



FACULDADE DE CIÊNCIAS GERENCIAIS DE MANHUAÇU

SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Quésia Klem Horsts de Oliveira

Manhuaçu

2016

QUÉSIA KLEM HORSTS DE OLIVEIRA

SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientador (a): Tauana de Oliveira Batista

Manhuaçu

2016

QUÉSIA KLEM HORSTS DE OLIVEIRA

SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Gerenciais de Manhuaçu, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Civil

Orientador (a): Tauana de Oliveira Batista

Banca Examinadora

Data de Aprovação:

Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural

Mestre Tauana de Oliveira Batista; COPPE UFRJ.

Professor Carlos Henrique de Carvalho, UFJF

Mestre Melanie Leon, COPPE UFRJ

Manhuaçu

2016

SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Autora: Quésia Klem Horsts de Oliveira

Orientadora: Tauana de Oliveira Batista

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Engenharia Civil

Resumo: O presente artigo discorre sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural, que é um sistema que dispensa os elementos estruturais pilares e vigas, nesse sistema as paredes ultrapassam a função de vedação e recebem também a função estrutural suportando as cargas da estrutura e transmitindo para as fundações. O estudo objetiva avaliar o sistema construtivo citado bem como apresentar as características, componentes e processo de execução. Para esse fim foi realizado um estudo de caso em duas obras na cidade de Manhuaçu – MG que foram executadas em alvenaria estrutural e realizando uma discussão das mesmas com a bibliografia disponível sobre o assunto. Ao final, percebe-se que apesar de apresentar diversas vantagens o sistema ainda é pouco utilizado na região estudada, por consequência das limitações do projeto arquitetônico e escassez de mão de obra. Ao final do trabalho ressalta-se as vantagens e desvantagens do sistema e a viabilidade do mesmo para determinados padrões de obra.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Sistema Construtivo. Viabilidade. Paredes Portantes. Bloco Estrutural.

1. Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	DESENVOLVIMENTO.....	1
2.1	Referencial Teórico	1
2.1.1.	Alvenaria Estrutural.....	1
2.1.2.	Sistema Construtivo	2
2.1.3.	Unidades E Componentes De Alvenaria.....	3
2.1.4.	Paredes De Alvenaria	8
2.1.5.	Projetos	8
2.1.6.	Amarração	10
2.1.7.	Modulação.....	11
2.1.8.	Equipamentos	12
2.1.9.	Passo A Passo Da Execução	14
2.2	Metodologia	17
2.3	Discussão de Resultados	17
3.	CONCLUSÃO	19
4.	REFERÊNCIAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural consiste em um sistema construtivo cuja resistência está diretamente ligada as unidades de alvenaria argamassadas (constituídas por blocos cerâmicos, blocos de concreto, tijolos cerâmicos maciços ou blocos Sílico-calcáreo). Nesse sistema as funções das paredes vão além da vedação, abrangendo também a função estrutural.

Desde a antiguidade a alvenaria estrutural tem sido utilizada na construção civil, incluindo construções históricas mundialmente famosas como a muralha da China, o *Parthenon*, na Grécia e parte superior da Igreja de *Notre Dame* em Paris. Inicialmente eram utilizados blocos de rochas, por serem facilmente encontrados na natureza. As construções eram calculadas empiricamente, portanto as seções eram demasiadamente grandes a fim de garantir a segurança e estabilidade das estruturas.

Com o passar do tempo, novas tecnologias e métodos foram surgindo possibilitando um cálculo mais preciso para estruturas em alvenaria estrutural. Os projetos são mais concisos e detalhados e pode-se contar com diversos materiais para facilitar e agilizar o processo de construção.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas dispõe de normas relativas a alvenaria estrutural com especificações das propriedades dos blocos e demais constituintes do sistema o que resulta em uma padronização melhor da estrutura.

O presente estudo objetiva dissertar sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural percorrendo sobre os componentes, materiais, mão de obra e método de execução.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial Teórico

2.1.1. Alvenaria Estrutural

A alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que a obra é constituída por paredes portantes compostas por unidades de alvenaria ligadas com argamassa que além de seu peso próprio resistem a outras cargas. O dimensionamento deste tipo de estrutura é obtido através de cálculos racionais e o canteiro de obra deve, o quanto possível, funcionar como uma linha de montagem (SONDA, 2007)

“A alvenaria pode ser definida como um componente constituído por blocos ou tijolos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso. Além das funções de alvenaria de vedação – conforto térmico e acústico, estanqueidade, resistência ao fogo, durabilidade -, a alvenaria estrutural tem a função de absorver e transmitir ao solo, ou à estrutura de transição, todos os esforços a que o edifício possa ser submetido” (PARSEKIAN e SOARES, 2010)

Segundo Kalil (2009) a alvenaria estrutural consiste em um sistema construtivo monolítico que utiliza peças industrializadas ligadas por argamassa. As peças podem ter dimensões e peso diferentes desde que sejam manuseáveis.

As alvenarias são elemento “portantes” das cargas até a fundação. Não existem pilares ou vigas convencionais. (JUNIOR, 2013).

No entanto Júnior (2013) ainda ressalta que Em um edifício em Alvenaria Estrutural nem todas as paredes são portantes.

Para Franco (2004), a alvenaria estrutural apresenta vantagens como técnica executiva simplificada, facilidade de treinamento de mão de obra e menor diversidade de materiais e mão de obra, facilidade de controle, Eliminação de interferências e facilidade de interação com os outros subsistemas, Excelente Flexibilidade e Versatilidade, Flexibilidade no planejamento de execução das obras, Facilidade de organização do Processo de Produção e Possibilidade de diferentes níveis de mecanização. Franco (2004) ressalta ainda que o sistema apresenta a desvantagem de não permitir improvisos e restringir a possibilidade de mudança.

2.1.1.1. Alvenaria Estrutural Não Armada

A alvenaria estrutural não armada é composta por paredes de alvenaria sem armação que funcionam com estrutura-suporte. Tendo reforço metálico apenas em cintas, vergas, contravergas, amarração entre paredes e nas juntas horizontais para evitar fissuras.

Na alvenaria estrutural não armada à análise estrutural não deve acusar esforços de tração. (KALIL, 2009)

2.1.1.2. Alvenaria Estrutural Armada

Nesse processo os tijolos possuem armadura de aço que são colocadas nas cavidades dos blocos e posteriormente, preenchidas com graute.

Pode ser usado em edificações maiores, superando 20 pavimentos

Kalil (2009) afirma que são normalmente executados com blocos vazados de concreto ou cerâmicos, sendo a execução e o projeto regidos pelas normas correspondentes.

Alvenaria reforçada por uma armadura passiva de fios, barras ou telas de aço, dimensionadas racionalmente para resistir a esforços atuantes. (FRANCO, 2004)

2.1.2. Sistema Construtivo

Segundo Camacho (2001) o sistema construtivo envolve um conjunto de elementos e componentes interligados e relacionados que integram um processo construtivo de elevado nível de industrialização e de organização.

