

FAEX – FACULDADE DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS DE
EXTREMA

ANDRÉ GUSTAVO FERREIRA

ANÁLISE DO MÉTODO CONSTRUTIVO DA ALVENARIA ESTRUTURAL
EM RELAÇÃO À ALVENARIA CONVENCIONAL

Extrema – MG
2018

ANDRE GUSTAVO FERREIRA

ANÁLISE DO MÉTODO CONSTRUTIVO DA ALVENARIA ESTRUTURAL
EM RELAÇÃO À ALVENARIA CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Orientador: Prof. Marcelo Henrique Hermógenes.

Extrema – MG

2018

ANDRE GUSTAVO FERREIRA

ANÁLISE DO MÉTODO CONSTRUTIVO DA ALVENARIA ESTRUTURAL
EM RELAÇÃO À ALVENARIA CONVENCIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado
como requisito parcial para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia Civil, no Curso de
Engenharia Civil da Faculdade de Ciências
Sociais Aplicadas de Extrema.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Marcelo Henrique Hermógenes

Orientador

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema

Prof.^a Luana Dariva

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema

Prof. Maurício Lopes

Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Extrema

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de frequentar a faculdade e me dar paciência e força para concluí-la.

Agradeço também meus pais Reginaldo e Zilda que sempre me apoiaram e estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida, me incentivando e motivando para que eu estudasse e corresse atrás de todos os meus objetivos com dignidade, sabedoria e muito amor ao próximo.

Agradeço também minha noiva Priscila, pelo apoio, incentivo e paciência de me esperar realizar os capítulos desse trabalho que muitas vezes foram aos finais de semana.

Agradeço todos os alunos de Engenharia, pela companhia e parceria que tivemos durante todos esses anos.

Agradeço aos professores que passaram todos seus conhecimentos para nós, auxiliando em diversas maneiras de melhoria em nossa vida profissional.

RESUMO

Racionalização em obras da construção civil é hoje em dia um fator primordial para redução de custos, o sistema construtivo em alvenaria estrutural tem como objetivo principal a busca por racionalização, por esse motivo, está bastante difundido no mercado, sendo um processo de elevado rendimento de industrialização, organização e racionalização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo. Ou seja, o sistema construtivo envolve vários fatores e processos com um único objetivo de alcançar um resultado satisfatório e com excelência em sua execução. O presente estudo busca trazer quais as principais vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado (alvenaria convencional), e quais os fatores que as fazem diferir entre si. Os dois sistemas serão explicados e no final serão mostradas as vantagens de desvantagens de cada um e também uma breve análise de custos.

Palavras Chave: Alvenaria, Racionalização, Construção Civil.

ABSTRACT

Rationalization in civil Works is nowadays a prime factor for cost reduction, the structural masonry system has as its main objective the search for rationalization, for this reason, it is very widespread in the market, being a process of high yield of industrialization, organization and rationalization, consisting of a set of elements and components interrelated and fully integrated by the process. That is, the construction system involves several factors and processes with a single goal of achieving a satisfactory result and with excellence in its execution. The present study seeks to bring out the main advantages of structural masonry in relation to reinforced concrete (conventional masonry), and what factors make them differ from one another. The two systems will be explained and at the end will be shown the advantages of disadvantages of each and also a brief cost analysis.

Keywords: Masonry, Rationalization, Construction.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivo Específico.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	História da Alvenaria.....	14
2.1.1	Pirâmides De Guiza	15
2.1.2	Coliseo	16
2.1.3	Edifício Monadnock	17
2.1.4	Edifícios no Brasil	17
2.2	Sistema construtivo alvenaria de vedação.....	18
2.2.1	Pilares	18
2.2.2	Vigas	19
2.2.3	Blocos de Vedação	20
2.3	Sistema construtivo em alvenaria estrutural	23
2.3.1	Alvenaria não armada	23
2.3.2	Alvenaria armada ou parcialmente armada	24
2.3.3	Alvenaria protendida	24
2.4	Componentes da alvenaria estrutural blocos cerâmicos.....	25
2.4.1	Blocos Cerâmicos Estruturais	25
2.4.2	Argamassa.....	31
2.4.2.1	Argamassa na Alvenaria Estrutural	31
2.4.2.2	Argamassa na Alvenaria de Vedação	34
2.4.3	Graute	35
2.4.4	Armaduras.....	37
2.4.4.1	Armaduras na Alvenaria Estrutural	37
2.4.4.2	Armaduras na Alvenaria de Vedação	38
2.4.5	Grampos e telas na alvenaria	38

