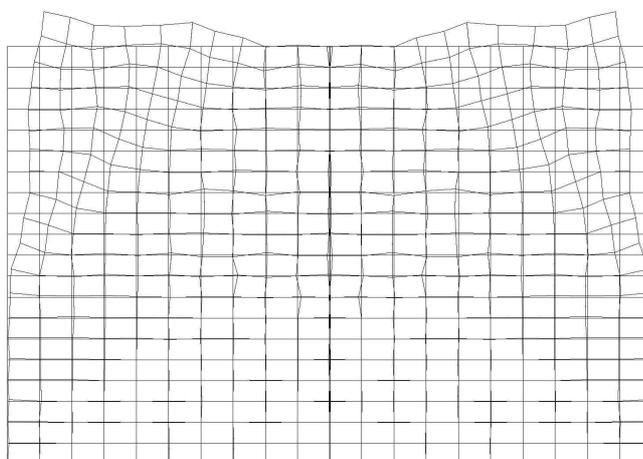


Figura 6.17: Mecanismo de ruptura da parede submetida à carga máxima na situação 1 (sem intervenção).  
Fonte: Ilustração do autor.

Ressalta-se que nesta simulação não se levou em consideração a existência da verga de graute de resistência igual a 9MPa armada com vergalhões de 10mm que existe neste projeto. A existência desta verga certamente ajuda a combater eventual ruína demonstrada na figura.

Na situação 2 (parede com retirada de material para instalação de porta), o mecanismo de ruptura da parede submetida à carga máxima segue ilustrada na figura 6.17:

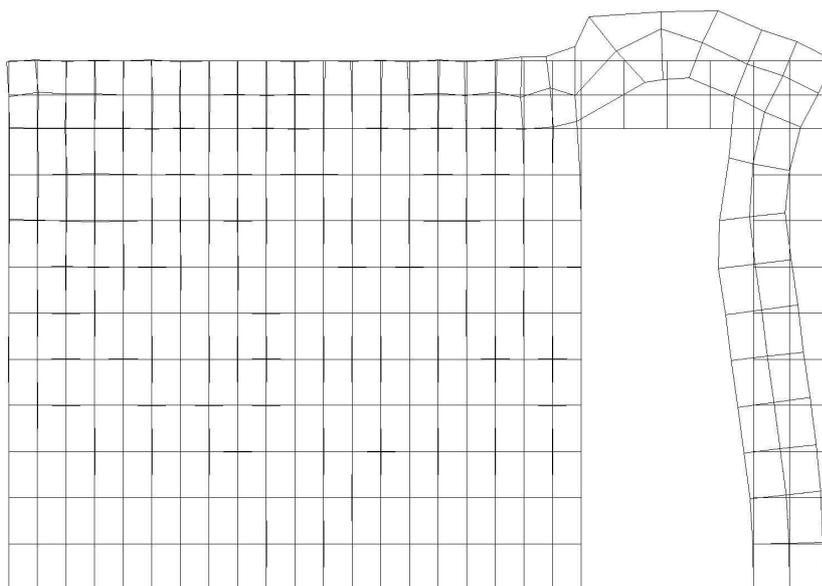


Figura 6.18: Mecanismo de ruptura da parede submetida à carga máxima na situação 2 (remoção de material). Fonte: Ilustração do autor.

Pode-se depreender da figura que o rompimento ocorre nos dois pontos fragilizados da parede: a guarnição para instalação do marco e alisar (boneca) e acima do vão da porta.

Estes dois pontos de ruína podem ser facilmente enrijecidos com vergalhões e graute a fim de melhor combater este eventual colapso.

Outra possibilidade seria o aumento da dimensão da guarnição que, desta forma, ganharia mais robustez e deixaria de funcionar como um pilar esbelto.

Em linhas gerais, pode-se concluir da análise que, em se tratando de prédios de quatro pavimentos (que é a configuração mais comum em alvenaria estrutural no Brasil), pequenas intervenções pontuais nas

paredes não representam nenhum perigo para a estabilidade global da estrutura. Verifica-se, portanto, uma reserva de resistência nos blocos suficientemente grande para manter a estrutura intacta em casos de pequenas demolições. Assim, efetuar reformas em edificações em alvenaria estrutural é um procedimento perfeitamente possível, desde que orientado por um profissional habilitado. Ressalta-se, no entanto, a importância de se utilizar blocos com o devido controle tecnológico e dentro da normatização vigente.

#### **6.4 – O MITO DA INFLEXIBILIDADE ARQUITETÔNICA**

O mercado habitacional brasileiro, normalmente, toma como referência um único modelo de família quando são elaborados seus produtos. Contudo, importantes transformações ocorreram na sociedade nas últimas décadas que tornaram a presente realidade muito distinta desta tentativa de padronização. O que se observa, na verdade, é a existência de uma grande variedade de arranjos familiares diferentes.

