

## **Monografia**

### **"ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS IMPLICAÇÕES"**

Autor: Luiz Fernando Costa Nonato

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Julho/2013

LUIZ FERNANDO COSTA NONATO

**"ALVENARIA ESTRUTURAL E SUAS IMPLICAÇÕES"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções em alvenaria  
estrutural

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Danielle Meireles de Oliveira

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

A Deus, fonte da vida.

À minha esposa, Adriana, pela paciência e compreensão pelas horas ausentes do convívio familiar para realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Danielle Meireles de Oliveira pela atenção, disponibilidade e apoio para realização deste trabalho.

Aos colegas do curso pelos momentos prazerosos proporcionados e a possibilidade de troca de conhecimentos e experiências profissionais.

Aos professores do curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG pelo conhecimento transmitido aos alunos.

À Arcelor Mittal por proporcionar a realização de meu aperfeiçoamento profissional.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
2. OBJETIVO .....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Conceituação .....	15
3.1.1 Alvenaria Não Armada.....	15
3.1.2 Alvenaria Armada .....	16
3.1.3 Alvenaria Protendida .....	17
3.2 Aspectos históricos e desenvolvimento do sistema.....	17
3.2.1 Pirâmides de Guizé .....	18
3.2.2 Farol de Alexandria.....	18
3.2.3 Coliseo.....	19
3.2.4 Catedral de Reims .....	19
3.2.5 Edifício Monadnock .....	20
3.2.6 Edifício em Alvenaria Não-armada na Suíça.....	20
3.2.7 Hotel Excalibur .....	21
3.3 Componentes da Alvenaria Estrutural .....	21
3.3.1 Blocos.....	22
3.3.2 Argamassa de Assentamento.....	26
3.3.3 Graute.....	28
3.3.4 Armadura.....	29
3.4 Aspectos Técnicos.....	30
3.4.1 Altura da edificação .....	31

3.4.2 Arranjo Arquitetônico .....	31
3.4.3 Tipo de Uso .....	32
3.5 Coordenação Modular .....	32
3.6 Subsistemas .....	37
3.6.1 Instalações Elétricas.....	38
3.6.2 Instalações Hidráulicas.....	39
3.6.3 Esquadrias.....	40
3.6.3.1 Portas .....	40
3.6.3.2 Janelas .....	41
3.6.3.3 Revestimentos.....	42
3.7 Técnicas de Execução.....	44
3.7.1 Marcação .....	46
3.7.2 Elevação.....	51
3.8 Controle de Execução.....	59
3.9 Patologias .....	62
4. ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	64
5. CONCLUSÃO .....	69
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
7. ANEXO.....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Alvenaria Não Armada.....	16
Figura 3.2: Alvenaria Armada.....	17
Figura 3.3: Forma dos Blocos .....	23
Figura 3.4: Família de Blocos 14x39.....	24
Figura 3.5: Família de Blocos 19x39.....	25
Figura 3.6: Família de Blocos 14x29.....	25
Figura 3.7: Família de Blocos 11,5x39.....	26
Figura 3.8: Família de Blocos 11,5x24.....	26
Figura 3.9: Uso de Grampo para encontro de paredes e trinca em fachada .....	30
Figura 3.10: Quadrícula modular nos planos X, Y e Z .....	33
Figura 3.11: Modulação de uma unidade sobreposta à quadrícula modular.....	34
Figura 3.12: Borda com módulo e largura diferente, com blocos especiais .....	35
Figura 3.13: Exemplo de modulação da 1ª e 2ª fiada .....	36
Figura 3.14: Exemplo de elevação a partir da modulação das fiadas, ausência de junta a prumo.....	37
Figura 3.15: Instalações Elétricas .....	39
Figura 3.16: Fixação de batente.....	40
Figura 3.17: Tipos de revestimentos aceitos pela alvenaria estrutural.....	43
Figura 3.18: Ferramentas e equipamentos para execução de alvenaria estrutural.....	46
Figura 3.19: Passos 1 a 3 para execução de alvenaria estrutural .....	47
Figura 3.20: Passos 4 a 6 para execução de alvenaria estrutural .....	48
Figura 3.21: Passos 7 a 9 para execução de alvenaria estrutural .....	49

Figura 3.22: Passos 10 e 11 para execução de alvenaria estrutural.....	49
Figura 3.23: Bloco com abertura para inspeção e limpeza .....	50
Figura 3.24: Posicionamento dos conduítes .....	51
Figura 3.25: Conferência de prumo, nível e fiadas.....	52
Figura 3.26: Conferência de diagonal e alinhamento para blocos .....	52
Figura 3.27: Cintamento com utilização de bloco canaleta .....	53
Figura 3.28: União feita por amarração de blocos .....	54
Figura 3.29: União feita através de grampos .....	54
Figura 3.30: Técnica conhecida como “castelo”.....	55
Figura 3.31: Utilização de gabaritos para vãos de portas .....	55
Figura 3.32: Grauteamento na sétima e última fiada .....	56
Figura 3.33: Limpeza e inspeção locais a serem grauteados .....	57
Figura 3.34: Colocação de argamassa .....	58
Figura 3.35: Prisma oco e cheio.....	61
Figura 4.1: Instalação de Caixas Elétricas .....	66
Figura 4.2: Molhação antes do grauteamento.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Fatores relacionados à mão-de-obra que afetam a resistência da alvenaria .....	44
Tabela 3.2 : Tolerância para produção de alvenaria estrutural.....	62

## LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

kN= quilonewton

a.C= antes de Cristo

d.C= depois de Cristo

m= metros

cm= centímetros

MPa= megapascal

NBR= Norma Brasileira

F<sub>bk</sub>= resistência característica à compressão do bloco de concreto

m<sup>2</sup>= metro quadrado

mm= milímetros

## **RESUMO**

Muitos profissionais que trabalham na área, seja executando ou fiscalizando, não estão cientes dos cuidados e particularidades envolvidas na construção de uma edificação em alvenaria estrutural. Por meio de pesquisa bibliográfica, foram reunidas neste trabalho informações úteis sobre a execução de alvenaria estrutural, de forma a tornar-se um guia prático e acessível para os profissionais das obras, que nem sempre tem acesso à informação. Busca-se desta maneira conscientizá-los sobre a importância e responsabilidade das etapas construtivas.

## 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos. Em suas formas primitivas a alvenaria foi construída tipicamente com tijolos de barro de baixa resistência ou de pedra, sendo o projeto baseado em métodos empíricos. Ao longo do tempo, foram desenvolvidas unidades de cerâmica cozidas e de outros materiais de alta resistência, no entanto a aplicação de métodos empíricos de projeto e construção se manteve até o século 20. Apenas recentemente a alvenaria passou a ser tratada como um verdadeiro material de engenharia, passando o projeto dessas estruturas a ser baseado em princípios científicos rigorosos.

A importância da execução bem feita é facilmente compreendida pelos profissionais da construção de edifícios, pelo menos do ponto de vista conceitual, porém nem sempre a prática é levada com a devida seriedade. Aspectos relacionados à melhoria da construtibilidade da obra, principalmente o estudo dos processos de produção, permanecem em segundo plano.

A execução da alvenaria se dá pela simples necessidade de vedação e divisão de ambientes ou necessidade de resistência a esforços estruturais, neste caso a alvenaria é estrutural.

Segundo cálculos da revista Construção Mercado (T. Takeoka e R. G. Pessarelo – 2003), há economia de cerca de 11% apenas com a substituição da estrutura convencional e da alvenaria de vedação pela alvenaria estrutural. Em alguns casos, se o projeto for desenvolvido com todas as premissas necessárias do sistema e não apenas como uma simples troca de estruturas, este número pode chegar até 20%. Muitos profissionais que trabalham na área, seja executando ou fiscalizando, não estão cientes dos cuidados e particularidades envolvidas na construção de uma edificação em alvenaria estrutural.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho não tem a pretensão de exaurir o assunto relacionado à execução de obras em alvenaria estrutural que é bem mais vasto. Não haverá abordagem sobre cálculo estrutural nem tampouco tijolos cerâmicos.

A qualidade do trabalho dos profissionais diretamente ligados à produção da alvenaria estrutural aliada ao conhecimento de quem fiscaliza a execução deste sistema construtivo são fundamentais para se obter uma parede de boa qualidade. Fatores tais como prumo, verticalidade, uniformidade de espessura de juntas e resistência são dependentes da habilidade dos pedreiros. O engenheiro e afins não devem descuidar da fiscalização na construção das paredes.

Diversos autores têm tentado quantificar os efeitos da qualidade da mão-de-obra e relacioná-los ao desempenho das paredes. Gross *apud* Araújo (2002), obteve redução de resistência à compressão de paredes de alvenaria de até 35% devido à falta de fiscalização em sua construção, quando comparadas com paredes em obras regularmente inspecionadas.

Diante do exposto, o principal objetivo deste trabalho é reunir, em um único volume, os principais cuidados ao se construir edificações em alvenaria estrutural, em uma linguagem acessível para que seja de fácil entendimento tanto para os pedreiros quanto para os profissionais que trabalham na fiscalização, levando até

os mesmos acesso à informação e desta forma poder conscientizá-los sobre a importância e responsabilidade das etapas construtivas.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Conceituação**

Tauil e Nese (2010) definem alvenaria como o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. As alvenarias podem ser não armadas, armadas e protendidas.

##### **3.1.1 Alvenaria Não Armada**

Alvenaria que não recebe graute. Utilizam armadura apenas por aspectos construtivos tais como vergas, contravergas, usados para evitar patologias como trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura (Figura 3.1: Alvenaria Não Armada).

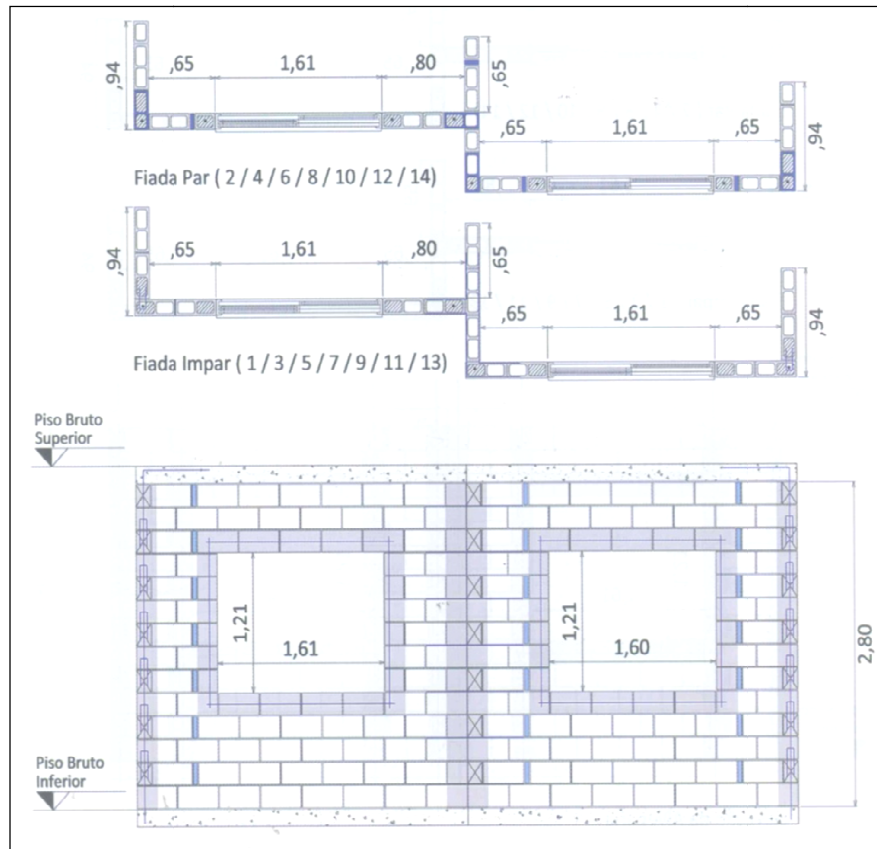


Figura 3.1: Alvenaria Não Armada  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

### 3.1.2 Alvenaria Armada

Alvenaria que recebe reforços de aços em determinadas regiões devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas dentro dos vazios dos blocos para posterior grauteamento, também são preenchidas todas as juntas verticais (Figura 3.2: Alvenaria Armada).

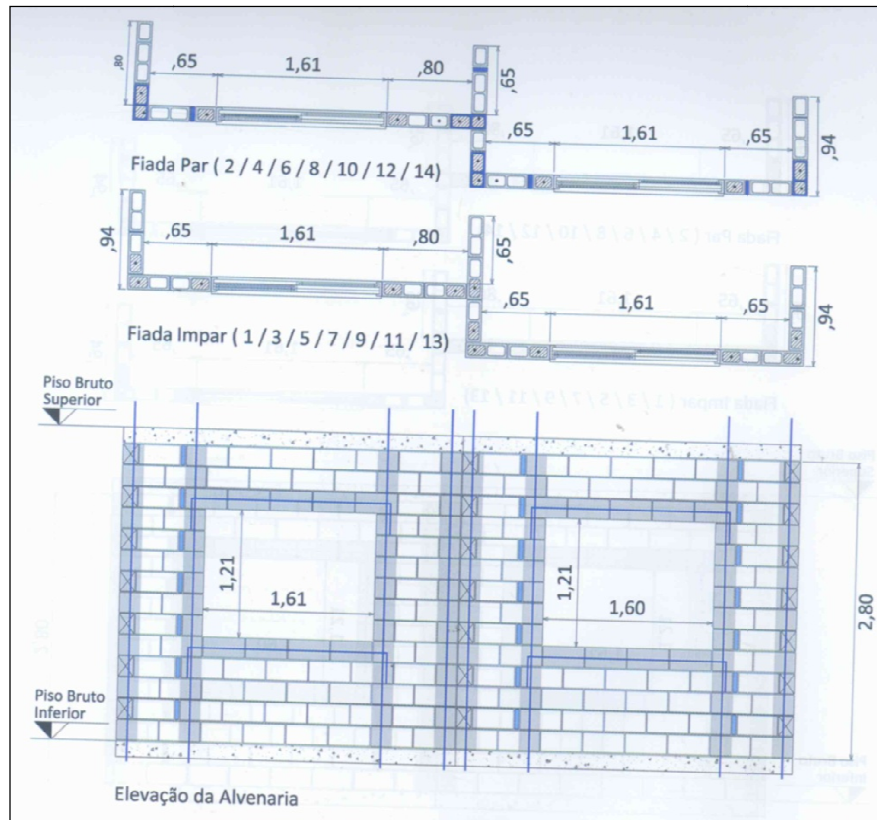


Figura 3.2: Alvenaria Armada  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

### 3.1.3 Alvenaria Protendida

Alvenaria reforçada por uma armadura ativa, que submete a alvenaria a esforços de compressão. Pouco utilizada, pois os itens utilizados para protensão tem elevado custo.