Dentre os sistemas, existe o convencional, mais usado em residências uni familiares de médio e alto padrão que consiste em vigas e pilares de concreto armado, alvenarias de vedação com blocos de concreto ou cerâmico sem função estrutural, a construção pré-fabricada em concreto armado ou estrutura metálica, que é bem usado em galpões, indústrias etc. O sistema consiste em fabricar os elementos estruturais (vigas, pilares, lajes, etc.) na empresa fabricante com toda sua tecnologia e transportar os elementos para a obra, montando-a também com tecnologia e prática, geralmente com vãos e alturas consideráveis. A alvenaria estrutural é muito utilizada em construções verticais com pavimentos tipo e repetições de layout, pois a alvenaria é a peça fundamental. Ao mesmo tempo em que é um elemento de vedação é o elemento estrutural do prédio, assim sendo o prédio que tem seus pavimentos tipo é um item muito favorável para a estabilidade da estrutura, aplicando, assim, sua carga sempre verticalmente em um ponto em comum. (PASTRO, 2007)

2.1.3. Unidades E Componentes De Alvenaria

2.1.3.1. Componente ou unidade

É a menor parte que constitui um elemento da estrutura, incluindo Bloco, Junta de argamassa e Graute

2.1.3.2. Bloco Estrutural

As unidades de alvenaria (blocos e tijolos) são componentes industrializados, modulados e em forma de paralelepípedos, para a composição da alvenaria estrutural ou de vedação. Podem apresentar diferentes dimensões ou formas (as unidades especiais), compatíveis com a modulação adotada, e serem confeccionados em vários materiais: concreto, cerâmica, sílico-calcário e concreto celular auto clavado. (CARVALHO, 2007)

2.1.3.3. Bloco de Concreto:

A norma brasileira NBR 6136: 2014 – Bloco Vazado de concreto simples para Alvenaria Estrutural – especifica os blocos de concreto para alvenaria estrutural

No tocante às dimensões nominais a norma classifica conforme a tabela abaixo:

Tabela 1 – Dimensões dos Nominiais dos Blocos Simples de Concreto para Alvenaria Estrutural

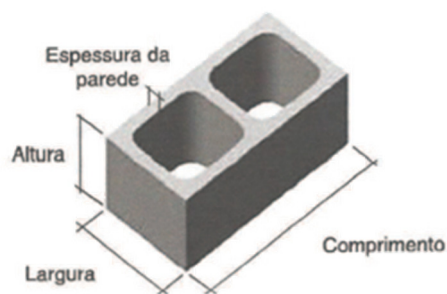
Família		20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	7,5x40	
Medida Nominal mm	Largura		190	140		115			90		65
	Altura		190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração “L”	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração “T”	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
Meia Canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-		
NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de 2,0 mm para a largura e 3,0 mm para a altura e para o comprimento											
NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873											
NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto											

Fonte: Transcrição da Tabela 1 da ANT NBR 6136: 2014

a) Bloco vazado de concreto simples

Componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

FIGURA 1 – Bloco Vazado De Concreto Simples

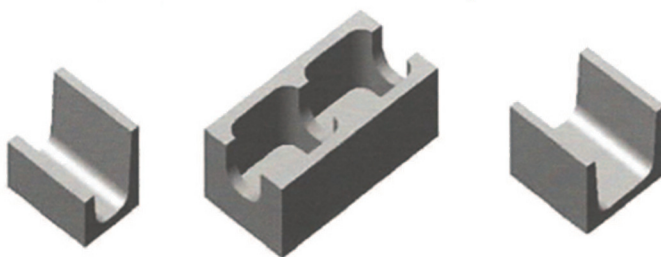


Fonte: Figura 1 - ABNT NBR 6136: 2014

b) Blocos tipo canaleta

A NBR 6136 define como componentes de alvenaria vazados ou não, com conformação geométrica, criados para racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas.

FIGURA 2 – Blocos tipo canaleta

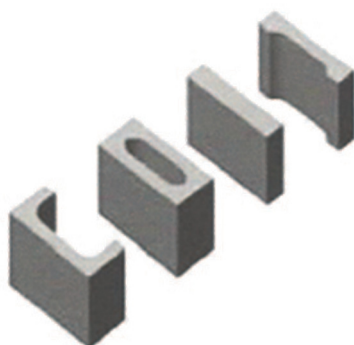


Fonte: Figura 2 - ANT NBR 6136:2014

c) Bloco Compensador

A ABNT NBR 6136:2014 define como Componente de alvenaria destinado para ajuste de modulação.

FIGURA 3 – Bloco Compensador



Fonte: Figura 3 - ABNT NBR 6136:2014

2.1.3.4. Blocos Cerâmicos

A NBR 15270-2 “Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos” dispõe as dimensões nominais recomendadas, que são mostradas na tabela abaixo:

TABELA 2 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.

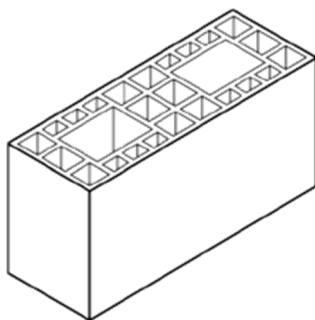
Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação (cm)					
Módulo dimensional M=10cm	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco Principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4)M x (5/4)M x (5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (5/2)M		19	24	11,5	-	36,5
(5/4)M x (2)M x (3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)M x (2)M x (4)M			39	19	31,5	51,5
(3/2)M x (2)M x (3)M	14	19	29	14	-	44
(3/2)M x (2)M x (4)M			39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19	-	59
Bloco L – bloco para amarração em paredes em L. Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.						

Fonte: ABNT NBR 15270-2

A NBR 15270-2 traz as seguintes definições

- a) Bloco Cerâmico Estrutural
Componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm.
- b) Bloco Cerâmico Estrutural de Paredes Vazadas
Componente da alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme representado esquematicamente na figura 2.3.

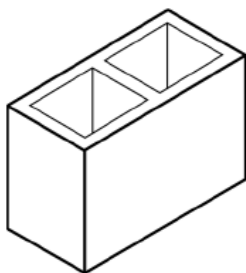
FIGURA 4 – Bloco Cerâmico Estrutural de Paredes Vazadas



Fonte: ABNT NBR 15270-2: 2005

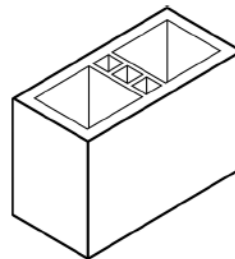
- a) Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças
Componente da alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida, conforme representado esquematicamente nas figuras 2.4 e 2.5.