BRANDÃO (2003) analisa esta transformação no modelo familiar convencional e destaca as principais alterações:

- As modificações na estrutura da família patriarcal convencional;
- A redução no tamanho das famílias;
- O aumento no número de pessoas morando sozinhas;
- O aumento no número de separações e divórcios;
- A postergação do casamento e os novos papéis desempenhados pela mulher;

O autor ressalta ainda a tendência do trabalho em casa (o *home-office* ou o teletrabalho), gerando a necessidade de prover espaços multifuncionais e com instalações de telecomunicação. Menciona, ainda, o grande desenvolvimento tecnológico no campo dos eletrodomésticos e equipamentos para o lar, citando, como exemplo, o advento do *home theater*.

É natural, portanto, que exista uma demanda de *flexibilização* da arquitetura das habitações. Este conceito passou a ser incorporado pelas empresas no início dos anos 90, com a extinção do Sistema Financeiro da Habitação. Devido à ausência de financiamentos governamentais ou bancários, as próprias construtoras passaram a fornecer crédito imobiliário à população. Esta aproximação dos clientes com as empresas permitiu uma maior negociação no que tange aos projetos e acabamentos de um empreendimento, inaugurando o que viria a ser chamado de *personalização*.

Este conceito apenas acompanhou uma tendência de outros setores da economia, como o automobilístico, nos quais a customização é uma realidade. Entre as razões deste fenômeno, está a elevação do padrão sócio-econômico da população, que permitiu uma maior diversificação e individualização dos anseios.

É importante ressaltar que a necessidade de se ofertar uma maior diversidade de produtos ou de torná-los personalizados não provém somente de aspectos conjunturais ligados à economia e à tecnologia. Vem, principalmente, da tendência inerente do ser humano em diferenciar-se do outro, buscando sua própria identidade. Independente da sistemática criada pelo financiamento próprio por parte das empresas de construção e incorporação, acredita-se que a tendência seja irreversível (CAMPANHOLO, 1999).

Observa-se, contudo, que, no Brasil, o alto grau de diferenciação social e a maior concentração do déficit habitacional nas classes baixas tornam a personalização do produto habitacional uma medida não essencial, se adequando mais aos clientes de classe média e alta. Cabe aos planejadores do empreendimento, a decisão sobre a viabilidade da personalização da planta arquitetônica.

Para a realidade da construção civil brasileira, um excesso de variações no projeto pode se tornar um problema, tendo em vista o atraso tecnológico e organizacional em que se encontra este setor da economia. A indústria da construção brasileira ainda emprega

processos artesanais, carente de melhor planejamento e com índices de retrabalho muito elevados. O processo de personalização pode, nestas circunstâncias, acarretar um maior agravamento da situação (BRANDÃO, 2003).

No sistema construtivo em alvenaria estrutural existe a necessidade de maior planejamento do empreendimento, com projetos mais bem detalhados e canteiros de obras mais produtivos. Nestes condicionantes, a personalização se torna uma medida bastante possível. Além disso, uma maior flexibilização da arquitetura é uma forte estratégia de marketing do produto, tendo em vista o preconceito que existe sobre as edificações feitas com este sistema, que são normalmente taxadas de repetitivas e de pouca expressão arquitetônica.

De fato, existe um mito de que a inflexibilidade arquitetônica é uma característica da alvenaria estrutural. No entanto, existem várias empresas que trabalham com processos parcialmente armados, criando vãos de até 7,5 metros, além de arcos e balanços, preservando a economia do projeto em apartamentos de até 110 metros quadrados de área útil destinados à classe média. É possível, assim, projetar paredes internas que atuam somente como vedação, optando por blocos leves na divisão dos ambientes (ROSSO, 1994). A solução pode estar em se definir o layout inicial apenas com as paredes portantes. As demais paredes, com função apenas de vedação, seriam compostas livremente podendo gerar variados layouts.

Muitas construtoras que trabalham com alvenaria estrutural têm aderido a esta idéia. Um bom exemplo é o empreendimento *Residencial Beatriz*, localizado em Águas Claras – DF, no qual, para um mesmo modelo de apartamento, são apresentadas 14 opções de plantas diferentes ao cliente. Nesta configuração, optou-se por lajes maciças que atingem vãos de aproximadamente 5m gerando um invólucro de paredes estruturais, que permitem diferentes arranjos internos com paredes de *drywall* (figuras 6.18, 6.19 e 6.20).

A interação entre flexibilização e alvenaria estrutural constitui-se uma excelente alternativa para uma melhor comercialização dos empreendimentos que utilizam esta tecnologia e é um forte argumento no combate ao preconceito ainda instaurado na sociedade.