## 3.2 Aspectos históricos e desenvolvimento do sistema

A alvenaria é um sistema construtivo muito tradicional, tendo sido utilizado desde o início da atividade humana de executar estruturas para os mais variados fins. Com a utilização de blocos de diversos materiais, como argila, pedra e outros, foram produzidas obras que desafiaram o tempo, atravessando séculos ou mesmo milênios e chegando até nossos dias como verdadeiros monumentos de grande importância histórica. Outras edificações não tem grande importância histórica geral, mas dentro do sistema construtivo estudado, acabaram se tornando marcos a serem mencionados.

### **3.2.1 Pirâmides de Guizé**

São três pirâmides, Quéfren, Queóps e Miquerinos, construídas em blocos de pedras que datam de aproximadamente 2600 anos a.C. A Grande Pirâmide, túmulo do faraó Queóps, mede 147 m de altura e sua base é um quadrado de 230 m de lado. Em sua construção foram utilizados aproximadamente 2,3 milhões de blocos, com peso médio de 25 kN. Do ponto de vista estrutural, as pirâmides não apresentavam nenhuma grande inovação, pois foram construídas com a colocação de blocos, uns sobre os outros.

### **3.2.2 Farol de Alexandria**

Construído em uma das ilhas em frente ao porto de Alexandria, Faros, aproximadamente 280 a.C, é o mais famoso e antigo farol de orientação. Construído em mármore branco, com 134 m de altura. Do ponto de vista estrutural tratava-se de uma obra marcante, com altura equivalente a um prédio com 45 pavimentos.

### **3.2.3 Coliseo**

Anfiteatro, com capacidade para 50.000 pessoas, é um maravilhoso exemplo da arquitetura romana, com mais de 500 m de diâmetro e 50 m de altura. Construído em meados do ano 70 d.C, possuía 80 portais, propiciando grande rapidez na entrada e saída dos espectadores. Do ponto de vista estrutural, os teatros romanos, ao contrário dos teatros gregos que se aproveitavam de desníveis naturais de terrenos apropriados, eram suportados por pórticos formados por pilares e arcos, essa característica propiciava maior liberdade de localização.

### **3.2.4 Catedral de Reims**

Exemplo de catedral gótica. Construída entre 1211 e 1300 d.C. demonstra a aprimorada técnica de se conseguir vãos relativamente grandes utilizando-se apenas estruturas comprimidas. As catedrais góticas em geral, e a catedral Reims

em particular, podem ser citadas como os grandes exemplos de estruturas de alvenaria com interiores que conferem sensação de amplitude e grandeza. As técnicas construtivas que foram sendo refinadas ao longo de séculos acabaram produzindo resultados satisfatórios.

### **3.2.5 Edifício Monadnock**

Foi construído em Chicago de 1889 a 1891 e tornou-se um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural. Com 16 pavimentos e 65 m de altura, foi considerada uma obra ousada. Entretanto, devido aos métodos empíricos de dimensionamento utilizados até então, as paredes na base têm 1,80 m de espessura. Acredita-se que se fosse dimensionado pelos métodos atuais e com os mesmos materiais, tal espessura não passaria de 30 cm.

### **3.2.6 Edifício em Alvenaria Não-armada na Suíça**

Marco importante na história das construções em alvenaria, edifício construído em 1950, na Basileia, Suíça. A construção possui 13 pavimentos e 42 m de altura, executada em alvenaria estrutural não armada. A espessura das paredes internas é de 15 cm e 37,5 cm para paredes externas. Do ponto de vista estrutural e sabendo-se que as paredes internas é que recebem a maior parte das cargas da

edificação, mostra que o dimensionamento deve ter sido realizado com base em procedimentos muito semelhantes aos usados atualmente.

### **3.2.7 Hotel Excalibur**

Segundo Amrhein (1998) *apud* Ramalho e Corrêa (2003), é o mais alto edifício em alvenaria estrutural da atualidade, construído em Las Vegas, EUA. O complexo do hotel é formado por quatro torres principais, com 28 pavimentos, cada um contendo 1.008 apartamentos. As paredes estruturais foram executadas em alvenaria armada de blocos de concreto e a resistência à compressão especificada na base foi por volta de 28 MPa.

### **3.3 Componentes da Alvenaria Estrutural**

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), é importante destacar dois conceitos básicos: componente e elemento da alvenaria estrutural. Entende-se por um componente da alvenaria uma unidade básica, ou seja, algo que compõe os elementos que, por sua vez, compõem a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são: blocos, ou unidades; argamassa; graute e armadura. Já os elementos são uma parte suficientemente elaborada da estrutura, sendo

formados por pelo menos dois dos componentes citados. São elementos: paredes, pilares, cintas, vergas, etc.

### **3.3.1 Blocos**

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), os blocos, como componente da alvenaria, são os principais responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura.

No que diz respeito à forma dos blocos, os mesmos podem ser maciços ou vazados, sendo chamados de tijolos ou blocos, respectivamente (Figura 3.3: Forma dos Blocos). Maciços são aqueles que possuem um índice de vazios de no máximo 25% da área total, se os vazios forem maior que esse limite, são considerados vazados.

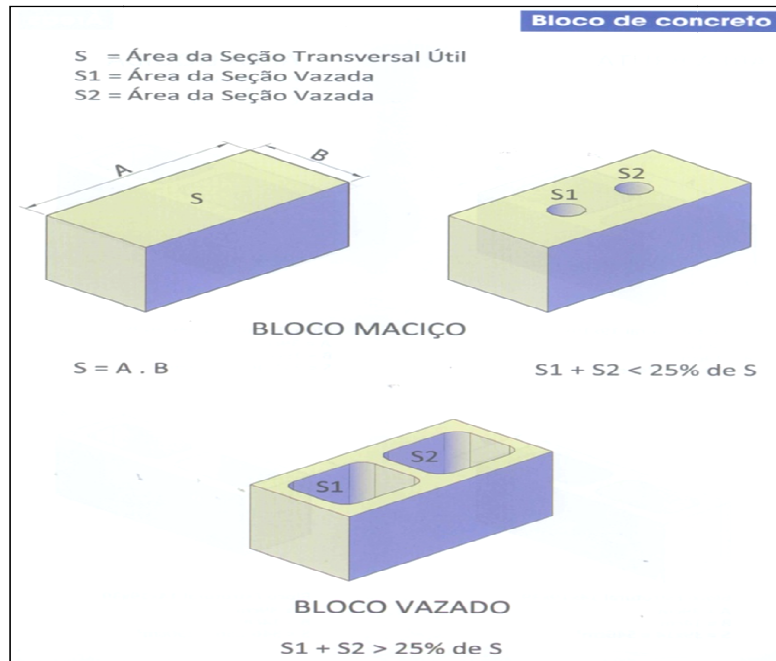


Figura 3.3: Forma dos Blocos  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

Para se construir edifícios em alvenaria estrutural é recomendada a utilização dos blocos que atendam aos requisitos da NBR 6136:2007 e que sejam fabricados por processos de vibro prensagem e cura a vapor, devendo-se evitar os blocos fabricados informalmente em canteiros de obra ou em fábricas sem os requisitos adequados. Os blocos são constituídos por uma mistura de cimento Portland, agregados e água. Devem apresentar um aspecto homogêneo e compacto, com arestas vivas, sem trincas e textura com aspereza adequada à aderência de revestimentos.

A resistência do bloco é especificada pelo  $F_{bk}$ , sendo que o índice mínimo para paredes internas e externas com revestimento é 4,5 MPa e o índice mínimo para paredes externas sem revestimento é 6 MPa.

Do ponto de vista dimensional, os blocos podem ser classificados em 2 grupos distintos: blocos modulares (comprimento igual a duas vezes a largura mais a junta), como mostram as figuras 3.5, 3.6 e 3.8 e blocos não-modulares, apresentados nas figuras 3.4 e 3.7.

Segundo Manzione (2004), a grande vantagem da utilização dos blocos modulares é a utilização da coordenação modular, técnica esta que elimina o uso de blocos com medidas especiais, reduzindo-se o número de tipos de elementos na obra e facilitando o trabalho da mão de obra.

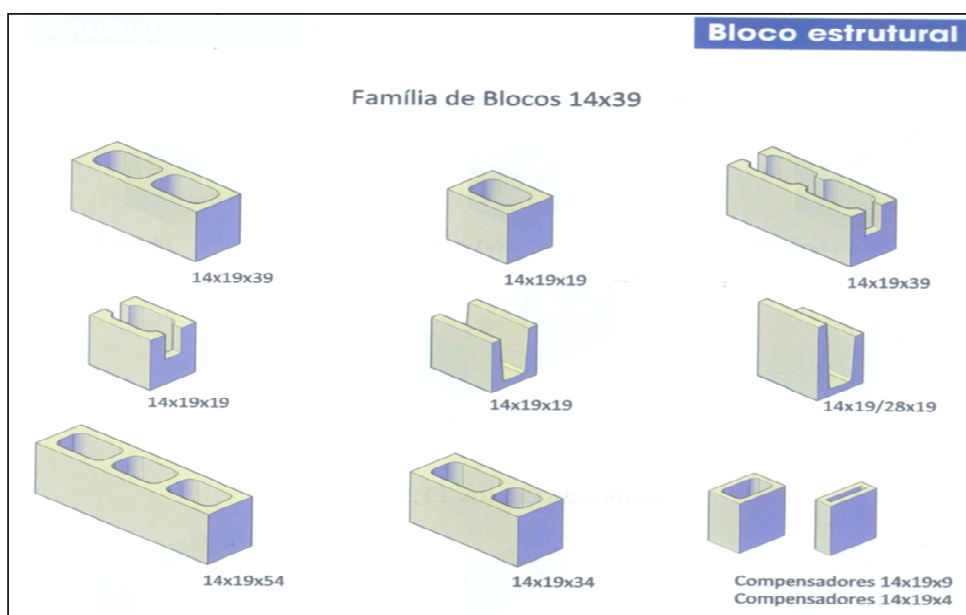


Figura 3.4: Família de Blocos 14x39  
Fonte: Tauil e Nese (2010)



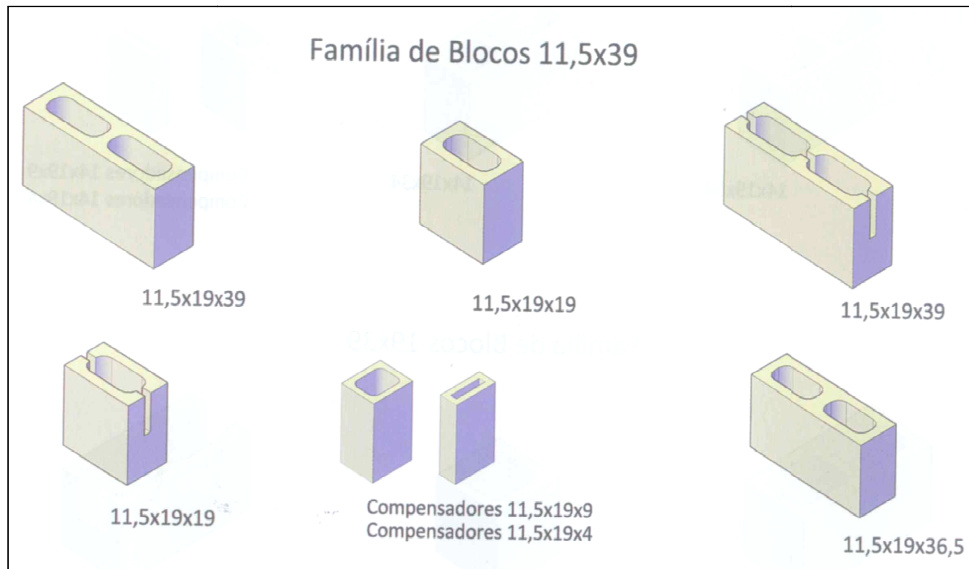


Figura 3.7: Família de Blocos 11,5x39  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

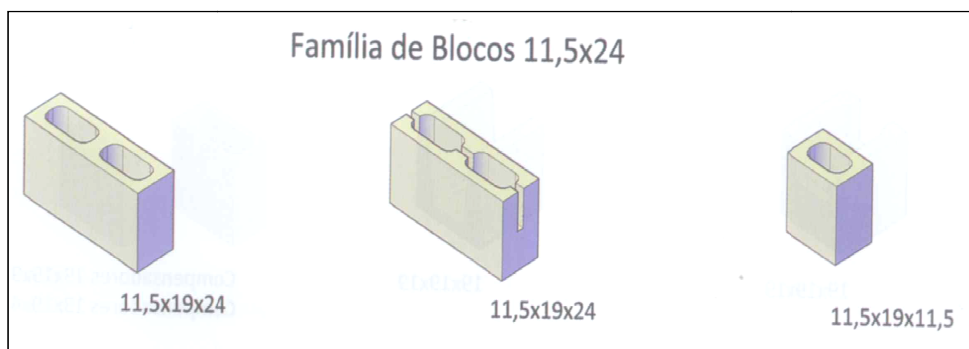


Figura 3.8: Família de Blocos 11,5x24  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

### 3.3.2 Argamassa de Assentamento

Conforme Bedin (2002) *apud* Sabbatini (2003), a principal função da argamassa é ser um adesivo que une os blocos, servindo para transferir esforços entre eles e

acomodar pequenas deformações do conjunto, o que torna a resistência uma característica secundária.

As principais funções da argamassa são:

- a) Unir os blocos.
- b) Vedar o conjunto para prevenir a entrada de água e vento nas edificações.
- c) Compensar imperfeições.
- d) Distribuir cargas.
- e) Absorver deformações.

Suas principais características, segundo o mesmo autor, são:

- a) Boa trabalhabilidade.
- b) Capacidade de retenção de água para que uma elevada sucção do bloco não prejudique suas funções primárias.
- c) Obtenção rápida de alguma resistência para resistir aos esforços da própria construção do elemento (parede).
- d) Adequada aderência para absorver esforços de cisalhamento.
- e) Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais.
- f) Baixo módulo de deformação, para acomodar as variações de volumes naturais da retração por secagem, deformações de origem térmica e movimentos estruturais de pequena amplitude.

Conforme Manzione (2004) a resistência da argamassa deve ser da mesma ordem de grandeza da resistência do bloco.

Para utilização de argamassa industrializada, ao contrário do que é muito praticado, o ideal é a utilização de misturadores, pois a utilização de betoneiras convencionais acarreta uma elevada incorporação de ar na argamassa.

### **3.3.3 Graute**

Segundo Manzione (2004), graute é um micro concreto de alta plasticidade, cuja função principal é aumentar a resistência da parede à compressão, através do aumento da seção transversal do bloco. Quando combinado com o uso de armadura em seu interior, o graute combaterá também os esforços de tração que a alvenaria por si só não teria condições de resistir.