FIGURA 5 - Bloco Cerâmico Estrutural com Verdes Maciças (Com paredes internas maciças)



Fonte: ABNT NBR 15270-2: 2005

FIGURA 6 - Bloco Cerâmico Estrutural com Paredes Maciças (com paredes internas vazadas)

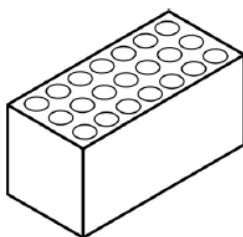


Fonte: ABNT NBR 15270-2: 2005

b) Bloco Cerâmico estrutural perfurado

Componente da alvenaria estrutural cujos vazados são distribuídos em toda a sua face de assentamento, empregado na alvenaria estrutural não armada, conforme representado esquematicamente na figura 2.5.

FIGURA 7 - Bloco Cerâmico Estrutural perfurado



Fonte: ABNT NBR 15270-2: 2005

2.1.3.5. Junta de Argamassa

A NBR 15961-1(2011) define como o componente utilizado na ligação dos blocos

2.1.3.6. Graute

Também definido pela NBR 15961-1 que diz que é o componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade existente.

Segundo Parsekian e Soares (2010) o graute é uma espécie de concreto ou argamassa com agregados finos e com alta plasticidade. Eles são usados para preencher os vazios nos blocos.

Parsekian e Soares (2010) ressaltam ainda que as funções do Graute são:

- Aumentar a resistência em pontos localizados (verga, contra verga, coxim)
- Aumentar a resistência a compressão de uma parede
- Unir eventuais armaduras às paredes

2.1.3.7. Pilar

A NBR 8798 (1985) apresenta a seguinte definição: Componente estrutural vertical em que a maior dimensão de sua seção transversal utilizada no cálculo do

esforço resistente é menor do que 1/5 de sua altura. No caso das figuras compostas de retângulos (em L, em T, em Z, etc.), a limitação prevalece para cada ramo distinto.

2.1.3.8. Cinta

Componente estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes ou vergas das aberturas, com a finalidade de transmitir cargas uniformes à parede que lhe dá apoio ou ainda servir de travamento e amarração. (NBR 8798: 1985)

2.1.3.9. Coxim

Componente estrutural não contínuo apoiado na parede, possuindo relação de comprimento para altura menor ou igual a 3, com a finalidade de distribuir cargas concentradas à parede que lhe dá apoio. (NBR 8798: 1985)

2.1.3.10. Verga

Componente estrutural colocado sobre ou sob os vãos e aberturas das paredes com a finalidade de transmitir esforços verticais aos trechos de parede adjacentes às aberturas.

2.1.3.11. Enrijecedor

Componente estrutural, horizontal ou vertical, vinculado a uma parede portante, com a finalidade de obter enrijecimento na direção perpendicular à parede. O enrijecedor pode ser embutido total ou parcialmente na parede, podendo, quando vertical, absorver cargas segundo seu eixo.

2.1.3.12. Diafragma

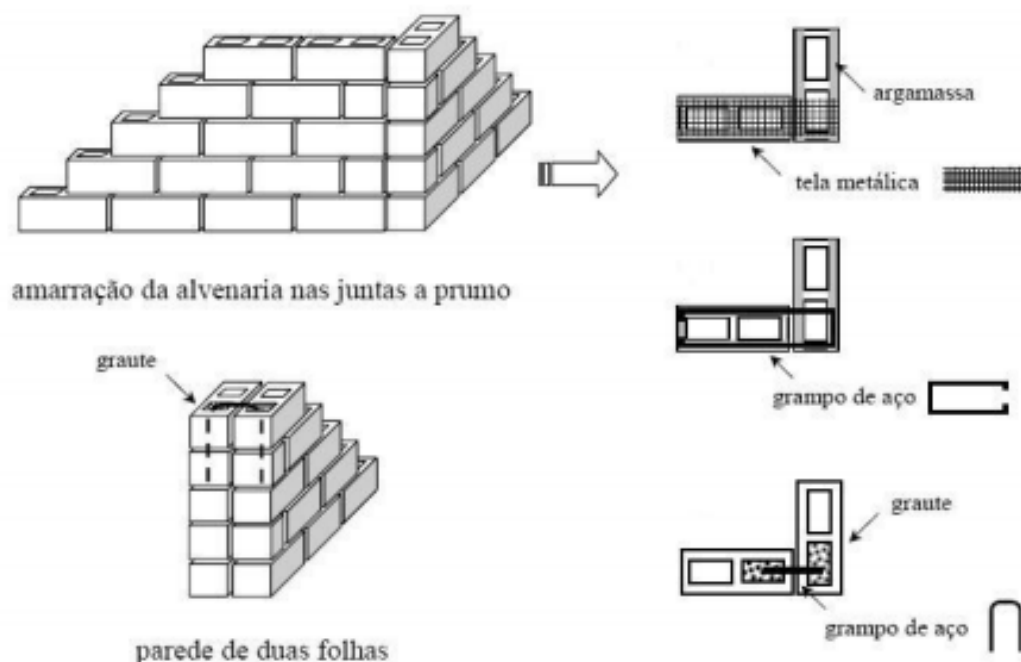
Componente estrutural laminar trabalhando como chapa em seu plano e que, quando horizontal e convenientemente ligada às paredes portantes, tem a finalidade de transmitir esforços de seu plano médio às paredes. Admite-se que as lajes maciças ou lajes painéis (devidamente solidarizadas entre si) têm o funcionamento de diafragmas rígidos, enquanto as lajes nervuradas mistas, quando analisadas perpendicularmente à direção de suas nervuras, têm o funcionamento de diafragmas semirrígidos, necessitando de reforços complementares de forma a objetivar a efetiva transmissão dos esforços às paredes.

2.1.3.13. Tela Metálica e Grampo

Em algumas situações de projeto ou mesmo de alteração do próprio projeto, não se consegue ter amarração na alvenaria com a modulação e suas medidas múltiplas perfeitas. Há ocasiões, também, onde se precisa unir alvenaria de vedação com alvenaria estrutural. Nestes casos, usa-se a tela metálica ou grampo. (PASTRO, 2007)

Ainda segundo Pastro (2007) , nesses casos fica descartada o aproveitamento do efeito de uniformização de distribuição de cargas verticais ou horizontais, usando a tela ou o grampo como união de alvenarias

FIGURA 8 – Tela Metálica e Grampo



Fonte: Pastro (2007). Página 27

2.1.4. Paredes De Alvenaria

2.1.4.1. Paredes Não Estrutural

Toda parede não admitida no projeto como suporte de outras cargas, além do seu peso próprio (NBR 8798, 1985). Kalil (2009) define parede de vedação como aquelas que resistem apenas ao seu próprio peso, e tem como função separar ambientes ou o fechamento externo. Não tem responsabilidade estrutural.