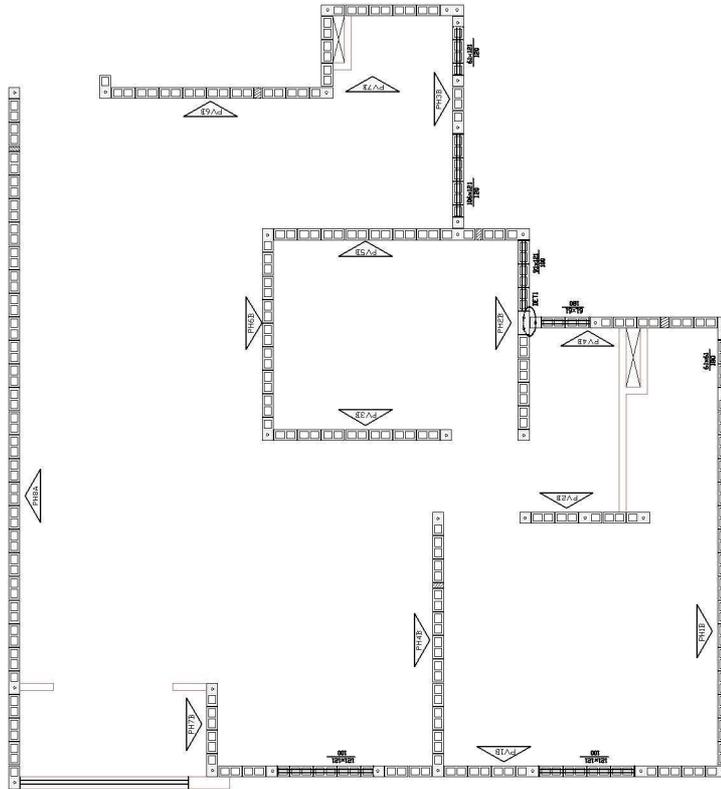


Figura 6.19: Planta de execução de apartamento em Águas Claras – DF  
Fonte: OSMB Projetos e Consultoria S/C.

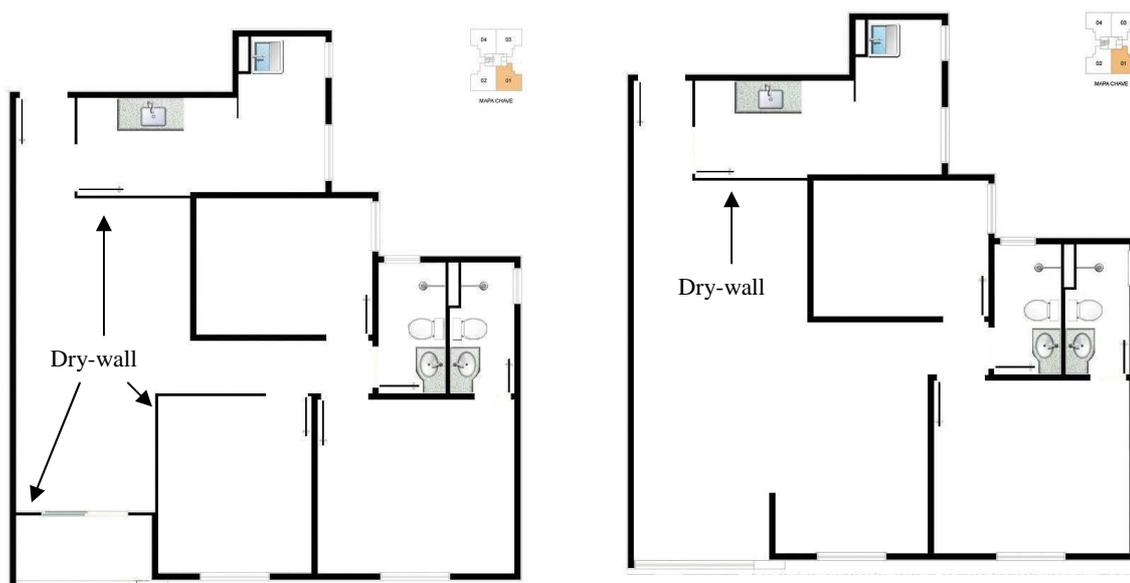


Figura 6.20: Variações da planta oferecidas ao cliente em apartamento em Águas Claras – DF.  
Fonte: Construtora Argus.