2.4.5.1	Grampos e Telas na Alvenaria Estrutural	39
2.4.5.2	Grampos e Telas na Alvenaria de Vedação	40
2.5	Modulação da alvenaria	41
2.5.1	Modulação da Alvenaria Estrutural	41
2.5.1.1	Modulação Horizontal – Blocos 11,5x19x39	43
2.5.1.2	Modulação Horizontal – Bloco 14x19x29.....	43
2.5.1.3	Modulação Horizontal – Bloco 14x19x39.....	44
2.5.2	Modulação da Alvenaria Convencional.....	46
2.6	Instalações hidráulicas na alvenaria estrutural	46
2.7	Instalações elétricas na alvenaria estrutural	47
2.8	Instalações hidráulicas e elétricas na alvenaria de vedação	49
3	METODOLOGIA	50
4	ANÁLISE E DISCUSSÕES	51
4.1	Vantagens do Concreto Armado (Alvenaria Convencional)	51
4.2	Desvantagens do Concreto Armado (Alvenaria Convencional)	51
4.3	Vantagens da Alvenaria Estrutural	51
4.4	Desvantagens da Alvenaria Estrutural	52
4.5	Comparação de custos	53
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria.....	15
Figura 2 - Pirâmides de Guiza	16
Figura 3 - Coliseo	16
Figura 4 - Edifício Monadnock	17
Figura 5 - Bloco de Vedação	20
Figura 6 - Tijolo de Barro Furado	21
Figura 7 - Tijolo de Vidro	22
Figura 8 - Alvenaria não armada	24
Figura 9 - Alvenaria armada ou parcialmente armada	24
Figura 10 - Alvenaria Protendida	25
Figura 11 - Bloco cerâmico estrutural com paredes vazadas	26
Figura 12 - Espessuras mínimas dos septos de blocos vazados	27
Figura 13 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças	27
Figura 14 - Espessuras mínimas dos septos de bloco maciço	28
Figura 15 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças	28
Figura 16 - Famílias dos blocos estruturais	30
Figura 17 - Canaleta cerâmica com função estrutural	30
Figura 18 - Aplicação da argamassa de assentamento	33
Figura 19 - Adição do graute na parede	37
Figura 20 - Detalhe das armaduras	38
Figura 21 - Detalhe da amarração direta	39

Figura 22 - Detalhe da amarração Indireta	40
Figura 23 - Tela de Ligação.....	40
Figura 24 - Grampos de Amarração	41
Figura 25 - Tipos de Modulação	42
Figura 26 - Modulação 14x19x29	44
Figura 27 - Modulação 14x19x39 – Amarração de canto	45
Figura 28 - Modulação 14x19x39 – Amarração em T	45
Figura 29 - Shaft de Passagem de Dutos Hidrossanitários.....	47
Figura 30 - Passagem e Instalação das Caixas de Tomada	48
Figura 31 - Passagem dos dutos	49
Figura 32 - Custo dos Sistemas Construtivos.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões Blocos de Concreto.....	22
Tabela 2 - Tabela dos tipos de traços de argamassas	31
Tabela 3 - Traços de Argamassa de Alvenaria de Vedação	35
Tabela 4 - Tabela de traço de graute em volume.....	36
Tabela 5 - Tipos de Modulações.....	43
Tabela 6 - Custo Unitário dos Métodos Construtivos	53
Tabela 7 - Comparação dos Custos	54

ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira Registrada

MPa – Mega Pascal

C° - Celsius

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil a busca por se ter uma obra racionalizada, com redução de desperdícios e com uma técnica de execução simplificada, vem se tornando de extrema importância entre os construtores, com isso o conceito alvenaria estrutural atualmente torna-se bastante utilizada por ter essas vantagens, se feita corretamente.

O sistema construtivo, alvenaria estrutural, embora já bastante difundido no Brasil desde a década de 60, é um sistema onde se fez necessário à criação de normas e procedimentos para o sistema estrutural tornar-se realmente eficaz. Atualmente esse sistema é extensivamente utilizado em todas as regiões do país, sendo um ramo conhecido na engenharia, utilizado em grande escala em construções de empreendimentos habitacionais, edifícios comerciais onde se faz necessário a rapidez na construção e menor custo, o que o sistema traz.

O presente trabalho apresenta um estudo sobre as vantagens e desvantagens do sistema construtivo de alvenaria estrutural, quando se comparado com a alvenaria convencional. No método construtivo de alvenaria estrutural as paredes possuem função estrutural, ou seja, nesse sistema as funções das paredes vão além da vedação e recebe todo o esforço proveniente da edificação, por sua vez é transferido até a fundação. Na alvenaria convencional a estrutura é composta por vigas e pilares em concreto armado, assim os blocos somente são utilizados com a função de vedação. Na alvenaria estrutural, a resistência depende do conjunto formado por blocos e juntas de argamassa. Essas unidades devem agir como uma combinação íntegra para resistir aos esforços de compressão. De acordo com a conveniência do projeto podem ser usadas barras de aço. Estas se ligam à alvenaria por meio de grauteamento, para resistir a esforços de tração e propiciar maior homogeneidade ao conjunto monolítico.