2.1.4.2. Paredes Estruturais

Toda parede admitida no projeto como suporte de outras cargas, além do seu peso próprio (NBR 8798, 1985). Em geral as paredes hidráulicas não devem ser estruturais para possibilitar a sua manutenção, e algumas paredes podem ter apenas função de vedação, apoiando-se diretamente sobre a laje. (REBOREDO, 2013)

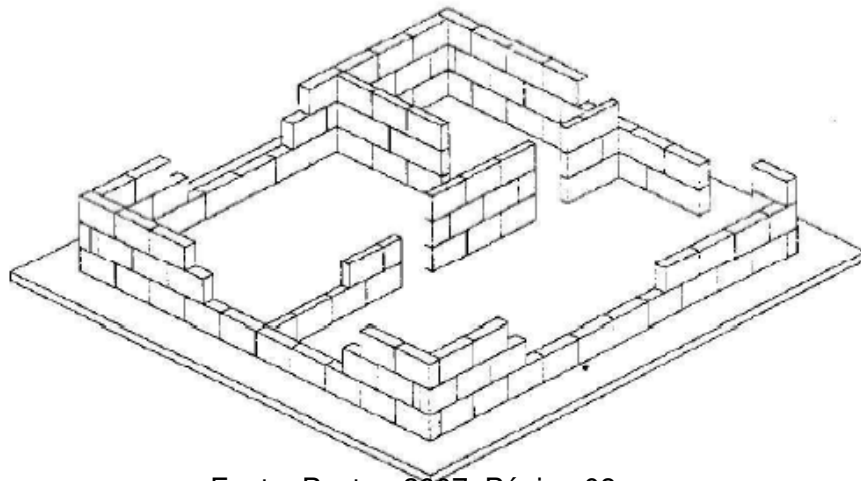
2.1.4.3. Paredes Enrijecedoras

Paredes estruturais projetadas para enrijecer o conjunto, tornando-o capaz de resistir também a cargas horizontais como por exemplo o vento. (KALIL, 2009)

2.1.5. Projetos

“Para projetar um edifício em alvenaria estrutural é necessário um estudo de modulação juntamente com o projeto arquitetônico. Esta modulação consiste em “encaixar” os blocos uns nos outros respeitando todas as amarrações, formando um prisma” (PASTRO, 2007)

FIGURA 9 – Exemplo de Modulação



Fonte: Pastro, 2007. Página 08

A racionalização da alvenaria estrutural e os ganhos de produtividade são obtidos não só pela simples utilização dos blocos, mas pela racionalidade e compatibilização dos projetos. É nesse contexto que se inserem os projetos destinados à produção. O projeto para produção de alvenaria deve reduzir o número de decisões a serem tomadas no canteiro, integrando-se aos demais projetos com a incorporação de todos os itens de instalações prediais e definição dos elementos a serem utilizados, visando preparar e planejar a execução (SIQUEIRA; MALARD; SILVA; TELLO; ALVES, 2012)

2.1.5.1. PROJETO ARQUITETÔNICO

Segundo Rauber (2005) o projeto arquitetônico é a “espinha dorsal” do projeto, pois todo o demais projeto tem sua concepção de acordo com a arquitetura, então, um projeto arquitetônico mal concebido implicará em efeitos danosos em todas as etapas da edificação, execução, custos, manutenção e na vida útil da edificação.

A concepção do projeto arquitetônico é uma tarefa árdua, pois ao arquiteto cabe contemplar todos os aspectos envolvidos na construção, atendendo-os da melhor maneira possível. Este profissional determina também as características da edificação: sistema construtivo a ser adotado, dimensões e disposição dos ambientes, tamanho e posição das aberturas, tipo de cobertura, solução estrutural, previsão de instalações (elétricas, hidros sanitárias, prevenção contra incêndio, etc.) e equipamentos (elevadores, bombas, motores, etc.), além dos acabamentos internos e externos (pisos, revestimentos, cores, etc.). Estas decisões de projeto são condicionadas por diversos fatores, entre eles a legislação vigente, normalização, recomendações técnicas, limitações orçamentárias, durabilidade dos materiais, dificuldades de manutenção e reposição. (RAUBER, 2005)

2.1.5.2. Projetos Complementares

Projetos complementares são todos os demais projetos da edificação e são subdivididos em dois grupos: estrutural e de instalações. Todos esses estão condicionados ao projeto arquitetônico.

O projeto estrutural se refere ao detalhamento da estrutura da edificação. Compreende as fundações e superestrutura. Os projetos de instalação detalham os sistemas prediais existentes na edificação, bem como os equipamentos especiais. Destacam-se: instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, telefônicas, de GLP (gás liquefeito de petróleo), de prevenção de incêndio, calefação, refrigeração, elevadores, monta-cargas, etc.

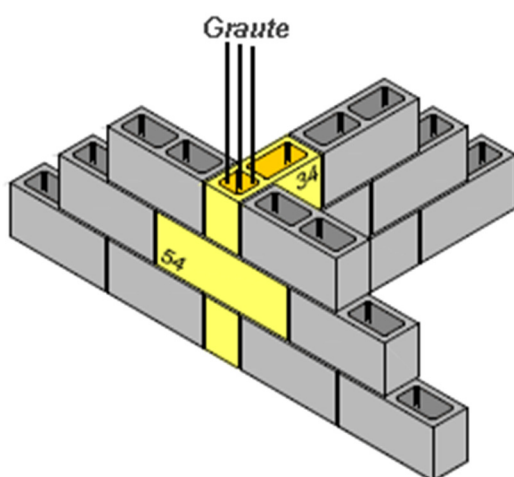
2.1.6. Amarração

Os elementos de alvenaria devem ser assentados com as juntas desencontradas, para garantir uma maior resistência e estabilidade dos painéis.

“A amarração entre paredes pode ser direta, com sobreposição dos blocos de uma parede na outra a cada 2 fiadas, ou indireta, sem sobreposição de blocos” (PARSEKIAN; SOARES, 2010)

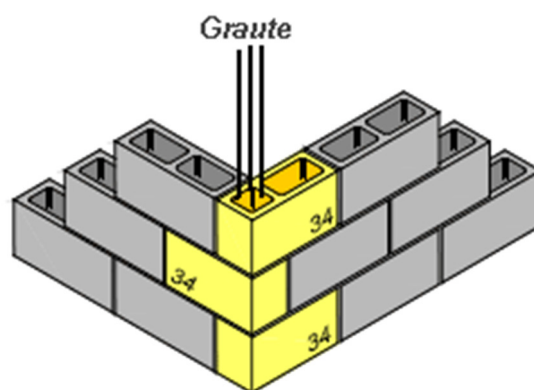
A amarração indireta tem a desvantagem de não unir totalmente as paredes, trazendo prejuízos ao comportamento estrutural das paredes, pois há uma redução da rigidez nos carregamentos laterais e também uma pior distribuição das cargas verticais (...) Essa solução deve ser evitada, especialmente no caso de edifícios com mais de 4 pavimentos. (PARSEKIAN; SOARES, 2010)