Conforme Manzione (2004), a resistência do graute é determinada de acordo com a resistência do bloco. O graute deve ter sua resistência característica duas vezes maior que a resistência do bloco, essa recomendação é fácil de ser entendida uma vez que a resistência característica do bloco é referida à área bruta e que o índice de vazios para os blocos é usualmente de 50%.

Outro fator importante, de acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o conjunto bloco, graute e eventualmente armadura devem trabalhar monoliticamente, de

maneira semelhante ao que ocorre com o concreto armado. Para tanto, o graute deve envolver completamente as armaduras e aderir tanto a ela quanto ao bloco, daí a necessidade do mesmo ser de alta plasticidade, de modo a formar um conjunto único.

Do aspecto da produtividade da alvenaria, a execução de grauteamento é lenta e dispendiosa, devendo assim ser evitado ao máximo pelo calculista da estrutura.

### **3.3.4 Armadura**

As barras de aço são utilizadas juntamente com o graute e têm com função combater os esforços de tração. Esta tensão provocada pelos esforços de tração deve ser compatível com a deformação da alvenaria, sendo adotadas tensões bem baixas.

Outra forma de utilização de armaduras é como elemento de amarração entre paredes – “grampo”. A utilização de grampo resulta em boa aderência mecânica, mas não impede o destacamento da parede, conforme mostra a figura 3.9.

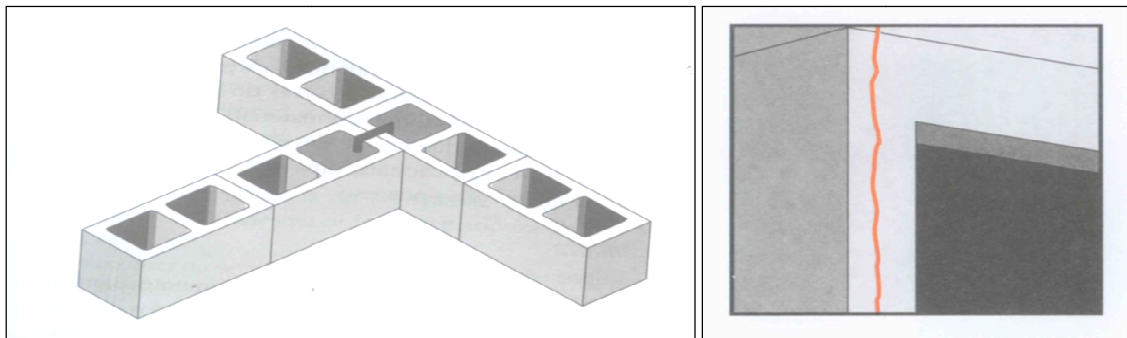


Figura 3.9: Uso de Grampo para encontro de paredes e trinca em fachada  
Fonte: Manzione (2004)

Segundo Manzione (2004), o uso de grampo cria uma atividade a mais na obra e de difícil verificação. Como a utilização de grampos não permite a redistribuição de tensões podem ocorrer patologias. Seu uso deve ser evitado sempre que possível pelo calculista da estrutura. Deve-se dar preferência pela utilização de juntas amarradas, definidas em projeto.

### **3.4 Aspectos Técnicos**

Inicialmente, deve-se ressaltar que a utilização da alvenaria estrutural, para os edifícios residenciais, parte de uma concepção bastante interessante que a de transformar alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura, nesse caso, a alvenaria precisa ter sua resistência perfeitamente controlada, de forma a se garantir a segurança da edificação, essa necessidade demanda utilização de materiais controlados e uma execução mais cuidadosa.

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), três são as características principais ao se optar em construir em alvenaria estrutural.

#### **3.4.1 Altura da edificação**

No caso da altura, levando-se em consideração os requisitos atuais no Brasil, pode-se afirmar que a alvenaria estrutural é mais indicada para edifício de no máximo 15 ou 16 pavimentos. Para edifícios com um número de pavimentos superior a este limite, a economia gerada pela alvenaria estrutural deixa de ser interessante, uma vez que as resistências dos blocos usualmente disponíveis no mercado iriam requerer um uso exagerado de grauteamento. Além disso, mesmo que os blocos atingissem as resistências desejadas quanto à compressão, os esforços laterais produzidos principalmente pela ação do vento iriam gerar elevadas tensões de tração, sendo necessárias armaduras e grauteamento, onde mais uma vez a economia da estrutura ficaria completamente comprometida.

#### **3.4.2 Arranjo Arquitetônico**

Para arranjos arquitetônicos que fujam dos padrões usuais, a situação pode ser um pouco melhor ou não. Conforme Ramalho e Corrêa (2003), é recomendado considerar a densidade de paredes estruturais por m<sup>2</sup> de pavimento. Um

parâmetro razoável é que haja de 0,5 a 0,7 m de paredes estruturais por m<sup>2</sup> de pavimento, dentro deste valor pode-se avaliar se é um uso padrão, o que refletirá na escolha ou não de alvenaria estrutural.

### **3.4.3 Tipo de Uso**

Pelo exposto no item anterior, nota-se que para edifícios que precisem de grandes vãos, tais como edifícios comerciais e residenciais de alto padrão, a alvenaria estrutural não é uma solução adequada. Em especial para edifícios comerciais, que necessitam de constantes mudanças de *layout*, é desaconselhável a alvenaria estrutural, uma vez que engessam as alterações, sem contar o risco de reformas feitas sem a consciência de a estrutura ser em alvenaria estrutural.

## **3.5 Coordenação Modular**

Segundo Manzione (2004), coordenação modular é uma técnica que permite, a partir de um módulo básico, estabelecer as dimensões dos ambientes. O módulo adotado na maioria das literaturas sobre alvenaria estrutural é o M=100 mm, ou seja, M é a menor unidade de medida modular da quadrícula de referência igual a 100x100 mm (Figura 3.10: Quadrícula modular nos planos X, Y e Z).

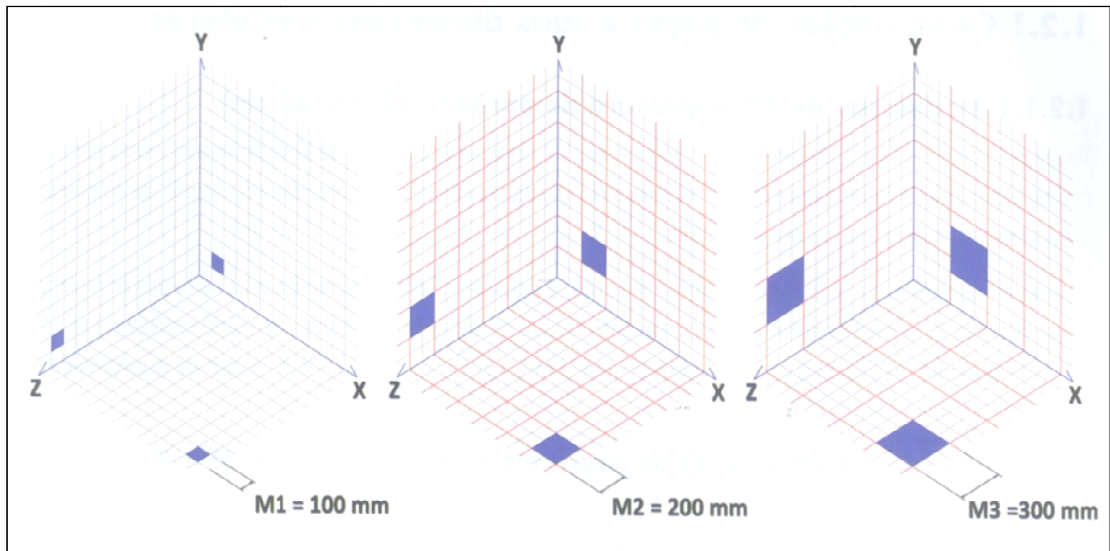


Figura 3.10: Quadrícula modular nos planos X, Y e Z  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

De acordo com Tauil e Nese (2010), após a definição do módulo a partir dos tipos de blocos de concreto disponíveis no mercado, todos os ambientes do projeto terão suas medidas internas e externas múltiplas de módulo de referência adotado, como mostra a figura 3.11, permitindo assim tanto a modulação horizontal quanto a vertical. Embora os blocos modulares facilitem a coordenação modular, os blocos não-modulares são também utilizados.

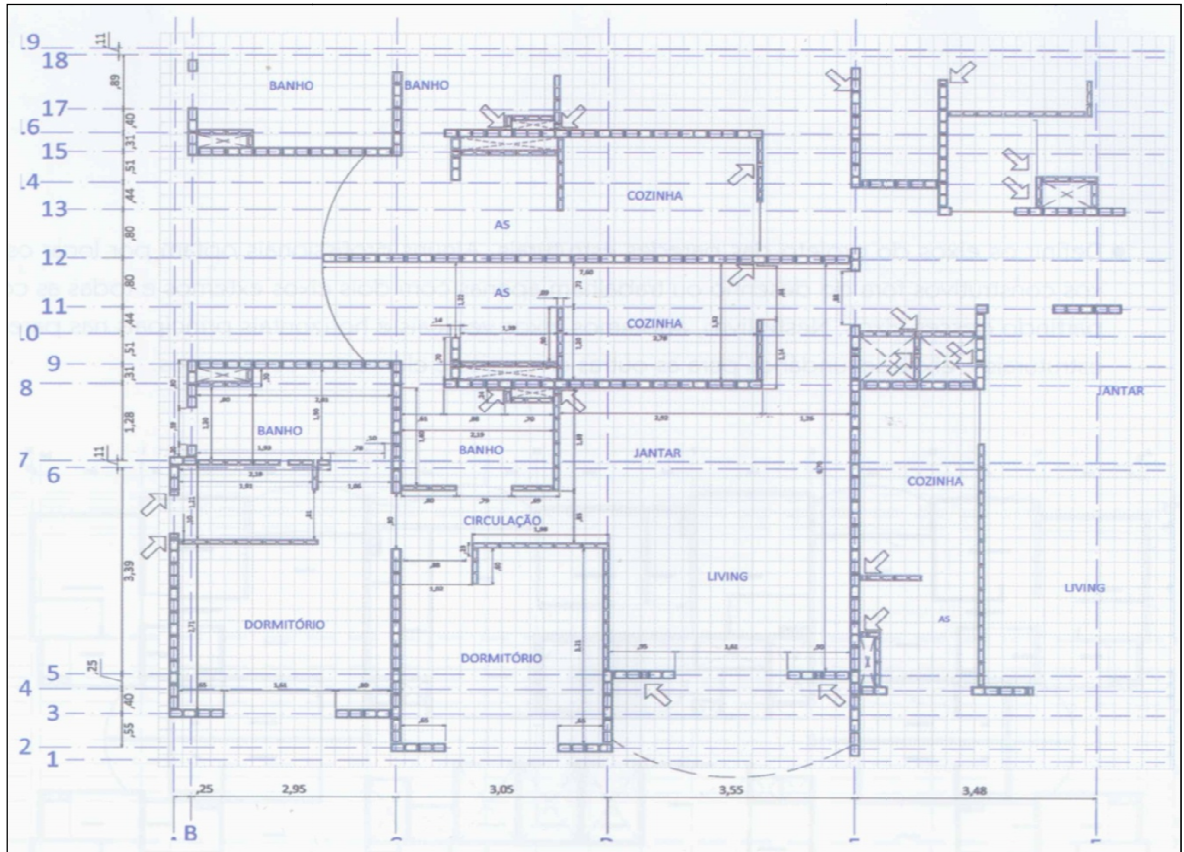


Figura 3.11: Modulação de uma unidade sobreposta à quadrícula modular  
 Fonte: Tauli e Nese (2010)

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), o bloco é o componente básico da alvenaria, sendo definido por três dimensões principais: comprimento, largura e altura. Comprimento e largura definem o módulo horizontal e a altura define o módulo vertical.

É importante que o comprimento e a largura sejam iguais ou múltiplos, nesta condição a amarração das paredes ficará bastante simplificada. Porém, nem sempre esta condição é possível de ser atendida, sendo necessária então a utilização de blocos com medidas especiais (Figura 3.12: Borda com módulo e largura diferente, com blocos especiais) que viabilizem a amarração das paredes.

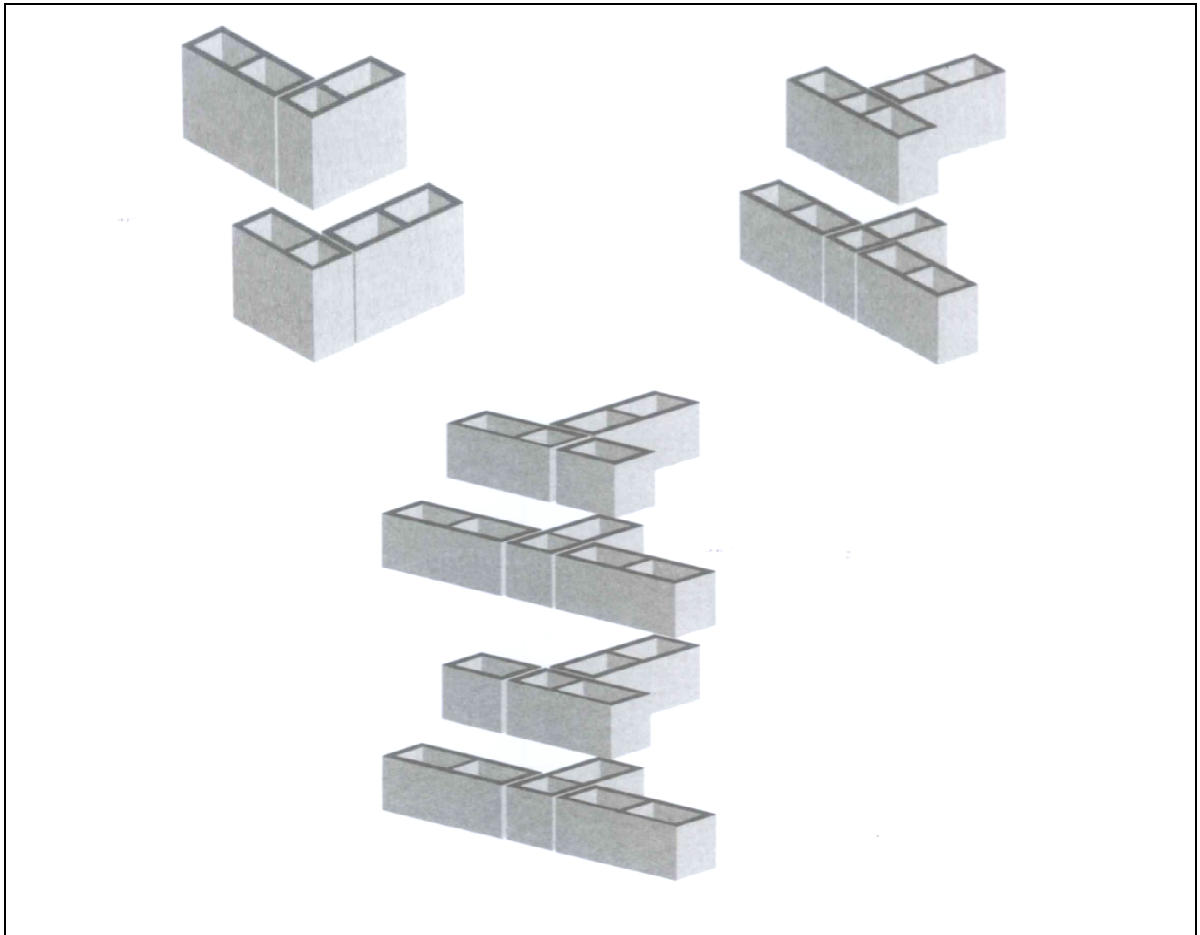


Figura 3.12: Borda com módulo e largura diferente, com blocos especiais  
Fonte: Ramalho e Corrêa (2003 )

Escolhido o módulo e definida a primeira fiada, as demais fiadas devem levar em conta a preocupação de se evitar ao máximo as juntas a prumo, conforme mostrado nas figuras 3.13 e 3.14.