1.1 Justificativa

O sistema construtivo alvenaria estrutural se tornou uma solução para a relação tempo x custo, sendo uma técnica de construção rápida e racionalizada gerando assim, uma economia considerável no final da obra se seguido todos os procedimentos corretos, em

edifícios de até quatro pavimentos, quando comparada a outros sistemas construtivos como o concreto armado.

Este método dispensa qualquer tipo de fôrma (madeira ou metálica), eliminando-se assim o tempo para execução das mesmas e também o custo de adesão, o consumo de concreto é reduzido já na fase de projeto, por não haver vigas nem pilares, garantindo maior benefício em seu uso, visto que não existe a possibilidade de formas mal executadas que gera desperdício do mesmo, desta maneira o projeto também se preocupa com o meio ambiente, onde se procura reduzir os desperdícios e o uso da madeira na construção civil.

O uso de armaduras também é reduzido quando comparado ao método convencional em concreto armado, pois seu uso é necessário apenas em certos pontos específicos (tração). A execução se torna mais simples e com menos desperdícios, visto que é fundamental compatibilização entre todos os projetos, tendo assim um nível de detalhamento elevado.

1.2 Objetivo Específico

Dentre os objetivos deste trabalho, destacam-se:

- Realizar um levantamento dos métodos construtivos em alvenaria convencional e alvenaria estrutural;
- Explicar os componentes que são utilizados nos dois tipos de alvenaria;
- Realizar uma análise dos métodos construtivos e demonstrar as vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural em relação a convencional;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A alvenaria é um dos sistemas construtivos mais antigos de todos os tempos, a busca por uma construção rápida e fácil que disseminou esta prática, neste item veremos algumas obras históricas que fizeram uso da alvenaria.

2.1 História da Alvenaria

Segundo Ramalho (2003), a alvenaria é um sistema construtivo tradicional, sendo bastante 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.

De acordo com Teatini (2008) materiais como as pedras eram empregados a pelo menos três mil anos e as ligas metálicas há séculos. O grande avanço se deu pela descoberta dos materiais chamados aglomerantes que em contato com a água possibilitou a fabricação das pedras artificiais denominadas como concreto. O concreto é um excelente material para resistir os esforços de compressão, mas apresenta baixa resistência a tração. Pela necessidade de combater aos esforços de tração foram inseridas as armaduras nos elementos de concreto, assim por volta de 1850 se deu origem ao concreto armado.

De acordo com o mesmo temos importantes descobertas que serviram como experimento para o concreto armado tais como;

- Barco de concreto com rede metálica, criado por Lambot em 1849 na França.
- Vasos de concreto com armadura, criado por Monier em 1849 na França.
- Primeiros elementos de construção vigotas e pequenas lajes, criado por Coignet em 1852 na França.

Nese e Tauil (2010), explica que alvenaria é o conjunto de peças sobrepostas e coladas, por argamassa apropriada, onde forma-se um elemento vertical coeso, que tem como função vedar espaços, resistir esforços de impactos, de ação de fogo e de isolar ambientes, sendo de boa acústica e conforto térmico conforme a Figura 01.

Figura 1 - Alvenaria



Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010).

Ramalho (2003), apresenta alguns exemplos que podem ser considerados importantes para o entendimento do desenvolvimento do sistema construtivo em análise mostrando-se um rápido resumo da evolução da alvenaria.

2.1.1 Pirâmides De Guiza

As três grandes pirâmides, Quéfren, Queóps e Miquerinos, construídas em blocos de pedra que datam de aproximadamente 2600 anos antes de Cristo. A Grande Pirâmide, túmulo do faraó Queóps, mede 147 m de altura e sua base é um quadrado de 230 m de lado, conforme a Figura 2. Em sua construção foram utilizados aproximadamente 2,3 milhões de blocos, com peso médio de 25 KN. Foi uma grande construção caracterizada pela forma da alvenaria.

Figura 2 - Pirâmides de Guiza



Fonte: civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2015/03/16/a-engenharia-das-grandes-piramides

2.1.2 Coliseo

O anfiteatro, com capacidade para mais de 50.000 pessoas, é um exemplo de arquitetura romana, com mais de 500 m de diâmetro e 50 m de altura. Construído por volta do ano 70 d.C. possuía 80 portais, de forma que todas as pessoas que estivessem assistindo aos espetáculos lá realizados pudessem entrar e sair com grande rapidez, uma característica interessante conforme Figura 3. Quanto ao aspecto estrutural, é que 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.

Figura 3 - Coliseo



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Coliseu>.