FIGURA 10 – Amarração de Paredes em “T”



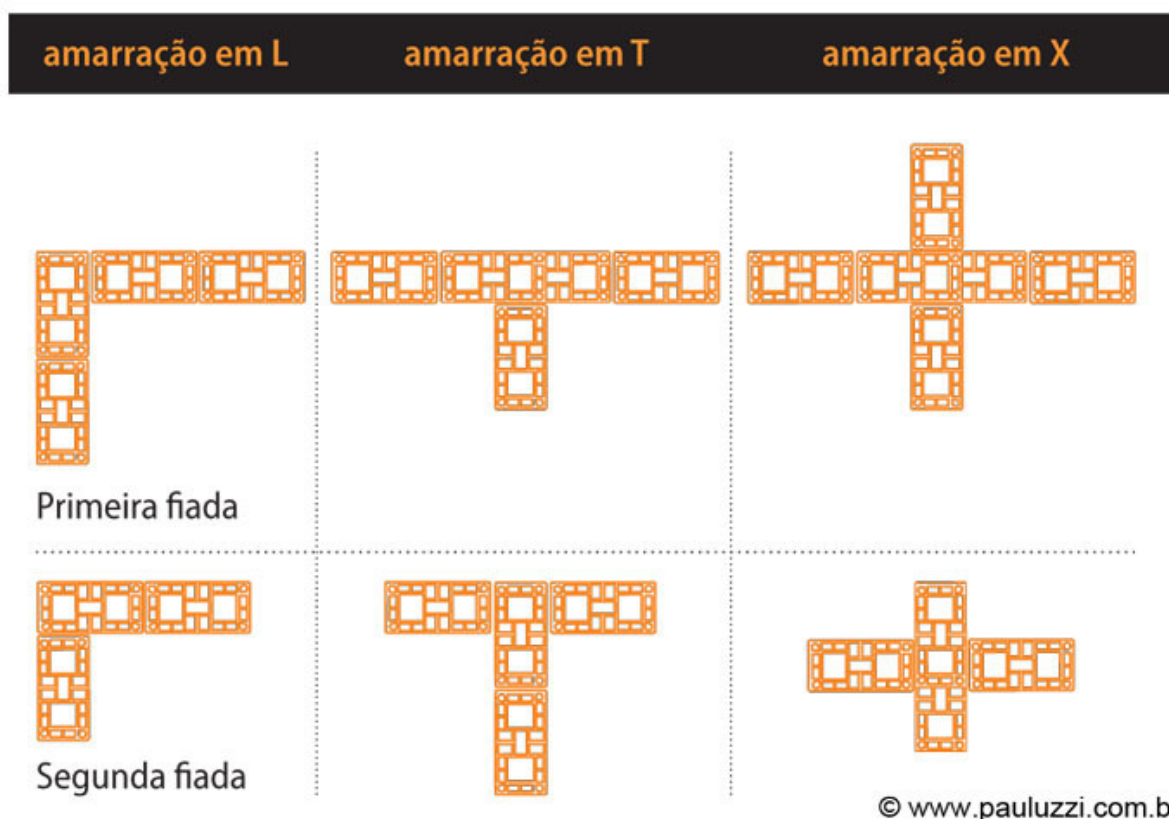
Fonte: Disponível em:
<<http://www.fkct.com.br/mod39.png>> Acesso em: nov. 2016

FIGURA 11 – Amarração de Paredes em “L”



Fonte: Disponível em:
<<http://www.fkct.com.br/mod39.png>> Acesso em: nov. 2016

FIGURA 12 – Tipos de Amarração de Paredes



Fonte: Disponível em: <http://www.pauluzzi.com.br/img/alvenaria/6_1_modulacao_03.jpg>
Acesso em: Nov. 2016

2.1.7. Modulação

A modulação consiste em escolher adequadamente os blocos de forma a obter uma arquitetura mais próxima possível da desejada. Para isso são fabricados diferentes tipos e tamanhos de blocos.

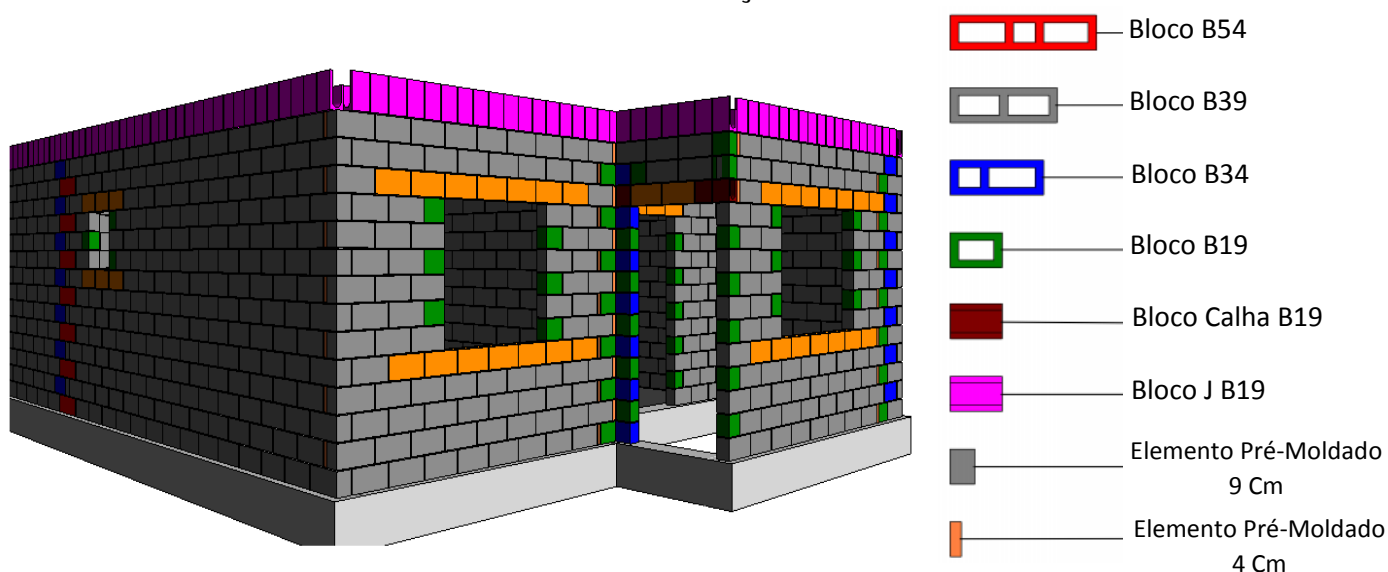
“Em um projeto de alvenaria, seja estrutural ou de vedação, não se deve permitir a quebra de blocos. Para tanto, é necessário que as dimensões arquitetônicas sigam o padrão modular dos blocos, ou seja, tenham medidas múltiplas da dimensão padrão. Dessa forma, será possível o ajuste perfeito dos blocos na planta de arquitetura” (PARSEKIAN e SOARES, 2010)

“A escolha do tipo de bloco a ser utilizado deve levar em consideração não só a modulação, mas também a disponibilidade no mercado, o custo e as características de trabalhabilidade no canteiro de obras” (SIQUEIRA; *et al.*; 2012)

Ainda segundo Siqueira, *et al.* (2012) o sucesso de um projeto de alvenaria estrutural está diretamente ligado a definição dos elementos estruturais, a adequação da arquitetura e a modulação correta escolhendo os componentes com as dimensões adequadas.