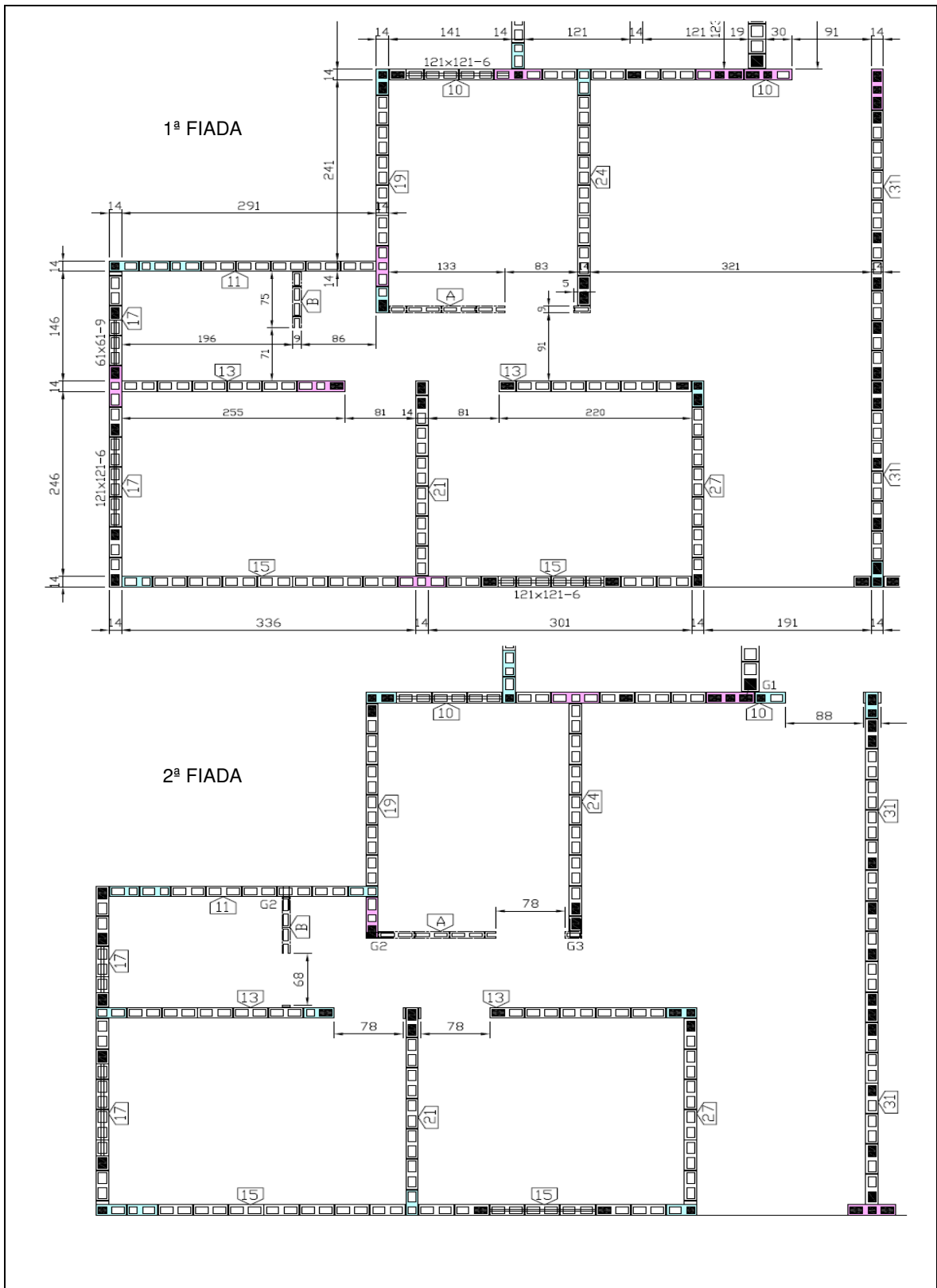


Figura 3.13: Exemplo de modulação da 1ª e 2ª fiada  
 Fonte: Acervo do autor

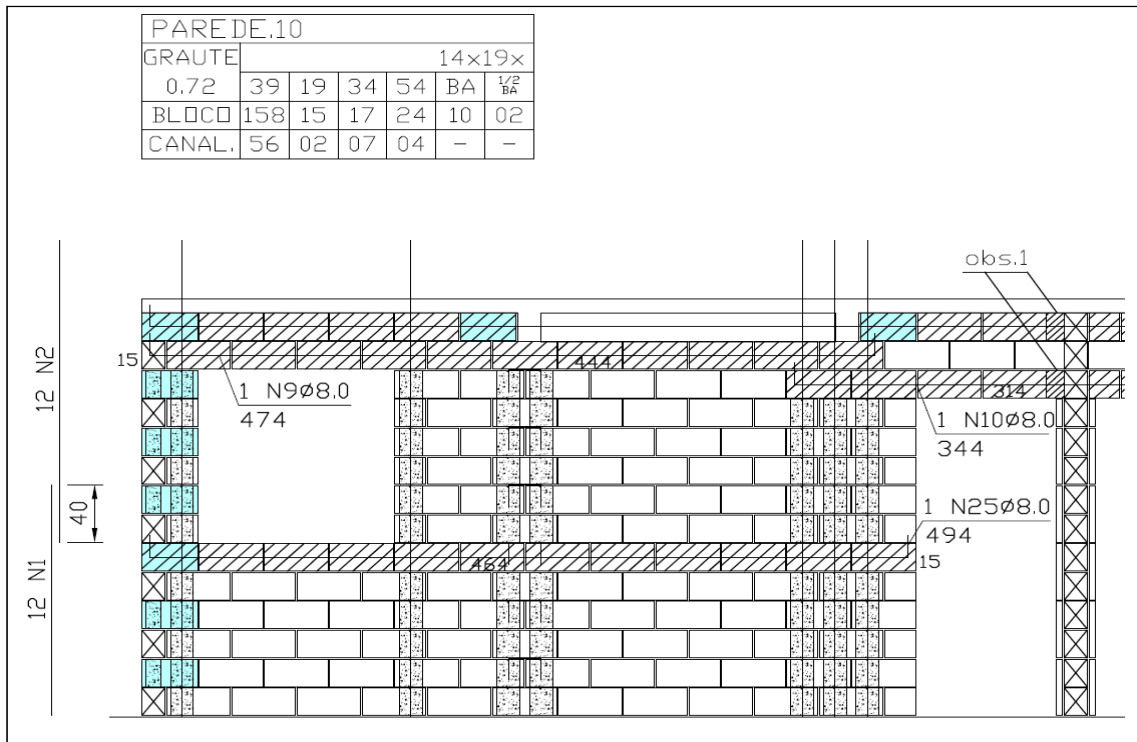


Figura 3.14: Exemplo de elevação a partir da modulação das fiadas, ausência de junta a prumo  
 Fonte: Acervo do autor

### 3.6 Subsistemas

Os principais subsistemas são: instalações elétricas e hidráulicas, esquadria e revestimentos. Nas edificações, os subsistemas de instalações são os que mais interferem nos outros, implicando em baixa produtividade, ociosidade da mão de obra e patologias. Como as paredes em alvenaria estrutural não podem ser quebradas, o caminhamento de todas as tubulações deve ser previsto em projeto.

### 3.6.1 Instalações Elétricas

De acordo com Manzione (2004), como princípio geral, o caminhamento das tubulações elétricas será sempre feito na direção vertical, aproveitando-se os vazios dos blocos para a passagem de mangueiras, cortes horizontais não são permitidos para interligação de pontos (Figura 3.15: instalações Elétricas).

Todas as informações do projeto elétrico devem estar incluídas nos desenhos de elevação das alvenarias, esta prática tem duas funções básicas: a visualização de possíveis interferências e a execução simultânea da parede e instalações, facilitando inclusive a conferência dos serviços.

Para instalação das caixas elétricas existem dois procedimentos:

- a) Durante a elevação: utilização de blocos que já sobem para os pavimentos com as caixas instaladas em uma central de produção de “blocos elétricos”.
- b) Após a elevação: os pontos onde há passagem de mangueira são marcados para posterior corte do bloco *in loco* e chumbamento das caixas.

Este último procedimento não é recomendado, pois há grande chance de erro, é difícil o corte do bloco *in loco* e cria uma etapa a mais no cronograma.

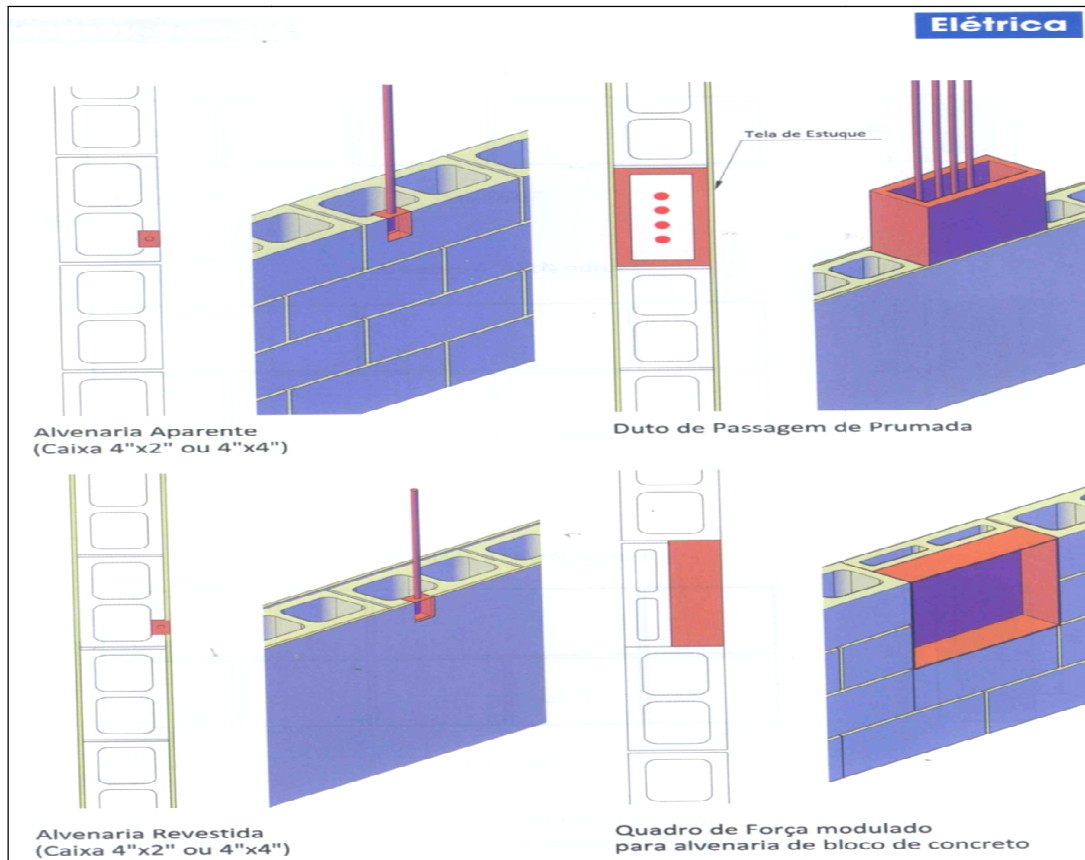


Figura 3.15: Instalações Elétricas  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

### 3.6.2 Instalações Hidráulicas

A passagem das tubulações hidráulicas é mais complicada, uma vez que não se pode embuti-las nas paredes estruturais. A passagem da tubulação deve ser feita através de *shafts* e forros falsos. Segundo Manzione (2004), o ideal é que as áreas molhadas (banheiros, cozinhas, áreas de serviço) fiquem concentradas em uma mesma região da edificação, permitindo assim a otimização das prumadas e consequente utilização dos *shafts*, gerando economia e produtividade.

### 3.6.3 Esquadrias

#### 3.6.3.1 Portas

Pode se utilizar batentes metálicos ou de madeira.

- a) Batentes Metálicos: facilitam a elevação da alvenaria, pois já servem de gabarito para o vão, mas não permitem o uso de “porta pronta”.
- b) Batentes de Madeira: permitem a utilização de “porta pronta”, a fixação do conjunto é feita com espuma de poliuretano (Figura 3.16: fixação de batente).

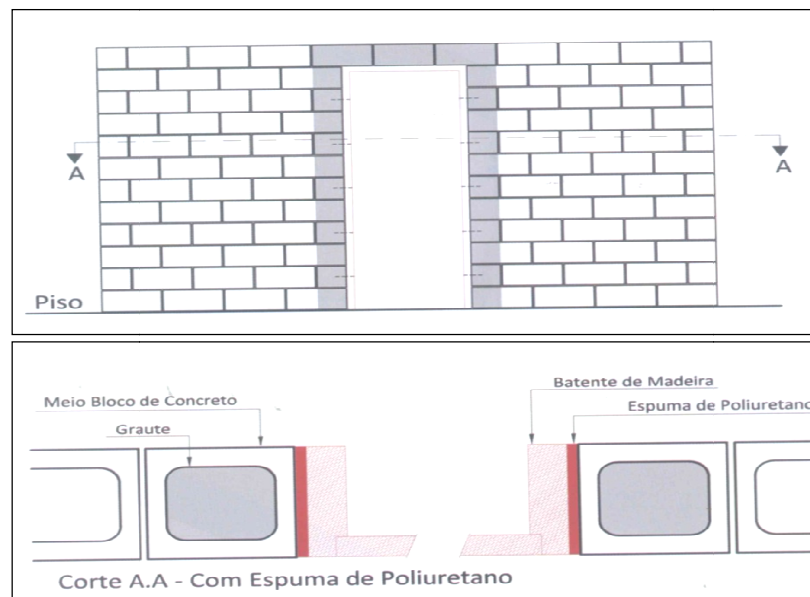


Figura 3.16: Fixação de batente  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

Conforme mencionado por Manzione (2004), as dimensões dos batentes não obedecem à modulação vertical, resultando em um espaço de aproximadamente 5 cm entre a face superior do batente e a alvenaria, sendo necessário um enchimento para preencher este vazio.