2.1.3 Edifício Monadnock

Construído em Chicago, entre os anos de 1889 a 1891 e tornou-se um símbolo clássico da moderna alvenaria estrutural conforme Figura 4. Com seus 16 pavimentos e 65 m de altura, foi considerada uma obra ousada, explorando os limites dimensionais possíveis para edifícios de alvenaria. Entretanto, por causa dos métodos empíricos de dimensionamento empregados até então, as paredes na base têm 1,80 m de espessura. Acredita-se que se fosse dimensionado pelos procedimentos utilizados atualmente, com os mesmos materiais, essa espessura seria inferior a 30 cm.

Figura 4 - Edifício Monadnock



Fonte: <http://www.valegandara.com/blog/nov/monadnock.php>

2.1.4 Edifícios no Brasil

Segundo Ramalho (2003), o sistema construtivo em alvenaria é utilizado no Brasil desde o início do século XVI, porém a alvenaria com blocos estruturais, que pode ser encarada como um sistema construtivo mais elaborado e voltado para a obtenção de edifícios mais econômicos e com obras mais racionalizadas. Para o autor apesar da chegada tardia dos blocos estruturais, o sistema acabou se firmando como uma alternativa eficiente e econômica para a execução de edificações residenciais e também industriais.

2.2 Sistema construtivo alvenaria de vedação

O sistema construtivo em alvenaria de vedação é composto por pilares e vigas que compõem a estrutura e blocos que são usados para a vedação da estrutura. Segundo Marchetti e Botelho (2011), as paredes de alvenaria tradicional, a princípio não tem função estrutural, sendo exclusivamente para vedação e travamento da estrutura, as vigas e pilares são responsáveis na resistência e integridade da estrutura.

Segundo o código de práticas de alvenaria de vedação (2009), as alvenarias de vedação são utilizadas para compartimentar espaços e preencher vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, sendo assim, suportam somente o peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros. Devendo-se apresentar com adequada resistência às cargas laterais estáticas e dinâmicas, advindas, da atuação do vento, impactos acidentais.

2.2.1 Pilares

A NBR 6118:2014 define que pilares são elementos de eixo reto, colocados na vertical e que as forças de compressão são preponderantes.

MARCHETTI E BOTELHO (2011), explicam que são preferidos pilares de seção circular ou retangular, e são colocados para receber cargas das vigas e são utilizados:

- Nos cantos das edificações
- Em cruzamentos de vigas
- Em pontos onde a estrutura solicitar para um melhor travamento

Não existe a obrigatoriedade de se colocar pilares em todos os cruzamentos de vigas pois pode-se ter cargas pequenas nos pilares.

Segundo a NBR 6118:2014, a seção transversal de pilares, qualquer que seja sua forma não pode apresentar no projeto dimensão menor que 19 centímetros, sendo permitido em casos especiais a consideração de pilares de dimensões de seção transversal entre 14 e 19 centímetros.

CARVALHO (2009), explica que pilar é um elemento vertical com função estrutural, que em algumas situações podem ser inclinados, sendo um elemento que recebe esforços de compressão, e são elementos de grande importância pois recebem cargas advindas das vigas e lajes e as transmitem para a fundação.

2.2.2 Vigas

Segundo a NBR 6118:2014, as vigas são elementos lineares onde atuam-se preponderantemente forças de flexão.

Segundo Marchetti e Botelho (2011), as vigas devem ser previstas sob cada parede como uma regra geral, sendo possível a não colocação em paredes de pequenas extensões. Não se devem ter vigas com espessuras menores que 12 centímetros, pois existe dificuldade em se fazer a vibração do concreto em vigas pouco espessas.

- Vigas biapoiadas: $h = 1/10$ do vão (chamada regra dos arquitetos).
- Vigas contínuas: $h = 1/12$ do vão.
- Vigas em balanço: $h = 1/5$ do vão.

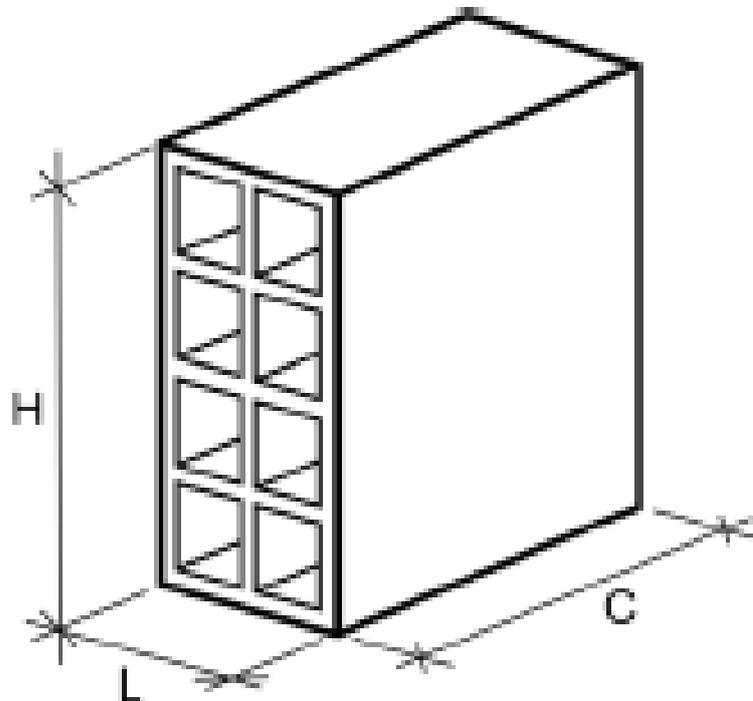
MARCHETTI (2011), explica que as vigas se apoiam em pilares ou em outras vigas, no entanto cada tipo de apoio tem seu funcionamento, considera-se que, para o nível de precisão dos cálculos, os dois apoios trabalham em igualdade, já na situação em que a viga se apoie na alvenaria, sem pilar é preciso prever um travesseiro chamado coxim para distribuir a carga, coxim é essencialmente uma vigota de concreto simples ou armado apoiada na alvenaria. No que diz respeito à concepção e cálculo adotar as seguintes regras:

- Em cruzamento de vigas, nomeia-se uma viga como portante e a outra como portada. A viga portante deve ser a que tem menor vão e deve ter a maior altura de no mínimo dez centímetros maior que a portada, sendo assim, fica muito bem definida qual é portante e qual é portada.
- A diferença de alturas de vigas que se cruzam tem a vantagem de fazer com que os ferros positivos passem em níveis diferentes e, portanto, não geram interferências.

2.2.3 Blocos de Vedação

Segundo a NBR 15270-1:2005, bloco de vedação é o componente da alvenaria com furos prismáticos perpendiculares as faces que os contem conforme Figura 5. Os blocos de vedação constituem paredes externas ou internas que não tem função de resistir esforços e cargas verticais, a não ser o próprio peso da alvenaria a qual faz parte.

Figura 5 - Bloco de Vedação



Fonte: ABNT NBR 15270-1:2005

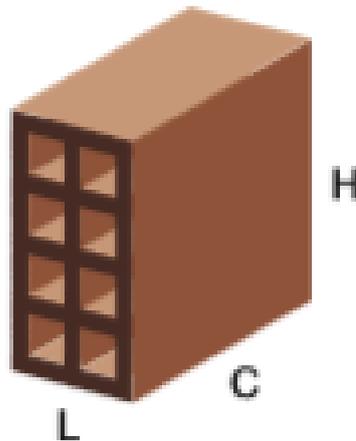
O bloco de vedação não deve apresentar defeitos, tais como quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na parede.

Segundo Azeredo (1997), a alvenaria de vedação pode ser construída com os seguintes materiais:

- Tijolos de barro;

Os tijolos de barro dividem-se em comum, laminado, furado, e o refratário, a matéria prima utilizada é a argila e um pouco de terra arenosa com água, até formar uma pasta, que é modelada e forma os tijolos como mostra a Figura 6, que são queimados a temperatura entre 900 e 1000 C.

Figura 6 - Tijolo de Barro Furado



Fonte: Código de Práticas de Alvenaria de Vedação

- Blocos de concreto;

AZEREDO (1997), com o progresso da construção civil surgiu-se os blocos de concreto, utilizados em alvenaria de vedação e estrutural, pela falta de matéria prima estar cada vez mais escassas. Os blocos de concreto dividem-se em tamanhos, conforme a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 - Dimensões Blocos de Concreto

Designação	Dimensões em centímetros		
	Largura	Altura	Comprimento
Bloco de 20	20	20	40
Bloco de 15	15	20	40
Meio bloco de 20	20	20	20
Meio bloco de 15	15	20	20
Lajota	10	20	40
Meia lajota	10	20	20

Fonte: Adaptado de edifício até sua cobertura (2009)

- Tijolos de vidro

O tijolo de vidro, conforme figura 7, que também é conhecido como bloco de vidro é utilizado em fechamentos de vãos com finalidade de entrada luz, em corredores, paredes ou hall de escadas.

Figura 7 - Tijolo de Vidro



Fonte: www.sodimac.com.br

2.3 Sistema construtivo em alvenaria estrutural

Segundo Ramalho (2003), a principal concepção da alvenaria estrutural é transmitir ações através de tensões de compressão, esse ponto deve-se ser de elevada importância no processo construtivo para elaborar estruturas, para o autor as tensões de tração é um objeto de estudo mais específico, pois tais tensões ocorrem em pontos determinados na estrutura.