O projeto da modulação deve conter detalhado a fiada ímpar e a fiada par, além das especificações dos blocos e os cortes dos detalhes da amarração.

FIGURA 13 – Detalhe do Modulação em alvenaria estrutural



Fonte: Disponível em: <http://www.diariodearquiteto.com.br/images/imagens-artigos/alvenaria_estrutural_4.png> Acesso em: nov. 2016

2.1.8. Equipamentos

2.1.8.1. Palheta

Segundo Pastro (2007) a palheta é um tipo de desempenadeira fina e comprida que facilita e controla a quantidade de argamassa a ser colocada, sendo que não se pode usar mais nem menos que 1cm de argamassa na junta horizontal da alvenaria. Ele diz ainda que é uma ferramenta muito simples que pode até ser feita na própria obra com sobras e retalhos de madeira. Muito útil para dar agilidade ao processo de aplicação de argamassa no sentido longitudinal do bloco. O seu tamanho geralmente é de 40cm de comprimento e aproximadamente 3cm ou 4cm de largura.

FIGURA 14 – Palheta



Fonte: Disponível em: <<http://images.google.de/imgres?imgurl=http://4.bp.blogspot.com/-BavO-BeERUg/VjIQ3GsnSwI/AAAAAAAAmNk/YFaHyWODvz8/s1600/equipaobra-paleta-aluminio-1-gran.jpg&imgrefurl=http://www.meiacolher.com/2015/10/aprenda-como-assentar->>> Acesso em: nov. 2016

2.1.8.2. Bisnaga

Ferramenta utilizada para a aplicação de argamassa de assentamento nos blocos. Pastro (2007) ressalta que devido ao difícil manuseio (pesada e necessidade de força para pressioná-la) ela não apresenta muita aceitação em obras. Além disso a fluidez da argamassa é outra restrição, pois são necessários agregados muito miúdos para uma boa trabalhabilidade.

Considerando esses obstáculos a palheta é preferida pelos trabalhadores na maioria dos casos, embora em serviços específicos como o enchimento de juntas verticais a bisnaga é a opção mais viável.

FIGURA 15 – Trabalhador utilizando Bisnaga

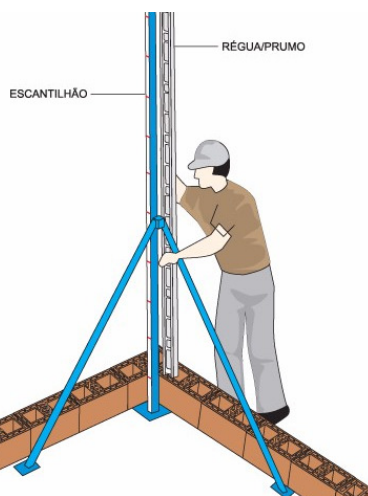


Fonte: Disponível em: <https://http2.mlstatic.com/S_14457-MLB70922508_1268-O.jpg> Acesso em: nov. 2016

2.1.8.3. Escantilhão

É uma ferramenta colocada nos cantos de encontro de paredes, ela é utilizada após a definição dos alinhamentos das paredes. Sendo a primeira marca nivelada em relação à referência definida pelo ponto mais alto da laje. O escantilhão garante o nivelamento e o prumo perfeito das fiadas. “É composto por uma haste vertical a qual é graduada com marcações a cada 20 cm para indicar a fiada do bloco” (PASTRO, 2007)

FIGURA 16 – Escantilhão com Tripé para Alvenaria



Fonte: Disponível em: <<http://www.realkraft.ind.br/admin/imagens/20150413142922/13042015022928.jpg>> Acesso em: nov. 2016

2.1.8.4. Meia Cana Metálica

Pastro (2007) define como uma ferramenta utilizada para aplicação de argamassa de assentamento nos blocos. Porém com pouca aceitação, pois é necessário trabalhar com um balde de água ao lado e a palheta simples e mais prática de se utilizar e de produzir, além de ter um custo menor

FIGURA 17 – Trabalhador utilizando Meia Cana Metálica



Fonte: Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cls/anuncios/pes_32636/equipaobra-colher-meia-cana-2-gran.jpg> Acesso em: nov. 2016

2.1.9. Passo A Passo Da Execução

A Associação Brasileira de Cimento Portland divulgou uma metodologia de execução com um passo a passo a construção de alvenarias de blocos vazados de concreto, as informações abaixo foram adaptadas do manual:

2.1.9.1. Serviços Preliminares

a) Fundação

A fundação mais comum é a de sapata corrida, segundo Professor Pádua como o sistema é autoportante e distribui seu peso ao longo da parede a sapata corrida é a opção mais óbvia.

Não é finalidade desse trabalho abordar o sistema de fundação, por isso, considera-se uma fundação genérica para efeitos do estudo.

b) Preparação do Piso

É preciso deixar o pavimento em condições de iniciar o serviço, com as devidas marcações e tubulação previamente colocadas.

FIGURA 18 –Preparação para Contra Piso em Alvenaria Estrutural



Fonte: Disponível em: <<https://br.habcdn.com/photos/project/big/preparacao-para-contrapiso-em-alvenaria-estrutural-838907.jpg>> Acesso em: nov. 2016

c) Verificação do Esquadro da Obra

Nesse momento é necessário que o líder da equipe já tenha estudado o projeto de produção e sanado qualquer dúvida existente.

Na verificação de obra retangular uma maneira usual de verificar o esquadro é por igualdade entre diagonais. A Associação Brasileira de Cimento Portland em sua apostila sobre execução de alvenaria estrutural ressalta que é tolerável uma variação de até 5 milímetros e cada 10 metros na verificação do esquadro.

d) Marcação da Alvenaria

Com a utilização de linha traçante (cordex) o construtor marca a direção das paredes, vãos de portas e shafts.