### **3.6.3.2 Janelas**

As soluções para janelas irão depender do tipo de esquadria a ser utilizada, de alumínio ou de ferro. As janelas de ferro são menos vantajosas, pois normalmente não são feitas sob encomenda, devendo a edificação se adaptar às diversas medidas disponíveis no mercado, além de a instalação ser realizada de forma muito mais rudimentar. Já as esquadrias em alumínio são feitas sob encomenda, o que evita quebras e adaptações nos vãos, o processo de instalação é muito mais simples, pois como muitas vezes não exigem a colocação de contramarcos, podem ser fixadas diretamente na estrutura com utilização de espuma de poliuretano. Em ambos os casos deve ser prevista a instalação de peitoris, que protegem a fachada e evitam a entrada de água através do caixilho.

### **3.6.3.3 Revestimentos**

Conforme Manzione (2004), quando a alvenaria estrutural é executada de forma adequada, com blocos de boa qualidade, mão de obra treinada e serviços constantemente fiscalizados, as paredes apresentam poucos desvios de prumo, o que contribui para um revestimento de menor espessura.

Nos revestimentos externos deve-se trabalhar com espessura entre 2 e 3 cm. Já para revestimentos internos é usual o revestimento em gesso liso aplicado diretamente sobre o bloco com espessuras em torno de 0,5 cm. Para áreas molhadas utiliza-se o emboço e posterior assentamento de revestimento cerâmico. A figura 3.17 mostra os diversos tipos de revestimentos aceitos pela alvenaria estrutural.

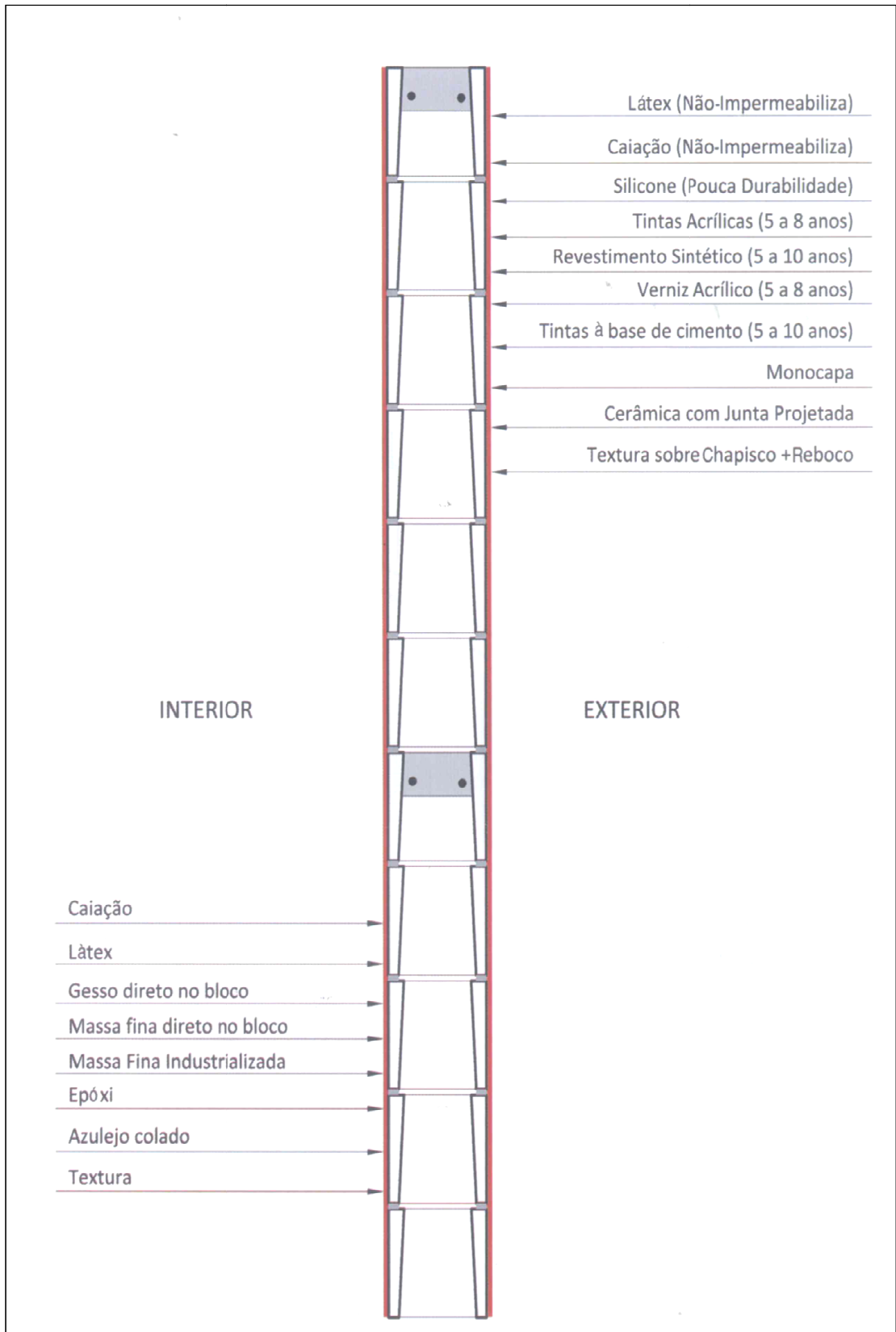


Figura 3.17: Tipos de revestimentos aceitos pela alvenaria estrutural  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

### 3.7 Técnicas de Execução

A alvenaria estrutural requer uma precisão bastante grande em sua execução, necessitando de ferramentas e equipamentos adequados. Para produção de alvenaria estrutural são utilizados pedreiros e serventes, carpinteiros e armadores não são necessários para a elevação das alvenarias, uma vez que não há pilares e vigas e as armaduras são colocadas nos vazios dos blocos ou canaletas pelo próprio pedreiro. Para uma boa execução de alvenaria estrutural é necessário orientar o pedreiro, mostrando ao mesmo todos os detalhes exigidos para que a parede seja bem executada. Nota-se no canteiro de obras que o operário quando bem instruído e pela repetição da atividade, aprende rapidamente os pontos importantes para uma boa execução.

A qualidade da mão-de-obra empregada na confecção da alvenaria tem grande influência na sua resistência final, conforme mostra a Tabela 3.1. Essa tabela dá uma ideia de como cada um desses fatores pode afetar a resistência final da alvenaria.

Tabela 3.1: Fatores relacionados à mão-de-obra que afetam a resistência da alvenaria

	<b>Redução na resistência</b>
Reentrância nas juntas	25%
Variação na espessura das juntas (16 mm)	25%
Desvio de prumo (12 mm)	15%
Juntas verticais não preenchidas	nenhuma

Fonte: Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural – NEPAE (2006)

Os principais fatores relacionados à mão-de-obra e que devem ser controlados durante a montagem da alvenaria são:

- a) Controle da argamassa: o traço da argamassa deve ser mantido o mesmo durante toda a construção, ou variar conforme especificação de projeto.
- b) Juntas: devem-se preencher completamente as juntas, evitando reentrâncias. A espessura deve ser mantida a mais uniforme possível.
- c) Assentamento: deve-se evitar a perturbação das unidades logo após o assentamento, o que poderá alterar as condições de aderência entre unidade e argamassa.
- d) Prumo da parede: paredes construídas com desaprumo ou não alinhadas em pavimentos consecutivos estão sujeitas às excentricidades adicionais de carregamento, introduzindo solicitações não previstas na fase de projeto.

As ferramentas e equipamentos necessários para execução de alvenaria estrutural são: colher de pedreiro, fio traçante, esticador de linha, broxa, esquadro, régua técnica prumo-nível, nível a laser, nível alemão, escantilhão, argamassadeira, andaime metálico, etc. (Figura 3.18: ferramenta e equipamentos para execução de alvenaria estrutural).

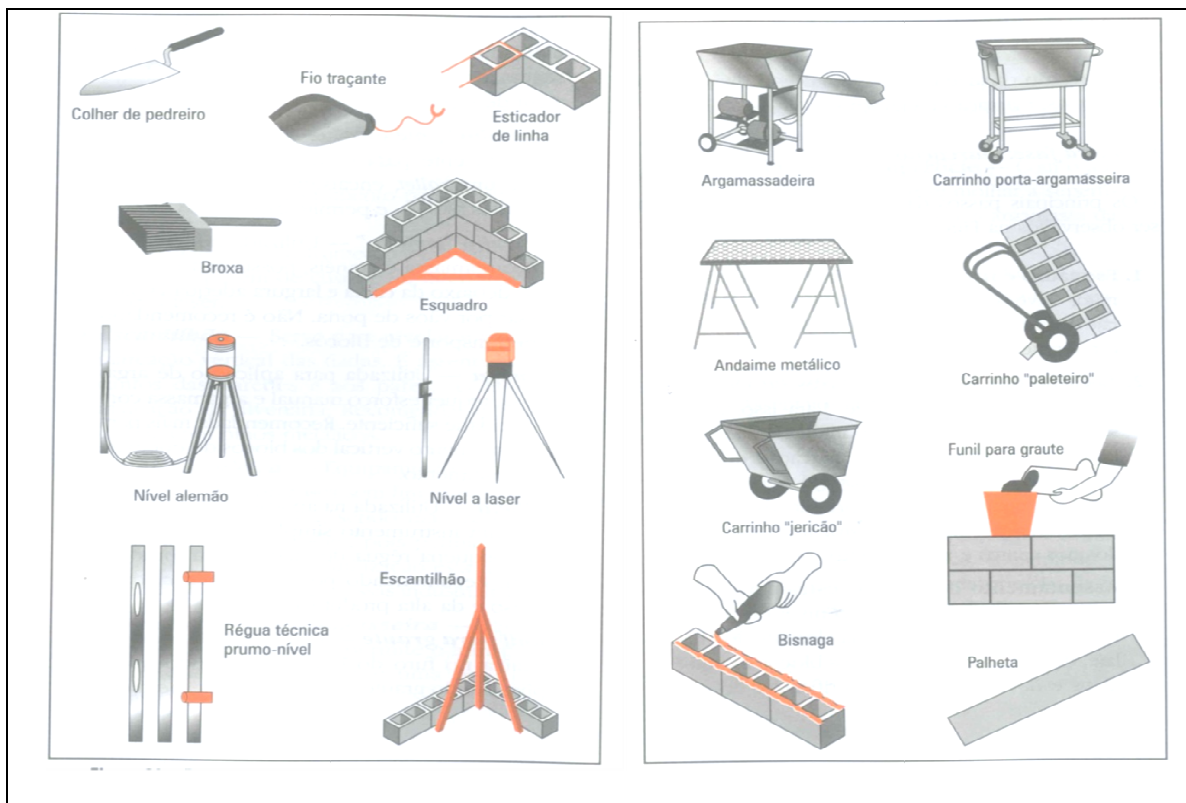


Figura 3.18: Ferramentas e equipamentos para execução de alvenaria estrutural  
 Fonte: Manzione (2004)

A execução da alvenaria estrutural está dividida em duas etapas: marcação e elevação.

### 3.7.1 Marcação

1- Esquadro e nível: com uso do nível alemão, encontra-se o ponto mais alto da laje e assenta-se um bloco que servirá de referência de nível.

2- Locação de eixos: com a utilização da linha de pedreiro são locados os eixos de acordo com o projeto (planta da primeira fiada), onde são locados os blocos de amarração dos cantos da edificação e nos encontros de paredes.

3- Assentamento dos blocos estratégicos: com o bloco de referência assentado e os eixos dos blocos estratégicos marcados na laje, procede-se ao assentamento dos blocos que em seguida devem ser conferidos quanto à perpendicularidade das amarrações.

Os passos de 1 a 3 são apresentados na figura 3.19.

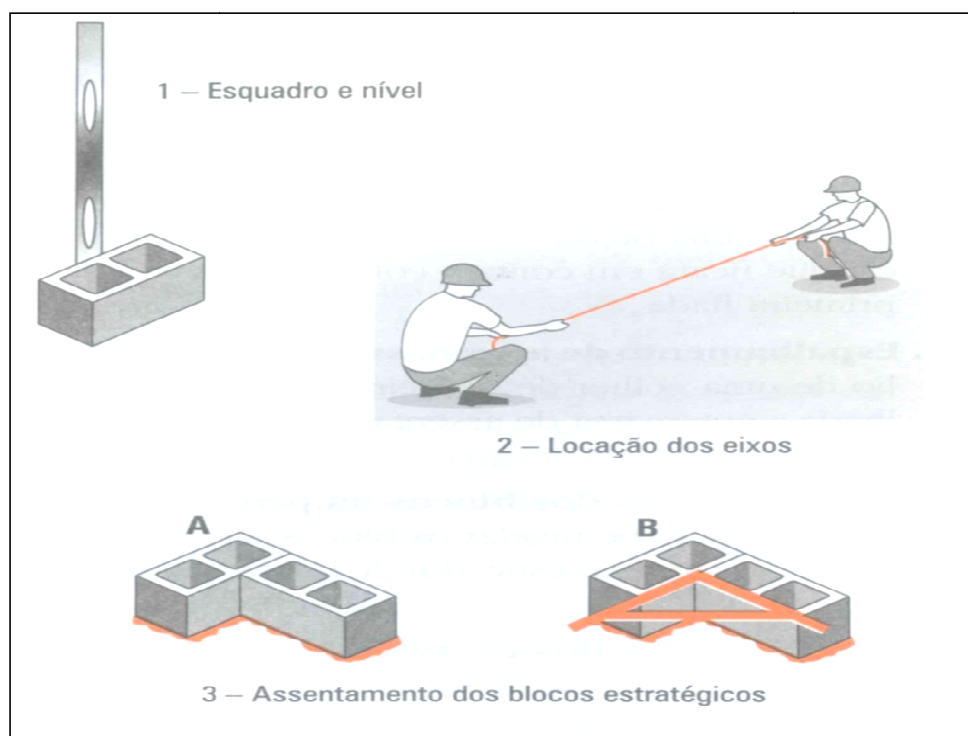


Figura 3.19: Passos 1 a 3 para execução de alvenaria estrutural  
Fonte: Manzione (2004)

4- Assentamento dos blocos da primeira fiada: com utilização da linha de pedreiro fixada na cabeça dos blocos estratégicos, regula-se o alinhamento e o nível dos blocos, o que possibilitará o assentamento da primeira fiada da parede. Os passos 4 a 6 mostrados na figura 3.20, 7 a 9 mostrados na figura 3.21 e os passos 10 e 11 mostrados na figura 3.22 ilustram bem todos os cuidados e procedimentos para o assentamento da primeira fiada.