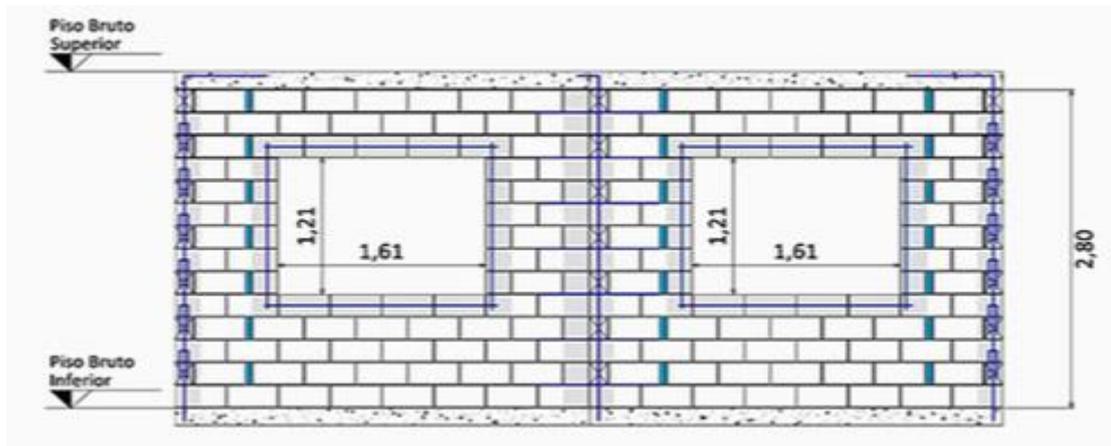
CAMACHO (2001), diz que o sistema construtivo de alvenaria estrutural é um processo de elevado rendimento de industrialização, organização e racionalização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo. Ou seja, o sistema construtivo envolve vários fatores e processos com um único objetivo de alcançar um resultado satisfatório e com excelência em sua execução. A construção civil vem crescendo cada dia mais, com isso as inovações, tecnologias e novos sistemas construtivos vão surgindo rapidamente, visando maior qualidade nos serviços e reduzindo os custos desnecessários nos canteiros de obras.

Segundo Nese e Tauil (2010), no sistema construtivo alvenaria estrutural não se utiliza pilares e vigas, pois as paredes chamadas de portantes que compõem a estrutura da edificação, faz a distribuição das cargas uniformemente nas fundações, e existem 3 tipos de alvenaria estrutural, que são:

2.3.1 Alvenaria não armada

É o tipo de alvenaria que não recebe graute, mas por razões construtivas, recebe aço em determinados pontos, como em vergas e contravergas de janelas a fim de se evitar fissuras e trincas devido à acomodação da estrutura, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Alvenaria não armada

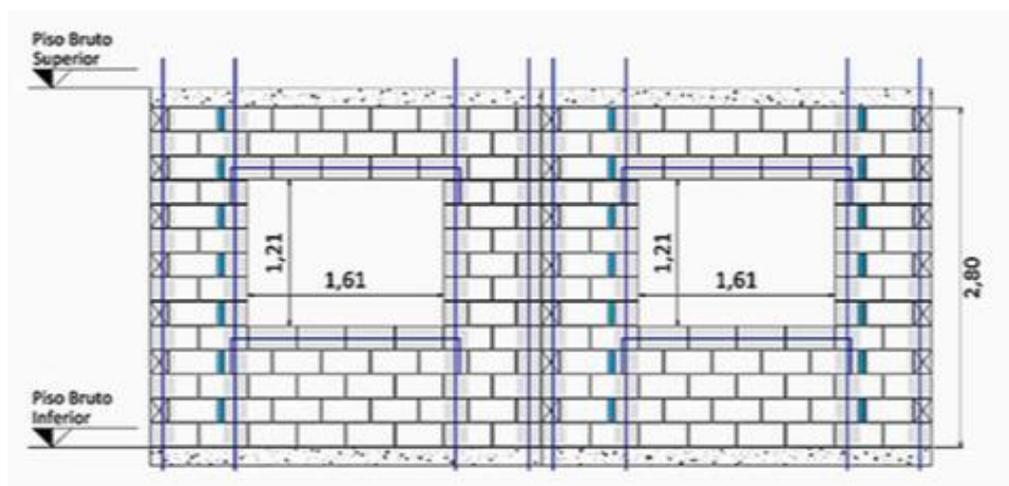


Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010)

2.3.2 Alvenaria armada ou parcialmente armada

É o tipo de alvenaria em que determinados pontos da estrutura devem receber reforços, são utilizados fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos que serão grauteados conforme figura 9.