Nessa etapa é necessária a planta para a marcação das paredes.

e) Verificação da posição das instalações

Com o projeto em mãos verifica-se as instalações elétricas e hidráulicas, essa fase é importante pois após executado a alvenaria não é possível alterar a posição das instalações.

f) Instalação dos Escantilhões

O mestre de obras ou líder de equipe deve marcar a posição dos escantilhões no projeto. Primeiro fixa-se as bases, em seguida coloca-se as hastes e após é feita a fixação da mão francesa. Na sequência deve-se colocar o escantilhão no prumo utilizando-se equipamento de averiguação devidamente calibrado

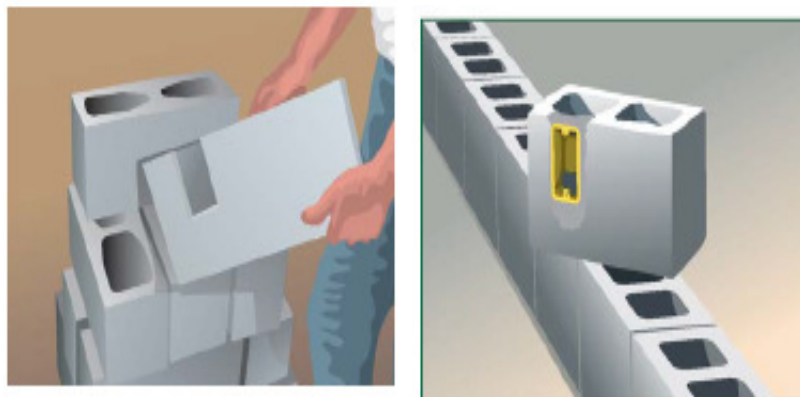
g) Transferência da referência de Nível

Percorre-se com um nível o pavimento na direção das paredes e determina-se o ponto mais alto. Transfere-se esse nível para uma régua (sarrafo de madeira). Cria-se uma marca nessa régua a 20 cm de extremidade inferior. Essa régua é chamada de transferência de nível RTM. Esse nível deve ser transferido para cada escantilhão e a marca da régua graduada deve ser ajustada para coincidir com a marca da RTN. Assim as fiadas estarão niveladas para iniciar o assentamento.

h) Instalação dos Gabaritos de Portas
Juntamente com a colocação dos escantilhões deve ser instalado os gabaritos de portas nos vãos já pré-determinados no projeto e já marados no pavimento.

i) Preparação dos blocos para fixação das caixas elétricas conforme projeto
O ideal é fixar as caixas elétricas nos blocos antes de executar a alvenaria

FIGURA 19 –Preparação dos Blocos para fixação das caixas elétricas



Fonte: ABCP

j) Organização do Canteiro de Obra
Para evitar desperdício de tempo e de materiais é importante trabalhar com blocos de boa qualidade, quando o material for recebido no canteiro de obras deve-se verificar se ele apresente impurezas e fissuras. Não deixar os blocos expostos a umidade. Os blocos e os caixotes de argamassa devem ser colocados próximos ao local de trabalho para reduzir movimentos durante a execução do serviço. Para evitar esforços físicos desnecessários pode-se colocar o caixote na altura de 70cm.

2.1.9.2. Elevação Da Alvenaria

a) Umedecer a superfície do pavimento na direção da parede para assentar os blocos da primeira fiada.

b) Amarrar a linha e esticar com auxílio do esticador de linha no escantilhão.

c) Na primeira fiada, colocar a argamassa com a colher de pedreiro fazendo uma abertura (sulco) para facilitar o assentamento dos blocos.

d) Observar a amarração dos blocos dispostas no projeto (o projeto deve conter as plantas de primeira e segunda fiada).

e) A partir da segunda fiada a argamassa deve ser colocada com a palheta nas paredes longitudinais e com a colher nas transversais.

f) Utilizar a colher para retirar o excesso de argamassa (nunca deslocar o bloco após ser assentado).

g) Conferir constantemente o alinhamento e prumo da alvenaria utilizando a régua-prumo-nível de madeira.

h) Utilizar a bisnaga para preencher as juntas verticais

Os blocos especiais tipo canaleta e do tipo compensador para a execução de cintas, vergas e contravergas tem assentamento especiais. Os pontos de grauteamento dos mesmos devem estar no projeto estrutural e ser executado de acordo com o mesmo.

A cada 6 fiadas aproximadamente, deve-se fazer a limpeza interior dos furos dos blocos para retirar o excesso de argamassa de assentamento e após a limpeza, realizar o grauteamento vertical.

2.1.9.3. Fase Final

Em caso de chuvas, deve-se proteger as paredes contra a entrada de água nos furos dos blocos

É importante manter o pavimento limpo.

Registrar os pontos positivos e negativos da equipe e dos procedimentos adotados para referência futura.

2.2 Metodologia

O presente estudo realizou um estudo de caso com base em duas obras executadas conforme o sistema construtivo de alvenaria estrutural. Uma das obras já foi finalizada e entregue aos moradores e a outra ainda está em processo de execução. Foi realizado uma pesquisa bibliográfica prévia em diversos trabalhos sobre o assunto e uma discussão de resultados dos dados coletados das obras estudadas em paralelo com o referencial teórico pesquisado.

2.3 Discussão de Resultados

Para realização do presente trabalho sobre sistema construtivo em alvenaria estrutural foi realizado um estudo de caso com duas obras que foram desenvolvidas em alvenaria estrutural, sendo o Condomínio Clube do Sol, composto de 18 prédios de 4 pavimentos cada e que ainda está em fase de execução e o Edifício Residencial Dona Escolástica que já foi entregue aos moradores. Ambos localizados na cidade de Manhuaçu – MG.

As duas obras foram concebidas em alvenaria estrutural por serem projetos financiados pela caixa econômica federal através do projeto minha casa minha vida, que apresenta um orçamento restrito e a alvenaria estrutural reduziria o custo dessas obras significativamente. Além disso os apartamentos são pequenos, com média de 60m² e que consequentemente geraram cômodos pequenos e lajes com vãos de até 5 metros o que viabiliza a utilização de lajes pré moldadas que são mais viáveis economicamente para esse tipo de edificação.

Os blocos utilizados nas duas obras foram, a princípio, os blocos cerâmicos, que apesar de apresentarem preço mais elevado que os de concreto são mais leves que os mesmos, diminuindo assim as cargas nas estruturas. No entanto, o Condomínio Clube do Sol, teve uma mudança na empresa responsável pela execução o que acarretou em mudanças no projeto arquitetônico e na execução e alguns

pavimentos foram executados com blocos de concreto, porém não foi preciso refazer o cálculo estrutural uma vez que o peso final ainda estava dentro do previsto, tendo em vista que o cálculo inicial foi realizado com larga margem de segurança.