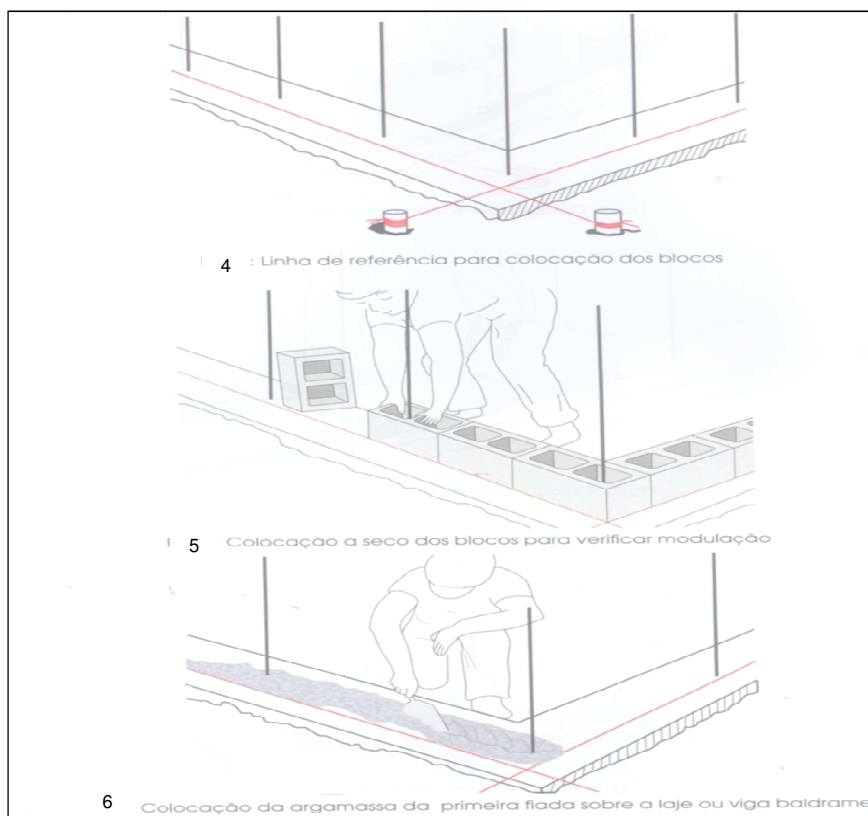


Figura 3.20: Passos 4 a 6 para execução de alvenaria estrutural  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

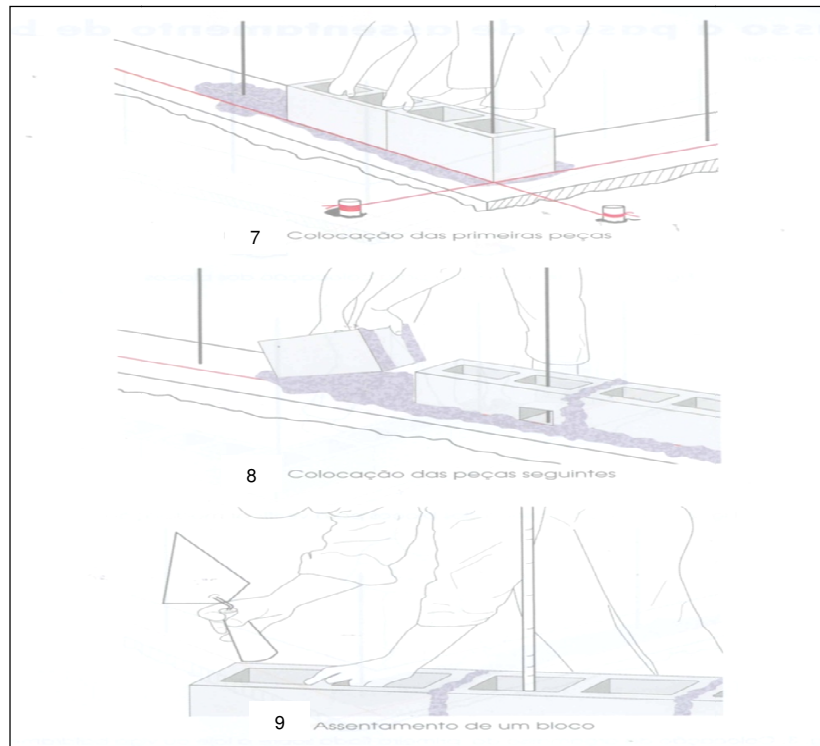


Figura 3.21: Passos 7 a 9 para execução de alvenaria estrutural  
Fonte: Tauli e Nese (2010)

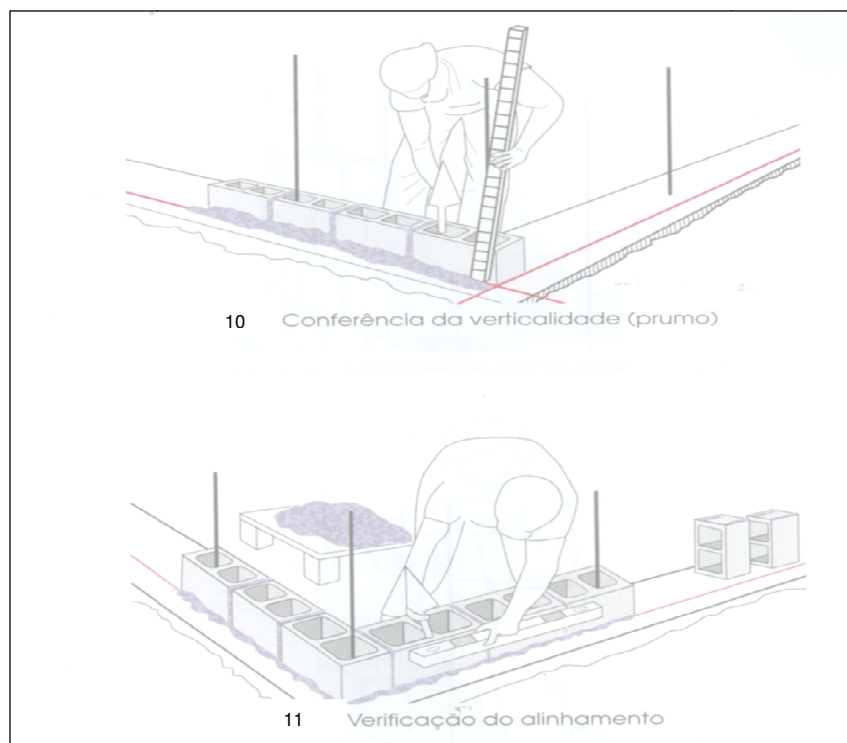


Figura 3.22: Passos 10 e 11 para execução de alvenaria estrutural  
Fonte: Tauli e Nese (2010)

Os principais pontos a serem conferidos na marcação são:

- a) Locação e conferência dos vãos para portas.
- b) Checagem dos pontos a serem grauteados e assentamento de blocos com aberturas para vazamento do graute (Figura 3.23: Bloco com abertura para inspeção e limpeza) e consequente verificação de que todo o interior do bloco foi preenchido.

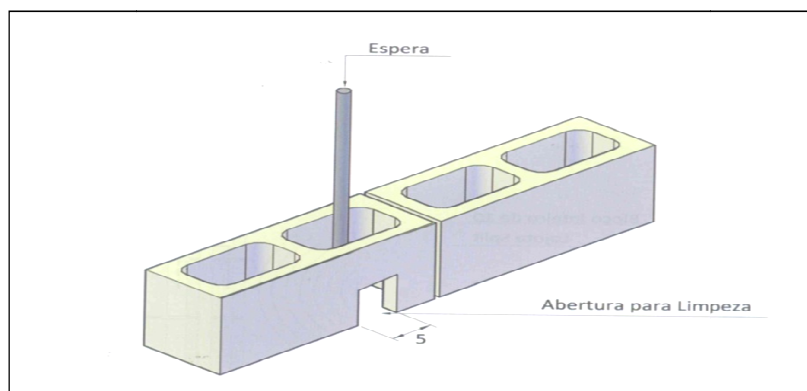


Figura 3.23: Bloco com abertura para inspeção e limpeza  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

- Posicionamento dos conduítes elétricos conforme apresentado na figura 3.24.

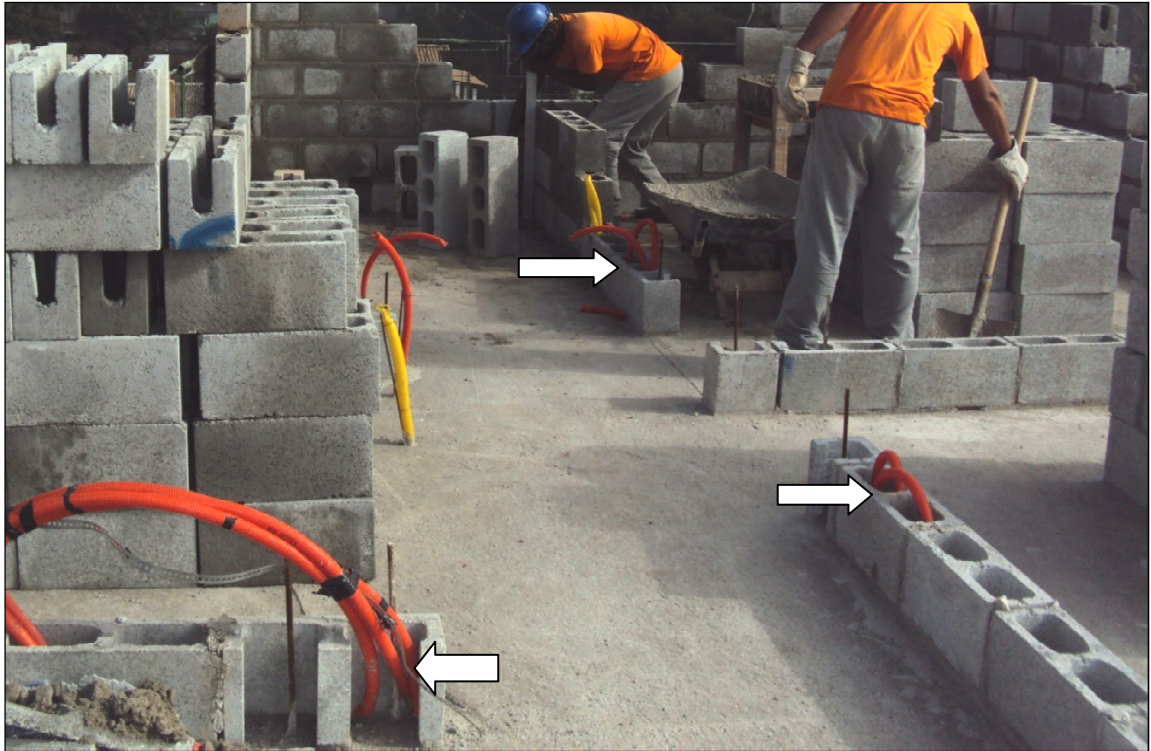


Figura 3.24: Posicionamento dos conduítes  
Fonte: Acervo do Autor

- Verificação geral das cotas.

### 3.7.2 Elevação

Já na segunda etapa, elevação, será construída a parede de alvenaria, sendo fundamental garantir o prumo, nível, alinhamento e planicidade, conforme mostrado nas figuras 3.25 e 3.26. A conferência destes itens deve ser constante durante o processo de execução de alvenaria e deve ser feita pelo próprio executor, porém é recomendada ainda a fiscalização por parte dos mestres de obras e afins.

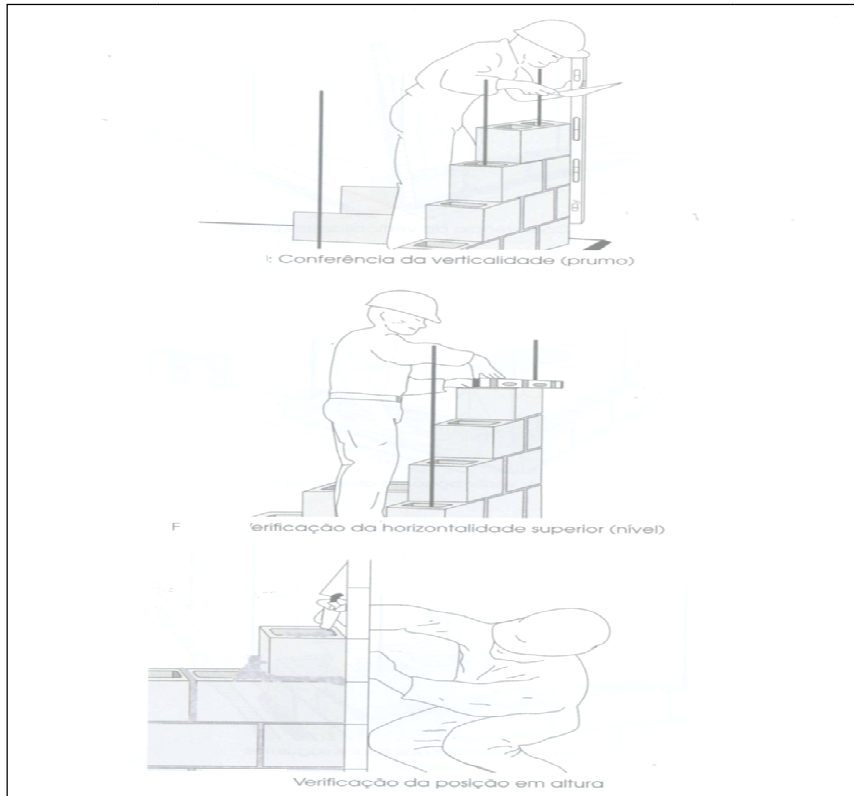


Figura 3.25: Conferência de prumo, nível e fiadas  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

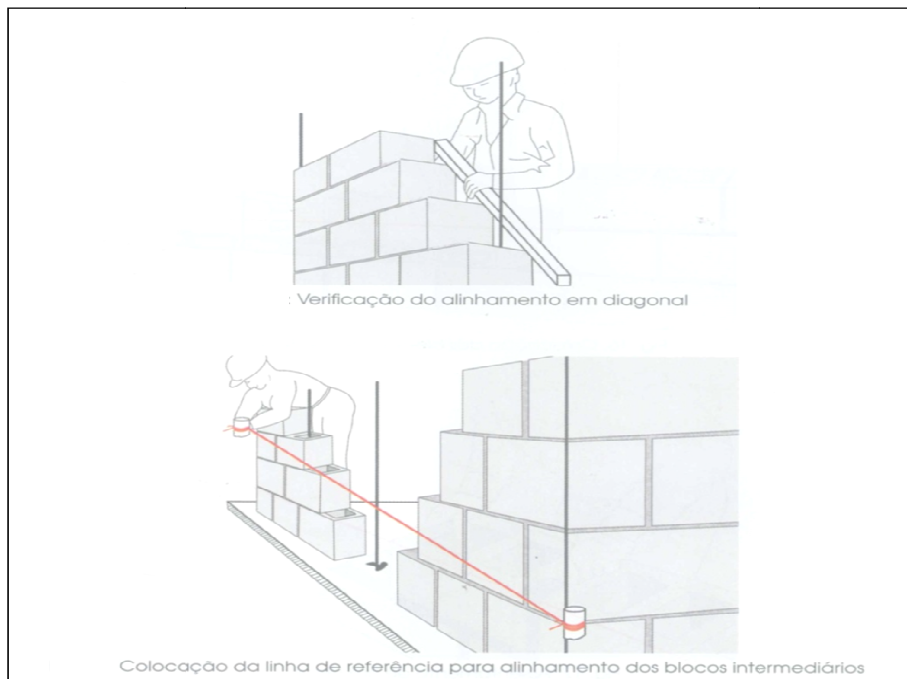


Figura 3.26: Conferência de diagonal e alinhamento para blocos  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

Sabbatini (2003) sugere algumas recomendações práticas:

- O assentamento não deve ser feito debaixo de chuva, pois a chuva “desfalca” a argamassa, prejudicando bastante a planicidade, nível e prumo da parede.
- Os blocos não devem ser molhados durante o assentamento, pois isso prejudica a aderência entre bloco e argamassa.
- Deve-se evitar o corte de blocos para ajuste de modulação, devem ser utilizados os blocos especiais que por sua vez deverão ser previstos em projeto.
- O respaldo (cintamento) deverá ser feito através da utilização de blocos canaletas, sendo perfeitamente niveladas e grauteadas antes da montagem da laje, conforme ilustra a figura 3.27.