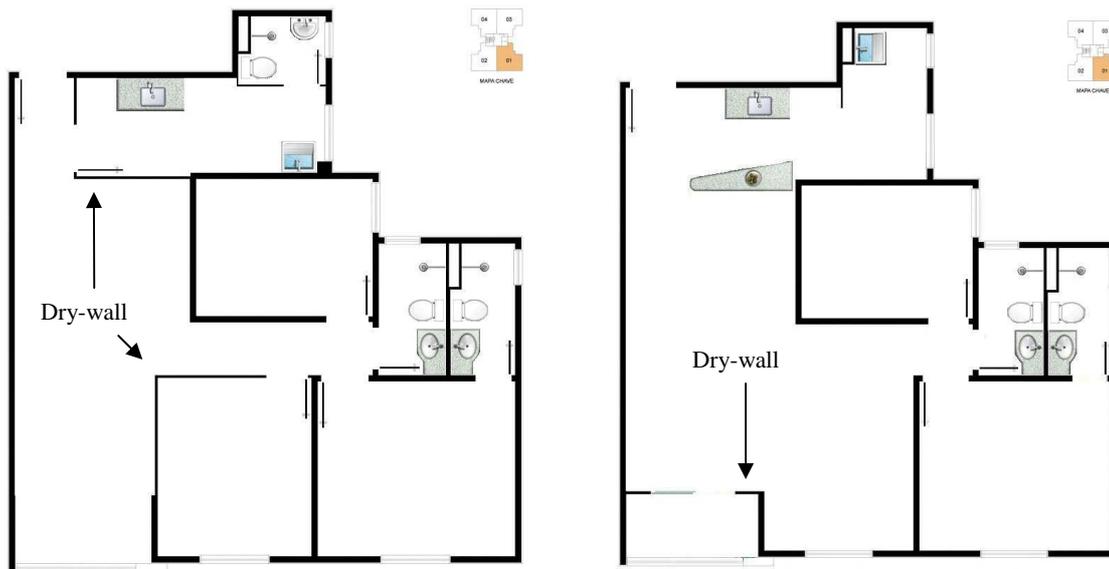


Figura 6.21: Variações da planta oferecidas ao cliente em apartamento em Águas Claras – DF.  
Fonte: Construtora Argus.

---

## CONCLUSÃO

Tendo em vista os dados apresentados, observa-se que o potencial de crescimento econômico do país é muito grande. Naturalmente, a busca por habitação segue em paralelo a este crescimento. Estes condicionantes, aliados à situação econômica do país, que expandiu o crédito imobiliário e aumentou o poder de compra da população, desenham um cenário otimista no setor da construção civil no Distrito Federal e no Brasil como um todo.

A alvenaria estrutural mostra-se, portanto, adequada a estes condicionantes, tornando-se mais uma opção construtiva a ser explorada.

Os princípios de racionalização, planejamento, redução do entulho e agilidade da construção - requisitos básicos desta tecnologia - também se enquadram na tendência mundial da construção sustentável, tornando a alvenaria estrutural simpática aos princípios da sustentabilidade.

No caso específico do Distrito Federal, existe uma tendência de reorganização do espaço urbano, com a regularização de condomínios, instalação de infra-estrutura em áreas invadidas e lançamentos de novos bairros planejados. Estes elementos estimulam uma cultura de construção racional, que, por sua vez, contribui para a aceitação da alvenaria estrutural.

No que tange ao quesito projeto, foram explorados no trabalho, diversos conceitos que visam à melhoria do projeto de edificações e aprimoramento das técnicas construtivas. Salienta-se que a incorporação destes conceitos, aliada à tomada de decisões responsáveis pelo arquiteto, é a base para a concepção de edificações de qualidade e sucesso construtivo.

Cabe ao arquiteto conhecer e avaliar as demandas dos empreendimentos, e propor as melhores soluções de projeto para os condicionantes específicos, garantindo a satisfação dos futuros usuários da edificação.

O sistema construtivo alvenaria estrutural está em perfeita sintonia com a definição de construção racional na medida em que enfatiza conceitos de simplicidade executiva, detalhamento de projeto, padronização, modulação e redução de entulho.

Vale ressaltar que o pleno atendimento a este potencial depende, em grande parte, da habilidade do arquiteto. Instaurou-se, no Brasil, um mito de que a alvenaria estrutural limita a qualidade arquitetônica. Isto se dá, principalmente, pela falta de conhecimento da maioria dos profissionais das possibilidades do sistema, dificultando o desenvolvimento da técnica no Brasil. O projeto bem elaborado, atendendo em plenitude às necessidades do empreendedor e do usuário final, contribui para a derrubada deste mito, podendo tornar a alvenaria estrutural como opção para os mais diversos empreendimentos.

Para maior aproveitamento de todas as potencialidades da alvenaria estrutural, é fundamental que a escolha por este sistema construtivo seja definida desde as etapas iniciais do projeto. Esta medida garante o incremento na produtividade e economia e evita adaptações que, muitas vezes, entram em conflito com a filosofia do sistema.

A perfeita compatibilização entre os subsistemas é essencial para o sucesso da execução. Tendo em vista a dificuldade em se fazer correções nas alvenarias, é importante que a elevação dos blocos ocorra em sintonia com o lançamento das instalações e equipamentos. Para tanto, um bom grau de detalhamento do projeto é requisito fundamental, e só pode ser obtido mediante uma visão integrada da construção.