Figura 9 - Alvenaria armada ou parcialmente armada

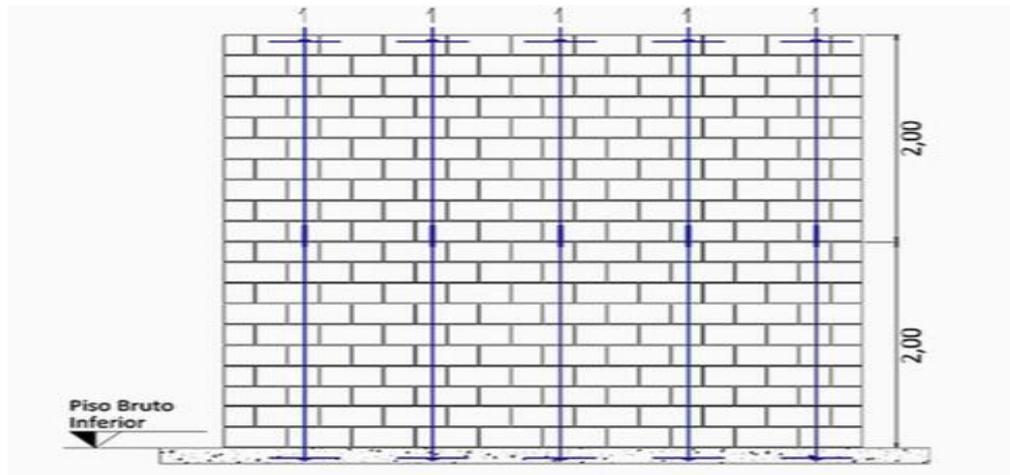


Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010)

2.3.3 Alvenaria protendida

Caracteriza-se por ser reforçada com armadura ativa, ou seja, pré-tensionada, sendo este sistema pouco utilizado devido ao alto custo, com os esforços de protensão, aumenta-se a resistência lateral da parede, prevenindo a mesma de esforços de ventos ou impactos, o esquema de protensão é mostrado na figura 10.

Figura 10 - Alvenaria Protendida



Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010)

2.4 Componentes da alvenaria estrutural blocos cerâmicos

Os materiais que compõem a alvenaria estrutural são:

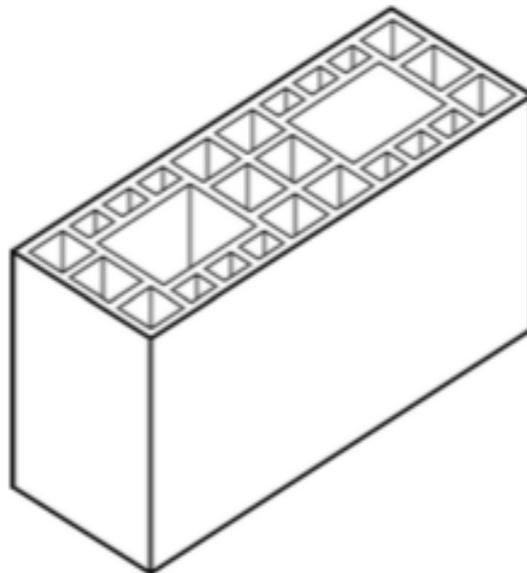
- Blocos Cerâmicos Estruturais
- Argamassas
- Grautes
- Armaduras
- Grampos e Telas

2.4.1 Blocos Cerâmicos Estruturais

Segundo a NBR 15270-2 (2005), os blocos cerâmicos estruturais são o componente da alvenaria que possui furos prismáticos perpendiculares as faces que o contem, e podem ser divididos em blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas, paredes maciças ou perfurado.

- a) **Bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas** – é o componente da alvenaria com paredes vazadas, este bloco pode ser utilizado em alvenaria não armada, armada ou protendida, seu formato é mostrado na figura 11.

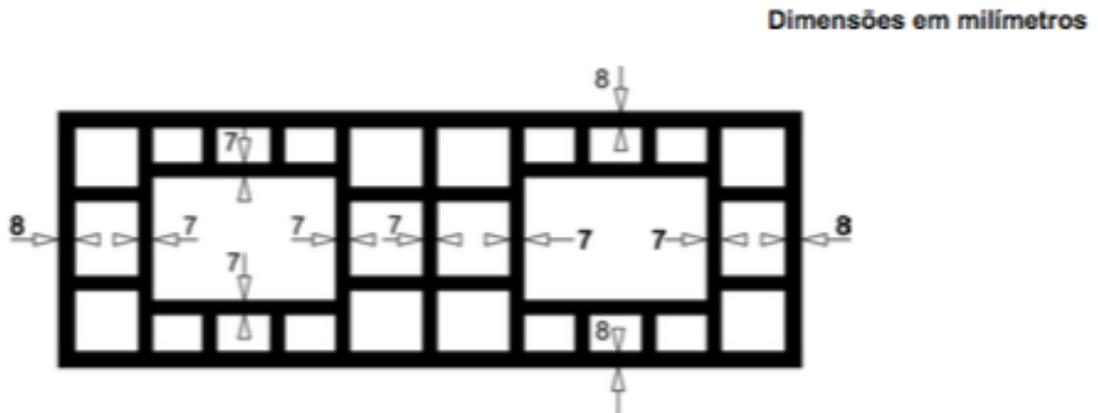
Figura 11 - Bloco cerâmico estrutural com paredes vazadas



Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

Os blocos cerâmicos de paredes vazadas devem possuir larguras de septos de paredes internas de sete mm e externas de oito mm, como é mostrado na figura 12.