De acordo com Hoffmann *et al* (2013) entre as vantagens da alvenaria está a melhoria da produtividade visto que o prazo para execução da obra em alvenaria estrutural pode ser até duas vezes menor que a execução em concreto armado. No entanto, nas obras estudadas a mão de obra não tinha treinamento a princípio, o que acarretou em um tempo maior para a execução do primeiro pavimento, o necessário para que os trabalhadores aprendessem e se adequassem a execução do sistema. A partir do segundo pavimento executado fez-se notória a melhoria da produtividade. A execução do Condomínio Clube do Sol iniciou primeiro, porém por problemas que não serão abordados no presente trabalho a execução foi interrompida por um longo período. Durante esse período deu-se início a execução do o Edifício Dona Escolástica, que utilizou a mesma mão de obra, agora experiente, do Condomínio Clube do Sol e por consequência teve melhor produtividade desde o início da execução.

Em ambas as obras foi utilizada alvenaria não armada, por não ser necessário uma vez que se tratava de prédios com poucos pavimentos, foram utilizados grampos para amarração da alvenaria.

Algumas paredes, da cozinha e do banheiro não eram portantes, mas com o objetivo de simplificar a amarração dos blocos foram utilizados os blocos para alvenaria estrutural em todas as paredes da construção.

No edifício Dona Escolástica a compatibilização de projetos foi bem sucedida, uma vez que o engenheiro trabalhou junto com o arquiteto no projeto arquitetônico e o mesmo engenheiro fez todos os demais projetos. Já no caso do Condomínio Clube do Sol, houve terceirização de vários serviços o que prejudicou a compatibilização dos projetos.

Entre as vantagens observadas nas duas obras, destacam-se que as obras são mais limpas, evitando o desperdício e o risco de acidentes na obra. Outra vantagem, já citada é a redução dos custos da obra.

No entanto, também foram observadas algumas desvantagens no sistema, como o fato de o sistema não ser recomendada para edifícios de padrão alto, pois a arquitetura é limitada, principalmente no que diz respeito a liberdade de vãos de laje. Nota-se também certa restrição da população com o sistema, tendo em vista que a população de maneira geral acredita que o que sustenta a obra são os pilares e vigas e como o sistema de alvenaria não conta com esses elementos tradicionais a obra sofre com o preconceito de parte da população.

Com relação ao número de tomadas, foram utilizadas o padrão exigido pela Caixa Econômica Federal sendo em média quatro tomadas na sala, duas em cada quarto, uma no corredor, uma na área de circulação, quatro no banheiro e duas na área de serviço. As instalações elétricas foram embutidas, entretanto no Clube do Sol, que possui um padrão inferior ao Dona Escolástica, o mais recomendado seria a instalação externa utilizando conduítes para passar os fios. Porém não foi executado dessa forma por exigências da arquitetura. Todavia, a instalação não foi previamente compatibilizada o que acarretou em cortes nos blocos estruturais o que não é recomendado pelas normas vigentes.

Para as instalações hidráulicas foram feitos Shafts junto às paredes não portantes da cozinha e banheiro para facilitar as passagens das tubulações. Seguindo a recomendação de Reboredo (2013) que ressalta que as paredes hidráulicas não devem ser estruturais a fim de facilitar a manutenção.

3. CONCLUSÃO

Através da pesquisa realizada, pode-se dizer que a Alvenaria Estrutural se desenvolveu significativamente com o passar dos anos, existindo nos dias atuais equipamentos, técnicas e normas que facilitam e garantem a segurança e qualidade das obras executadas no sistema construtivo de alvenaria estrutural.

Apesar de pequenos obstáculos e dificuldades que o sistema venha a oferecer ele ainda se mostra vantajoso para determinados tipos de edificações como casas populares, edifícios tipo e construções com pequenos vãos de laje.

O Sistema apresenta vantagens econômicas, desperdício de material praticamente nulo quando bem executado, obra limpa, maior e tem uma execução simples o que gera menor risco de acidente no canteiro de obras.

Porém a falta de profissionais qualificados no mercado tem se mostrado um obstáculo para o desenvolvimento das obras em alvenaria estrutural, pois a falta de qualificação faz com que os trabalhadores demorem muito tempo até que consigam de fato dominar a técnica e enquanto não a dominam existe ainda um significativo desperdício de material por, em alguns casos, o projeto não ser devidamente seguido.

No Condomínio Clube do Sol o tempo gasto para treinar a mão de obra foi compensado no decorrer da execução por se tratar de uma obra de grande porte, porém quando a obra for pequena e não tiver mão de obra qualificada a disposição, não é vantajoso o uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Portanto recomenda-se a utilização do sistema para obras de padrão baixo e médio, quando se tratar de vãos de em média até cinco metros para as lajes. Ressaltando que o sistema é seguro e de bom aproveitamento de tempo e material.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15270-2 **Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15961-1 **Alvenaria estrutural — Blocos de concreto. Parte 1: Projeto.** Rio de Janeiro, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6136 **Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos.** Rio de Janeiro, 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 8798. **Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, **Metodologia de Execução – Passo a Passo Para Construir Alvenarias de Blocos Vazados de Concreto.** Manual.

CAMACHO, Jefferson S. **Projetos de Edifícios em Alvenaria Estrutural.** 2001. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira, **A contribuição de Enrijecedores Laterais para o Efeito Arco na Alvenaria Estrutural**. 2007. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

FRANCO, Luiz Sérgio Franco, **Alvenaria Estrutural**. 2004. Apresentações Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

HOFFMANN, Luana Gabriela; BRESSIANI, Lucia; FURLAN, Gladis Cristina; THOMAZ, William de Araujo. **Alvenaria Estrutural: um levantamento das vantagens, desvantagens e técnicas utilizadas, com base em uma pesquisa bibliográfica nacional**. 2012. Artigo – III Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. 2012.

JÚNIOR, José de Almeida Freitas, **Alvenaria Estrutural – Construção Civil II**. 2013 Apostila de Construção Civil. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KALIL, Silvia Maria Baptista. **Alvenaria Estrutural**. 2009. Apostila de Estruturas Mistas – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria Estrutural Em Blocos Cerâmicos – Projeto, Execução E Controle**. São Paulo: Nome da Rosa, 2010.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Alvenaria Estrutural – Sistema Construtivo**. 2007. Departamento de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2007.

RAUBER, Felipe Claus. **Contribuições ao Projeto Arquitetônico de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. 2005, Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, 2005.

REBOREDO, André Rampazzo, **Dimensionamento De Um Edifício Em Alvenaria Estrutural De Blocos De Concreto: Comentários Sobre A Nbr 15961-1 (2011)**. 2013. Monografia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SIQUEIRA, Renata A.; MALARD, Maria L.; SILVA, Margarete M. A.; TELLO, Marina; ALVES, José M, **Coordenação Modular da Alvenaria Estrutural: Concepção e Representação**. 2012. Artigo, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

SONDA, Rafael. **Alvenaria Estrutural – Um Processo Construtivo Racionalizado**. 2007. Dissertação – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.