Aplicar princípios de construção racional em projetos não significa produzir uma arquitetura pobre, na qual a funcionalidade e a economia sobrepõem a estética. Significa, na verdade, procurar atingir uma arquitetura de qualidade global, satisfazendo a todos os parâmetros de projeto, tomando decisões conscientes e racionais baseadas no conhecimento da técnica e na experiência, com o intuito de proporcionar uma execução simples, gerando um produto de qualidade com custo compatível.

No que tange às definições culturais, que rotularam a alvenaria estrutural como um sistema voltado apenas para construções populares, pode-se concluir que esta aceção tem mudado. Entre as razões desta evolução, se destaca o incremento no nível de qualidade dos insumos e das construções, que passaram a atingir públicos das demais classes sociais.

A dificuldade enfrentada em reformas e remoção de paredes foi superada em razão das novas tecnologias de lajes. Com a possibilidade de se cobrir vãos maiores, passou-se a combinar paredes estruturais em locais estratégicos com outros materiais de vedação, como o tijolo cerâmico convencional e o gesso acartonado, que são materiais de fácil remoção e substituição.

O receio quanto à segurança estrutural ainda é uma barreira a ser enfrentada pelos profissionais da construção. No entanto, conforme foi mostrado no capítulo 6, as normas de execução e dimensionamento garantem plenamente a estabilidade dos edifícios, mesmo em situações de sinistros. Verificou-se que existe uma reserva de resistência no conjunto, tornando possível a intervenção em paredes, desde que sob orientação técnica adequada.

O grande empecilho para uma maior disseminação desta tecnologia ainda são os arcaísmos instaurados na cultura de construção do Brasil. A obrigatoriedade de organização e planejamento dos canteiros, bem como da escolha de materiais de qualidade afastam grande parte dos empreendedores de optarem por este sistema. A

evolução do pensamento construtivo é um trabalho muito mais longo e complexo e passa pelas esferas acadêmica, econômica e profissional. Uma maior fiscalização dos canteiros de obra seria uma alternativa capaz de agilizar esta evolução.

Este trabalho pretende contribuir para a disseminação e aprimoramento da construção em alvenaria estrutural na medida em que gera uma bibliografia de consulta direcionada ao profissional arquiteto, que é carente de informações sobre este tema. Pretende-se ainda, dar início a uma linha de pesquisa de pós-graduação ainda existente na Universidade de Brasília, tanto na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) como na Faculdade de Tecnologia (FT).

Como indicações para trabalhos futuros, salienta-se:

- 1) Ensaio experimental de paredes de alvenaria estrutural, especialmente nas circunstâncias citadas no capítulo 6, nas quais foram efetuadas demolições parciais;
- 2) Uso de resíduos da construção civil para reaproveitamento de material para fabricação de blocos;
- 3) Avaliação pós-ocupacional de edificações em alvenaria estrutural para qualificar o uso corrente deste sistema construtivo.

---

## BIBLIOGRAFIA

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – EESC/USP, São Carlos, 1998.

ADDIS, B. **Edificação: 3000 anos de projeto, engenharia e construção.** Porto Alegre: Bookman, 2009.

ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: um estudo de caso.** Florianópolis: UFSC, 1995. 117 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Bloco cerâmico para alvenaria:** Especificação. NBR 7171, Rio de Janeiro, 1992. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.** NBR 10837, Rio de Janeiro, 1989. 20 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.** NBR 15.575, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Manutenção de edificações:** procedimentos. NBR 5674, Rio de Janeiro, 1999. 6 p.

AZEREDO, H.A. **O Edifício até a sua Cobertura:** Editora Edgard Blücher, 1977.

BARROS, Mercia M.S.B. **Tecnologia de produção de contrapisos para edifícios habitacionais e comerciais.** São Paulo, 1991. 316p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996.

BARROS, Thyana Farias Galvão de; CORREIA, Ana Magda Alencar. **Quebrando Tabus: o ensino do desenho arquitetônico no curso de engenharia civil** [S.l.:s.n.]. Disponível em: [http://www.degraf.ufpr.br/artigos\\_graphica/QUEBRANDOTABUS.pdf](http://www.degraf.ufpr.br/artigos_graphica/QUEBRANDOTABUS.pdf). Acesso em: 30/05/2009 (Artigo).

BAÚ, Silvana. **Os profissionais arquiteto e engenheiro civil: uma abordagem sobre suas práticas.** Dissertação (Mestrado Profissionalizante) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

BRAZ, J. C. R. **Análise comparativa de custos entre edifícios residenciais de quatro pavimentos utilizando alvenaria estrutural e estrutura mista de concreto e aço.** Dissertação (Mestrado) – UniCamp, Campinas, 2001.

BRANDÃO, D. G. **A personalização do produto habitacional e as novas tecnologias no processo construtivo.** In: III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. São Carlos – SP: UFSCar, 2003.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **The structural use of masonry.** BS5628. Londres, 1981.