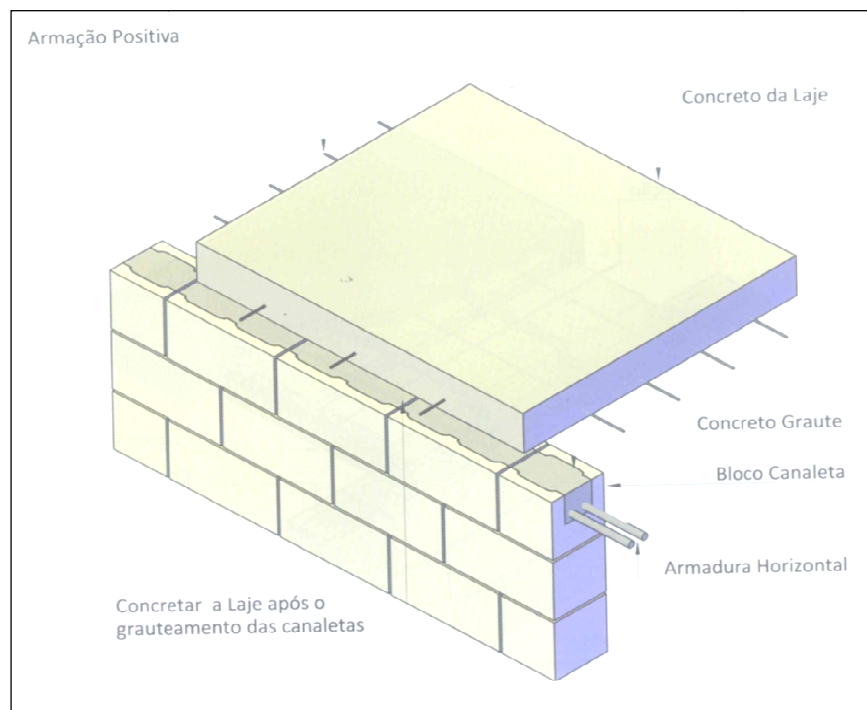


Figura 3.27: Cintamento com utilização de bloco canaleta  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

- A união entre paredes estruturais e não estruturais sempre que possível deve ser feita por amarração de blocos (Figura 3.28: União feita por amarração de blocos). Não é recomendado o uso de grampos (Figura 3.29: União feita através de grampos), pois além de criar uma etapa a mais na obra é de difícil fiscalização, podendo propiciar o aparecimento de patologias.

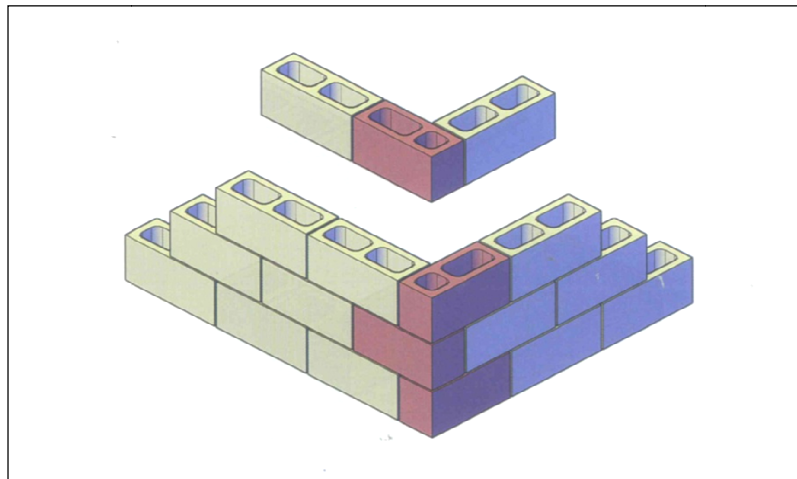


Figura 3.28: União feita por amarração de blocos  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

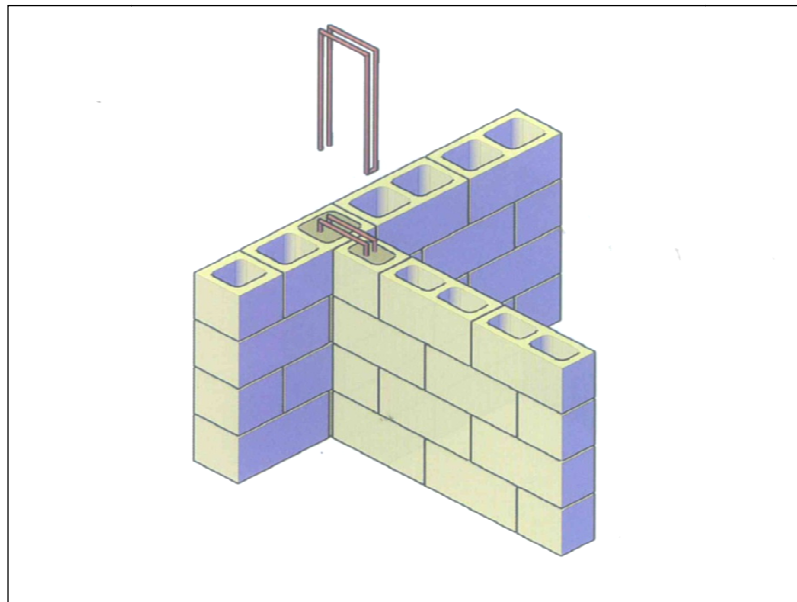


Figura 3.29: União feita através de grampos  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

Inicia-se a elevação de fora para dentro, ou seja, da parede externa em direção as paredes internas, conhecida como “castelo” (Figura 3.30: Técnica conhecida como “castelo”).

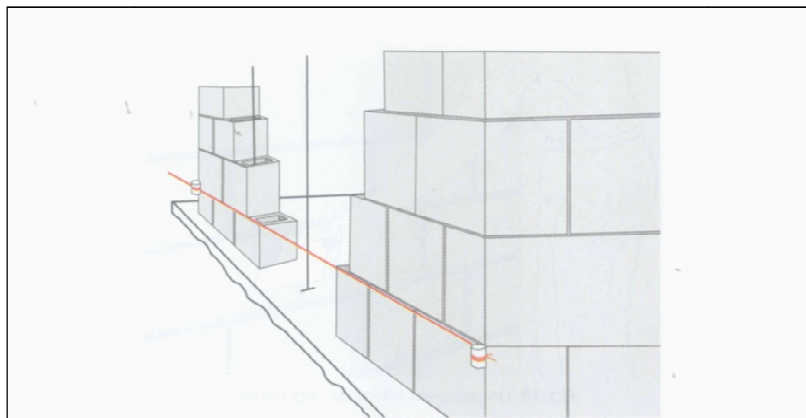


Figura 3.30: Técnica conhecida como “castelo”  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

Durante a elevação, são assentados os blocos “elétricos” e fixados os gabaritos (Figura 3.31: Utilização de gabaritos para vãos de portas) para marcação dos vãos de portas e janelas.



Figura 3.31: Utilização de gabaritos para vãos de portas  
Fonte: Acervo do Autor

O grauteamento ocorre em dois momentos, na altura da sétima fiada, para paredes externas, e na última fiada em todas as paredes estruturais, conforme mostrado na figura 3.32.

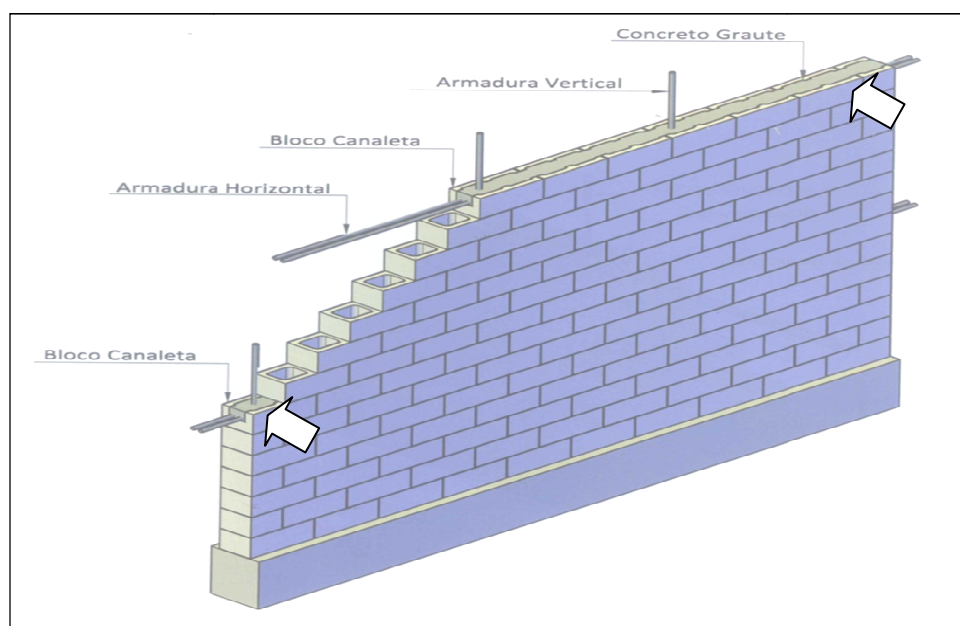


Figura 3.32: Grauteamento na sétima e última fiada  
Fonte: Tauil e Nese (2010)

Antes do grauteamento, deverá ser promovida a limpeza dos vazios dos blocos que receberão o graute, eliminando os excessos da argamassa de assentamento. Nestes locais devem ter sido assentados blocos com aberturas estratégicas que permitirão a retirada do material após a limpeza e a inspeção para garantir que o alvéolo do bloco foi completamente preenchido (Figura 3.33: Limpeza e inspeção locais a serem grauteados).

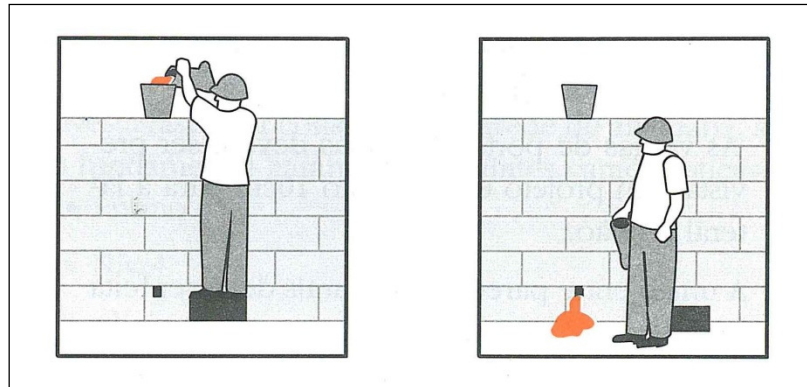


Figura 3.33: Limpeza e inspeção locais a serem grauteados  
Fonte: Manzione (2004)

Os gabaritos são usados para garantir a uniformidade dos vãos de portas e janelas durante o processo de elevação das paredes. Normalmente estes gabaritos são metálicos e feitos sob encomenda.

Já para o processo de aplicação da argamassa, é recomendado o uso de palhetas, isso permite o aumento da produtividade, uma vez que os cordões de argamassa aplicados ficam em torno de 80 cm.

Segundo Manzione (2004), o preenchimento com argamassa das paredes longitudinais e transversais dos blocos durante a fase do projeto deve ser decidido junto com o calculista, pois estudos recentes mostram que o não preenchimento das paredes transversais dos blocos resultam numa perda de resistência da parede de alvenaria estrutural em torno de 20%. Todavia se a perda de resistência for irrelevante é preferível evitar argamassa nas paredes transversais dos blocos, pois aumenta a produtividade e diminui o consumo de argamassa (Figura 3.34: Colocação de argamassa).