BUZAR, M. A. R., **Modelos híbridos de elementos finitos e de contorno aplicados a análise plástica limite em engenharia.** Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, 2004.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** Ilha Solteira: UNESP, 2006.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Dados do Macrossetor da Construção (FGV-CBIC).** Disponível em <http://www.cbicdados.com.br/dadosmacro.asp>. Acesso em 24/7/2010.

CAMPANHOLO, J. L.. **Construção personalizada: uma realidade do mercado.** Revista Técnica, n. 41, p. 63-66, jul./ago. 1999.

CAMPOS, M. H. A. C. **A construtibilidade em projectos de edifícios para o ensino superior público em Portugal.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Minho, Portugal, 2002.

CAPORIONI; GARLATTI; TENCA-MONTINI. **La Coordinación Modular.** Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 1971.

CARMONA, A. ; MAREGA, A. **Retrospectiva da patologia no Brasil, estudo estatístico.** Colloquia 88, Jornada en español y portugues sobre estructuras y materiales, vol. VI, Madrid, maio/1988.

CHAMONA, J. A. V. ; ORTIZ, J. L. R. **Datos orientativos sobre la evolucion de defectos em la construccion em España.** Hormigon y Acero, nº157.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Constructability: a primer.** 2.ed. Austin, 1987. (CII publication, n. 3-1).

CONSEIL INTERNATIONAL DU BÂTIMENT. **The performance concept and its terminology.** Paris, Centre Scientifique et Technique du Batiment, 1975. (CIB Report n. 32).

CORRÊA, R. M. **Integração de Projetos de Estrutura e Arquitetura de Edifícios Ensinados Através do Auxílio Computacional.** [S.l.:s.n.]. Disponível em: <http://www.educeng.ufjf.br/viiiieee/Pdf/eee19.pdf>. Acesso em: 15 set. 2007 (Artigo).

CORRÊA, R. M.; NAVIERO, R. M. **Importância do ensino da integração dos projetos de arquitetura e estrutura de edifícios: fase de lançamento das estruturas.** In: III WORKSHOP GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. *Anais...* São Carlos: USP, 2001. 5p.

CURY, Fuad Jorge. **Visão Histórica Nacional e Internacional.** In: Colóquio sobre Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto. Ibracon. São Paulo, 1977

D'ALAMBERT, Clara Correia. **O fíjolo nas construções paulistanas do século XIX.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU-USP). São Paulo, 1993.

DIETZ, A.G.H.; CUTLER, L.S., ed. **Industrialized building systems for housing.** Cambridge: MIT Press, 1971.

EVBUOMWAN, N. F. O. ; ANUMBA, C. J. **An Integrated Framework for Concurrent Life-cycle Design and Construction.** *Advances in Engineering Software*, 1998, Vol. 5, No. 7-9, pp.587-597.

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Projeto simultâneo: uma abordagem colaborativa para o processo de projeto.** São Paulo: EPUSP, 2003. p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/347).

FABRÍCIO, M. M.; MELHADO, S. B. **Por um processo de projeto simultâneo.** [S.l.:s.n.]. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/silviobm/Publica%E7%F5es%20PDF/WB-Projetar2002-ES.pdf>. Acesso em 17/9/2009.

FARAH, M. F. S. **Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional.** São Paulo, 1992. 297p. Tese (Doutorado) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

FERREIRA, M. A. **Aspectos tecnológicos e produtivos do desenvolvimento e aplicação de sistemas construtivos.** Apostila da Disciplina, UFSCar, 1995.

FISCHER, Martin; TATUM, C.B. **Characteristics of Design –Relevant Constructability Knowledge.** *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol 123, No3, September 1997.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** São Paulo, 1992. 319p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FRANCO, L. S. **Racionalização Construtiva, Inovação Tecnológica e Pesquisas.** In: Curso de Formação em Mutirão EPUSP, São Paulo, 1996.

FRANCO, Luiz Sérgio; AGOPYAN, Vahan. **Implementação da Racionalização Construtiva na Fase de Projeto.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

FRUET, G.M. & FORMOSO, C.T. - **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte.** UFRGS, Porto Alegre, 1993.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO ; PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Déficit Habitacional do Brasil 2007.** Disponível em <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/secretaria-de-habitacao/biblioteca/publicacoes-e-artigos/DeficitHabitacional.zip/view>. Acesso em 24/7/2010.

GAMA, R. **A tecnologia e o trabalho na história.** São Paulo: FAUUSP, Tese (Livre Docência). 1987.

GOLDMAN, Pedrinho - **Introdução ao Planejamento e Controle de Custos na Construção Civil.** 2a edição, Editora Pini, São Paulo, 1986.

GOMES, N. S., **Danos acidentais e colapso progressivo na alvenaria estrutural.** Artigo. Disponível em: [www.anicer.com.br/arquivos/nelson28.doc](http://www.anicer.com.br/arquivos/nelson28.doc). Acesso em 23/3/2009.

GRIFFITH A., SIDWELL T., **Constructability in building and engineering projects.** London, Macmillan, 1995.

GRIFFITH, A. **An investigation into factors influencing buildability and levels of productivity for application to selecting alternative design solution – a preliminary report.** In: CIB W65 INTERNATIONAL SYMPOSIUM THE ORGANIZATION AND MANAGEMENT OF CONSTRUCTION, 5., London – 1987. Managing construction worldwide. London, Spon, 1987-1988. v.2, p. 646-57.

GRIFFITH, A. **Buildability: the effect of design and management on construction.** In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 10., Washington 1986. Advancing Building Technology: proceedings. s.l., CIB, 1986. v.8, p. 3504-12.

GUSMÃO, A. D.; CALADO, C. F. A.; NOGUEIRA, C. L.; SILVA, F. A. N.; OLIVEIRA, R. A.; CERQUEIRA, S. O. **Diretrizes para Solução dos Problemas Relacionados aos Prédios Construídos em Alvenaria Resistente na Região Metropolitana do Recife.** Disponível em [www.upe.br/down/imprensa/Ed.Final.pdf](http://www.upe.br/down/imprensa/Ed.Final.pdf). Acesso em 29/05/2010.

HELENE, P. R. L. **Controle de qualidade na indústria da construção civil.** In: Tecnologia de Edificações. IPT. Editora Pini. São Paulo, 1988.

HENDRY, A. W. **Structural design of brickwork buildings.** In: \_\_\_\_\_. Structural Brickwork. New York: Halsted Press book, 1981, p. 1-4.

INTERNACIONAL COUNCIL FOR BUILDING RESEARCH STUDIES AND DOCUMENTATION – CIB. **The performance concept and its terminology.** Paris, CIB, 1975. (Report no 32)

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços.** Trad. de Nivaldo Montingelli Jr., 2 ed. São Paulo, Pioneira, 1992 (Coleção Novos Ubrais). p.221-303.

KHALFAN, M. M. A. ; ANUMBA, C. J. **Implementation of concurrent engineering in construction – readiness assessment.** Construction Informatics Digital Library – [http://itc.scix.net/paper\\_w78-2000-54.4.content\\_](http://itc.scix.net/paper_w78-2000-54.4.content_) Acesso em 28/06/09.

LOLLO, José Augusto de & SOBRINHO, Milton Dall'Áglio – **Verticalização e integração curricular: princípios e fundamentos pedagógicos da nova proposta de estrutura curricular do Curso de Engenharia Civil da FEIS/UNESP.** Revista de Ensino de Engenharia, v.19 no. 1, p. 63-69, ABENGE, 2000.

LOURENÇO, P.B., **Concepção e Projeto para Alvenaria,** Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Porto, 2002.

LOURENÇO, P.B., **Dimensionamento de Alvenarias Estruturais,** Relatório 99-DEC/E-7, Universidade do Minho, Guimarães, 1999.

LOURENÇO, P. B., **Possibilidades actuais na utilização da alvenaria estrutural.** Seminário sobre Paredes de Alvenaria. Porto, 2007.

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

MARTUCCI, Ricardo. **Projeto tecnológico para edificação habitacionais: utopia ou desafio?** São Paulo, 1990. Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas.** 4º ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** São Paulo: EPUSP, 1993. V1 e 2, 449p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. 294 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, Silvio B. **O que é qualidade de projeto?: uma discussão acerca das mudanças conceituais necessárias para a melhoria da qualidade na construção de edificações.** In: WORKSHOP QUALIDADE DE PROJETO/RS, Porto Alegre, 1995. *Anais.* Porto Alegre, Departamento de Engenharia Civil/Escola Politécnica/PUCRS, 1995. n.p.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios.** 2001. 235 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELO, M. C. **Projeto Arquitetônico: necessidades e dificuldades do arquiteto frente às particularidades do processo construtivo de alvenaria estrutural.** Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado) – UFSC.

MESSENGUER, A. **Para uma teoria de la calidad en construcción. Informes de la Construcción.** N°348, p. 5-22, 1983.

MESSENGUER, A. **Controle e garantia da Qualidade na Construção.** Tradução: Antônio Carmona Filho, Paulo Roberto Lago Helene, Roberto José Falcão Bauer. São Paulo, SINDUSCON-SP, PROJETO/PW, 1991. 179p.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa.** Companhia Melhoramentos, 1998.

MITIDIERI FILHO, C. V.; HELENE, P. R. L. **Avaliação de desempenho para componentes e elementos construtivos inovadores destinados a habitações: proposições específicas à avaliação de desempenho estrutural.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Depto. De

Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/208, São Paulo: EPUSP, 1998. 38p.

MORTON, J. **Accidental damage robustness and stability**. Brick Development Association, 1985.

MOTTEU, H.; CNUUDE, M. **La gestión de La qualité durant la construction: action menee en Belgique par le comite "Qualite dans la construction"**. In: CIB TRIENNIAL CONGRESS, 11., Paris, 1989. Quality for building users throughout the world. S.I., CIB, 1989, v.1, t.3, p. 265-76.