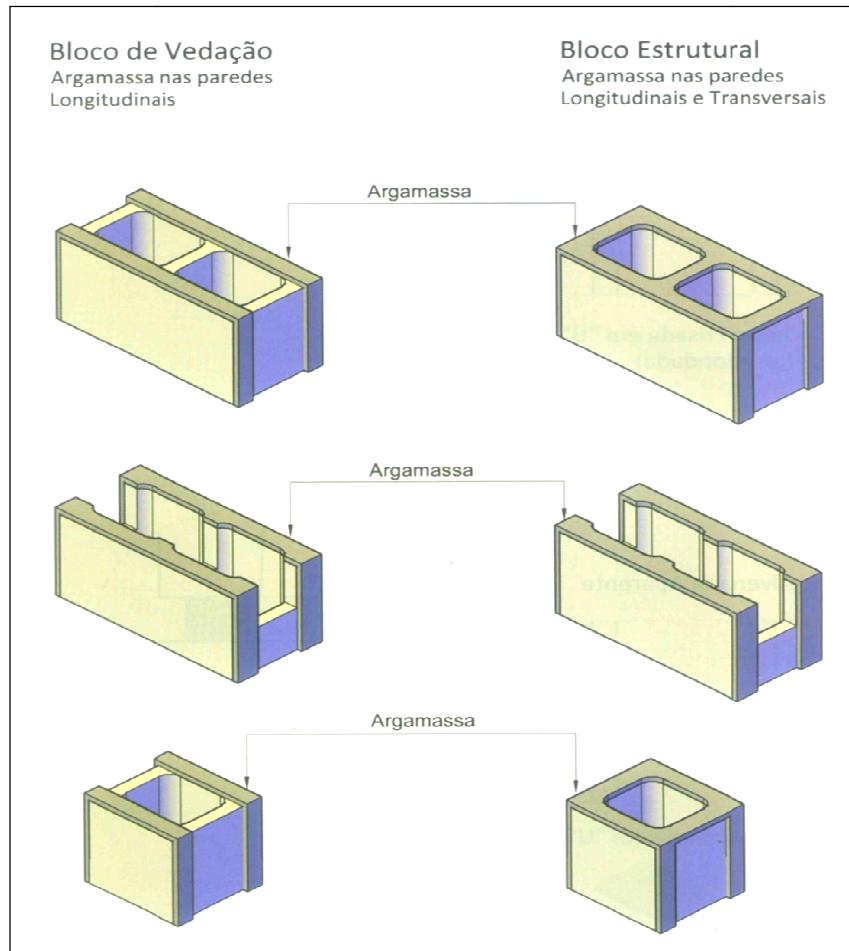


Figura 3.34: Colocação de argamassa  
 Fonte: Tautil e Nese (2010)

Sobre a espessura da junta horizontal entre os blocos, conforme norma NBR 15961-2:2011 deve ser de 1 cm. Ela não pode ser nem muito estreita, o que poderia provocar encontro das superfícies dos blocos, por falhas de execução, o que acabaria acarretando um acúmulo de tensões, prejudicando assim a resistência da parede. Também não pode ser espessa demais, pois diminui o confinamento da massa, sendo justamente este fator, confinamento, que torna a argamassa pouco suscetível à ruptura. Segundo Camacho (1995), a cada

aumento de 0,3 cm na espessura da argamassa ocorre redução de 15% na resistência da parede.

### **3.8 Controle de Execução**

Os controles do processo devem ser referentes ao recebimento de materiais e componentes, à aceitação de alvenaria e à produção de alvenaria estrutural, conforme orientações de Sabbatini (2003). Devem ser controlados através de ensaios específicos definidos por normas os seguintes componentes:

#### **Blocos**

Controle contínuo, onde de acordo com a NBR 6136:2007, devem ser ensaiadas amostras de 12 blocos, extraídos num lote de no máximo 10.000 blocos.

Os blocos devem ser ensaiados de acordo com a NBR 12.118:2013 para aferição dos requisitos exigidos na NBR 6136:2007, a saber:

- Análise dimensional: espessura mínima da parede do bloco de 25 mm.  
Tolerâncias de  $\pm 2$  mm para largura e  $\pm 3$  mm para altura e comprimento.
- Absorção.
- Área bruta.
- Área líquida.

- Resistência à compressão: coeficiente de variação da resistência à compressão será inferior a 15%.
- Retração por secagem:  $\leq 0,065\%$ .

**Concreto Estrutural:** Será feito conforme a NBR 6118:2007.

**Grautes:** Serão controlados através do ensaio de prisma cheio.

**Argamassa:** Será ensaiada pela NBR 7215:1996.

São controlados ainda os elementos da alvenaria estrutural, com ensaios também definidos por norma, os prismas ocos e cheios (Figura 3.35: Prisma oco e cheio), que permitirão a avaliação conjunta dos blocos, argamassas e grautes. Prismas são elementos que simulam o comportamento, em conjunto, dos componentes da parede estrutural. Normalmente são utilizados dois blocos unidos entre si por uma junta de argamassa, podendo ser ocos ou cheios (grauteados), destinados para ensaios de compressão axial, NBR 15961-2.

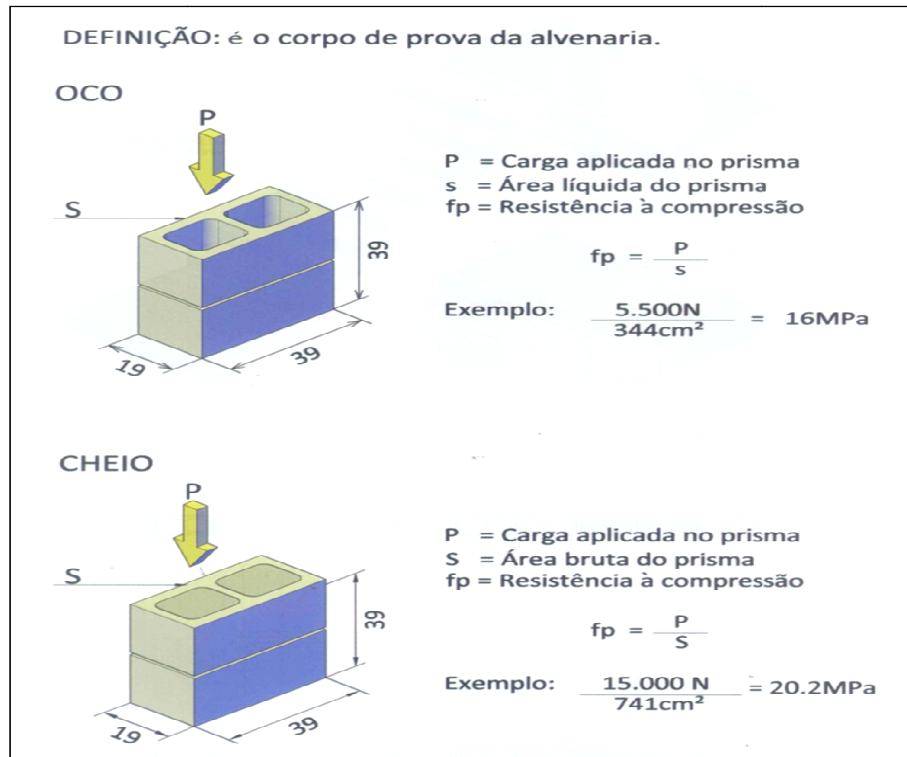


Figura 3.35: Prisma oco e cheio  
 Fonte: Tauil e Nese (2010)

Já a produção da alvenaria é controlada através de tolerâncias admitidas por norma (Tabela 3.2: Tolerância para produção de alvenaria estrutural), NBR 15961-2:2011.

Tabela 3.2: Tolerância para produção de alvenaria estrutural

	<b>FATOR</b>	<b>TOLERÂNCIA</b>
Junta horizontal	Espessura	+ - 3mm
	Nível	+ - 2mm/m + - 10mm no máximo
Junta vertical	Espessura	+ - 3mm
	Alinhamento vertical	+ - 2mm/m + - 10mm no máximo
Alinhamento da parede	Vertical	+ - 2mm/m + - 10mm no máximo por piso + - 25mm na altura total
	Horizontal	+ - 2mm/m + - 10mm no máximo
Nível Superior das paredes	Nivelamento da fiada de respaldo	+ - 10mm

Fonte: NBR 15961-2:2011

### 3.9 Patologias

Quando não observados os preceitos da boa execução, a parede em alvenaria estrutural fica bastante vulnerável ao aparecimento de patologias.

Segundo Manzione (2004), as principais patologias são:

- Cantos de aberturas (vãos): há um acúmulo de tensões nas quinas, se não forem executadas vergas e contravergas para combatê-las, surgirão trincas a 45°.
- Retração por secagem: ocorre em painéis de alvenaria muito longos, sendo recomendada a execução de juntas de controle, pré-definidas em projeto.

- Interface na transição: as deformações das estruturas de transição implicam que a alvenaria trabalhe pelo efeito de arco, resultando em fissuras se os esforços não forem calculados para tal.
- Fissuras por cargas concentradas: quando existem peças de concreto armado, como vigas apoiadas sobre as alvenarias, deve-se prever coxins de apoio para redistribuição de tensões.
- Fissuras por juntas a prumo: podem surgir fissuras sempre que ocorrerem juntas a prumo, estas juntas devem ser eliminadas em projeto, daí surge a importância da modulação e utilização dos blocos especiais. A elevação das paredes deve ser constantemente fiscalizada para que juntas a prumo não ocorram.
- Fissuras por grampeamento de alvenarias: são fissuras verticais que ocorrem nos encontros de paredes amarradas através de grampos. Embora muito utilizados não são recomendados.
- Fissuras na interface alvenaria e borda de laje: esta fissura surge pela ausência de tratamento adequado desta região, que deverá ser revestida com aplicação de tela galvanizada, em especial no primeiro e último pavimentos. Recomenda-se ainda a execução de junta horizontal para indução da trinca.

#### **4. ANÁLISE CRÍTICA DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Após a pesquisa das literaturas sobre o tema, nota-se que há algumas discrepâncias entre as recomendações e o estado da arte na região de Belo Horizonte. Seguem abaixo algumas observações, sugestões e analogias entre o escrito e a prática:

- Modulação: é citado na revisão bibliográfica que se deve evitar o uso de blocos especiais, amarrações com junta a prumo e grampos. Porém, para que isso aconteça, faz-se necessário ter em mente de que a edificação será em alvenaria estrutural já na concepção do projeto arquitetônico, o mesmo deve ser confeccionado levando-se em consideração as medidas modulares, e seus múltiplos, dos blocos disponíveis no mercado. As construtoras no intuito de melhor aproveitamento da taxa de ocupação do terreno nem sempre podem respeitar as medidas ideais definidas pela correta modulação, daí surgem projetos com intenso uso de blocos especiais e amarrações não recomendadas.

- Subsistemas: são os itens que mais apresentam interferências com as estruturas. Recomenda-se que o caminhamento de todas as tubulações seja previsto em projeto. Porém a compatibilização de projetos não é uma prática recorrente. Projeto arquitetônico, estrutural e de instalações são feitos por profissionais distintos, muitas vezes inexistindo a figura do compatibilizador. Essa prática acarreta várias improvisações na obra, gerando retrabalhos e custos

adicionais desnecessários. Improvisações geram também grandes riscos que podem prejudicar a integridade da estrutura, uma vez que a alvenaria estrutural não permite rasgos de forma indiscriminada nas paredes.

- Instalação de caixas elétricas: é citado que pode ocorrer de duas formas, seja por centrais de chumbamento das caixas, seja chumbados *in loco* após elevação das paredes. O inconveniente das caixas chumbadas em centrais é que geram um item a mais para execução e controle. Tal procedimento, na ausência de uma logística adequada, pode acarretar de a parede ser erguida sem a colocação do bloco já com a caixa chumbada no lugar incorreto ou até mesmo ficar sem a caixa. O corte feito com serra mármore no local, além de gerar entulho torna ruim seu assentamento até mesmo pela ergonomia do operário, podendo as caixas ficarem fora de esquadro e prumo. O que está sendo praticado atualmente é a utilização de equipamento rotativo (serra copo) para posterior colocação de caixa redonda apropriada que é encaixada na alvenaria, dispensando o uso de argamassa para fixação. Durante a elevação, o eletricista marca o local da parede por onde passa o conduíte. Com a utilização do serra copo procede-se à perfuração da parede (furos de 4" para caixas 4"x2" e furos de 5" para caixas 4"x4"), este procedimento não gera entulho, sendo de fácil limpeza após executado. No furo feito na parede, encaixa-se a caixa que é fixada à parede por meio de parafusos, sem correr o risco de ficar fora de prumo ou desalinhada, conforme apresentado na figura 4.1. Toda esta operação é feita em menos de 4 minutos.



Figura 4.1: Instalação de Caixas Elétricas  
Fonte: Acervo do Autor

- Sobre o processo de grauteamento, uma atividade que é essencial e primordial, mas não é citada na literatura, é a molhação dos alvéolos dos blocos antes do grauteamento (Figura 4.2: Molhação antes do grauteamento). Esta atividade visa não deixar o graute perder água para o bloco, o que diminuiria a resistência do graute.



Figura 4.2: Molhação antes do grauteamento  
Fonte: Acervo do Autor

- Sobre o ensaio dos prismas ocos e cheios, principalmente os ocos, há um inconveniente, pois a forma de execução do prisma não é bem definida pela norma. A forma de transportar até o laboratório e a forma como cada laboratório faz o capeamento antes do rompimento causa grandes distorções de resultados entre laboratórios. Recomenda-se a consultoria de profissional independente (sem vínculos com laboratórios) para acompanhamento do controle tecnológico.

- Foi criada uma cartilha reunindo os principais cuidados ao se construir edificações em alvenaria estrutural, em uma linguagem acessível e de fácil

entendimento, de forma que os profissionais envolvidos na construção tenham acesso à informação de maneira prática (Anexo).

## 5. CONCLUSÃO

Nota-se que uma boa execução depende de uma série de fatores, desde a concepção de projetos até às etapas da construção propriamente ditas.

Os detalhes construtivos muitas vezes são negligenciados pela falta de informação e ou conhecimento, gerando diversas patologias, retrabalhos e desperdícios, fatores indesejados em toda e qualquer obra.

Torna-se fator primordial que a mão de obra seja treinada e consciente da responsabilidade envolvida na execução da alvenaria.

Outro fator fundamental é a constante fiscalização por partes dos mestres, encarregados, estagiários, auxiliares de engenharia e engenheiros.

Unindo-se estes dois fatores serão obtidas obras muito melhores executadas, onde a engenharia possa ser exercida em sua plenitude técnica e consequente responsabilidade civil sobre os serviços executados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Alvenaria estrutural – Blocos de Concreto**: Parte 2: Execução e controle de obras. NBR 15961-2, Rio de Janeiro, 2011. 35 p.

\_\_\_\_\_. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria**: Requisitos. NBR 6136, Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

\_\_\_\_\_. **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria**: Métodos de ensaio. NBR 12118, Rio de Janeiro, 2013. 14 p.

\_\_\_\_\_. **Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão**. NBR 7215, Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

\_\_\_\_\_. **Projeto de estruturas de concreto**: Procedimento. NBR 6118, Rio de Janeiro, 2007. 221 p.

ARAÚJO, F. A. **Metodologia para Avaliação da Resistência de Aderência ao Cisalhamento de Prismas para Alvenaria Estrutural**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.

CAMACHO, J. S. **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica.** Tese (Doutorado). São Paulo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1995. 157 p.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural.** São Paulo: O Nome da Rosa Editora, 2004. 116 p.

NÚCLEO DE ENSINO E PESQUISA DA ALVENARIA ESTRUTURAL. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** Ilha Solteira, 2006. 48 p.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Editora Pini, 2003. 174 p.

SABBATINI, F. H. **Alvenaria Estrutural – Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico – Requisitos e critérios mínimos a serem atendidos para solicitação de financiamento de edificações em alvenaria estrutural junto à Caixa Econômica Federal.** Brasília/DF: Caixa Econômica Federal/DIDUP, mar 2003.

TAKEOKA, T.; PESSARELLO, R. G. **Alvenaria estrutural x concreto armado e blocos cerâmicos.** Revista *Construção Mercado*. São Paulo: Pini, n. 26, PP.28-29, set 2003.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora Pini,  
2010. 183 p.

## 7. ANEXO