MUMFORD, L. **A Cidade na História: suas origens, transformações e perspectivas**. 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

NAKAMURA, Juliana. **A redescoberta da alvenaria estrutural**. In: Techne. Ed. 75. São Paulo: Ed. Pini, 2003.

NIEMEYER, O. **Como se faz arquitetura**. Petrópolis, Vozes, 1986.

NINCE, Andréia Azeredo. **Levantamento de dados sobre a deterioração de estruturas na região Centro-oeste**. Dissertação (mestrado). Faculdade de Tecnologia – UnB, 1996.

NOVAES, C.C. - **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. São Paulo, 1996. 389p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NOVAES, C. C. **Projetos para produção como instrumentos da melhoria da qualidade do processo de projetos de edificações**. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2001. 17-19 dez. 2001. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.

O'CONNOR, J.T.; DAVIS, V.S. **Constructability improvement during field operations**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 114, n 4, p 548-564, Dez. 1988.

OLIVEIRA, Luciana Alves; MELHADO, Silvio Burrattino. **Análise da qualidade do processo de projeto em função da ocorrência de problemas na etapa de execução da obra: estudos de caso**. In: IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção/ I Encontro Latino-americano de Gestão e Economia da Construção. Porto Alegre, 2005.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil: primeiros resultados**. In: Seminário Estratégias para Modernização na

Construção Civil: Qualidade na cadeia produtiva. São Paulo, 1994. *Anais...* São Paulo: FINEP/ANTAC, 1994. p. 37-59.

OLIVEIRA, N. C. **Fases da Alvenaria – Manual Técnico de Alvenaria:** Projeto Editores Associados LTDA; 1990

ORDONEZ et al. **Pre-Fabrication – Teoria y Pratica.** Barcelona: Editores Técnicos Associados, 1974. v.1.

PENTEADO, Adilson Franco. **Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural.** Unicamp, Campinas, 2003.

PICCHI, Flávio A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** São Paulo, 1993. 462p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PIMENTEL, T. **À prova de desabamento.** Disponível em: [www.pernambuco.com/educacao/materias/2009/alvenaria.shtml](http://www.pernambuco.com/educacao/materias/2009/alvenaria.shtml). Acesso em 20/05/2010.

POZZOBON, Marco Antônio. **O Processo de Monitoramento e Controle Tecnológico em Obras de Alvenaria Estrutural.** UFSM, Santa Maria-RS, 2003.

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

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao projeto arquitetônico de edifícios em alvenaria estrutural.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2005.

RIBEIRO, M. S.; MICHALKA, C. **A contribuição dos processos industriais de construção para a adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil.** Vértices Publicação Técnico-científica do CEFET CAMPOS, ano 5. nº 3 SET/ DEZ. 2003, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2003.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. **A Construtibilidade no Processo de Projeto de Edificações** II Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUC/RS, Porto Alegre, RS. 21 e 22 de novembro de 2002.

ROMAN, H. R. **Construindo em Alvenaria Estrutural.** Florianópolis: UFSC, 1999.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAU-USP, 1980.

ROSSO, S. **A gravidade como aliada**. Revista Técnica, São Paulo, Pini, n. 12, p. 38-41, set./out. 1994.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. São Paulo: USP, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1984.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 321 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, Marcus Daniel Friederich dos. **Técnicas Construtivas em Alvenaria Estrutural: Contribuições ao uso**. Dissertação (Mestrado). UFSM, Santa Maria, 1998.

SANTOS da SILVA, Lenildo. **Análise limite em geotecnia através da aplicação de elementos finitos mistos e híbridos**. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília, 2003.

SERRA, Sheyla Mara Baptista. **Racionalização e Industrialização da Construção Civil**. Apostila da Disciplina, UFSCar, 1995.

SHALON, M. H. - **Industrialização das Construções** - Universidade de Buenos Aires, Argentina.

SILVA, G. **Sistemas construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural: uma análise comparativa de custo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFSM, 2003.

SOUZA, Edvaldo. **A importância da construção civil e a criação de empregos**. Disponível em [http://www.agazeta.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13874:a-importancia-da-construcao-civil-e-a-criacao-de-empregos&catid=90:blog-do-edvaldo-sousa&Itemid=354](http://www.agazeta.net/index.php?option=com_content&view=article&id=13874:a-importancia-da-construcao-civil-e-a-criacao-de-empregos&catid=90:blog-do-edvaldo-sousa&Itemid=354). Acesso em 24/7/2010.

TESTA, C. **The industrialization of building**. s.l., Van Nostrand, 1972.

VILATÓ, R. R.; FRANCO, L. S. **Racionalização do projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. PCC 2515 – Alvenaria Estrutural (apostila da disciplina). Escola Politécnica, USP, 2000.