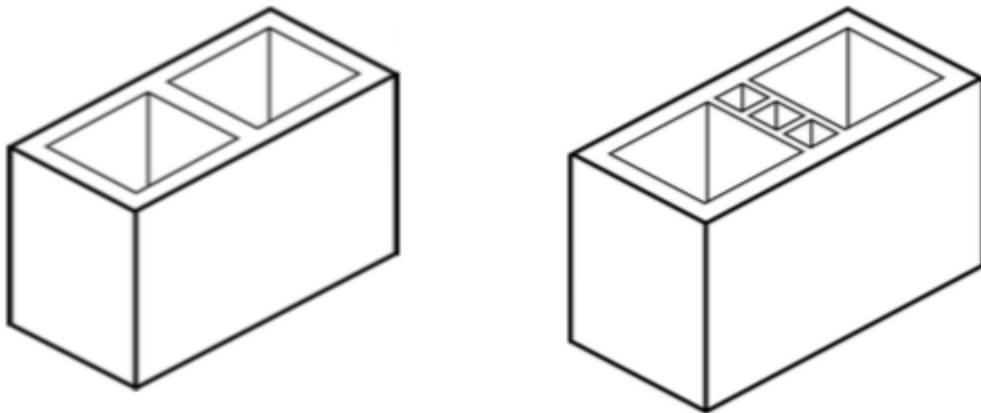
Figura 12 - Espessuras mínimas dos septos de blocos vazados



Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

- b) **Blocos cerâmicos estruturais de paredes maciças** – é o componente onde as paredes externas são maciças e as internas podem ser maciças ou vazadas empregados também na alvenaria não armada, armada ou protendida, sua forma é mostrado na figura 13.

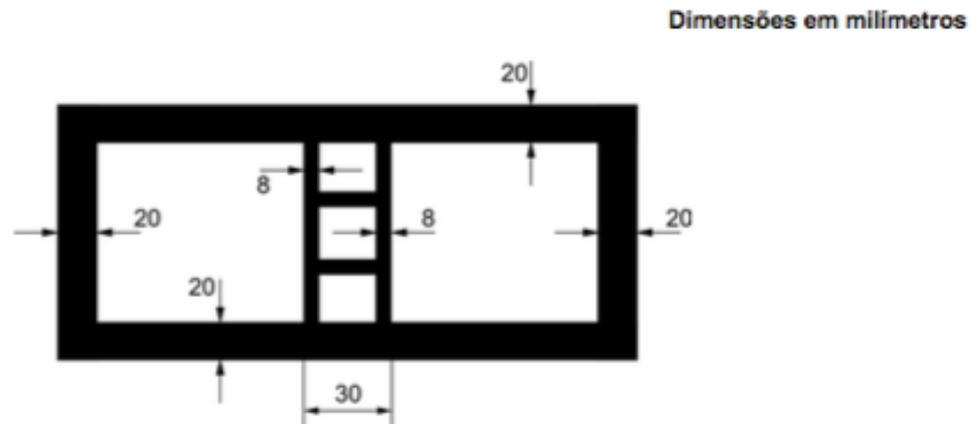
Figura 13 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças



Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

Os blocos cerâmicos de paredes maciças devem possuir espessura mínima das paredes de 20 mm, podendo as paredes internas apresentar vazados, desde que a sua espessura total seja no mínimo 30 mm, sendo 8 mm a espessura mínima de qualquer septo, conforme mostrado na figura 14.

Figura 14 - Espessuras mínimas dos septos de bloco maciço

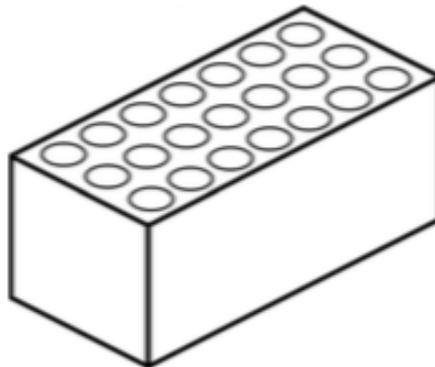


Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

- c) **Bloco cerâmico estrutural perfurado** – é o tipo de bloco que os vazados são distribuídos em toda sua face de assentamento, empregado somente em alvenaria estrutural não armada por definição da NBR 15270-2, seu formato é mostrado na figura 15.

d)

Figura 15 - Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças



Fonte: ABNT NBR 15270-2:2005

Segundo a NBR 15270-2 os blocos cerâmicos perfurados, devem ter espessura mínima das paredes externas e dos septos de oito mm.

Por definição da ABNT NBR 15270-2:2005, o bloco cerâmico estrutural deve obrigatoriamente possuir forma prismática reta, sendo inadmissível defeitos e irregularidades em sua superfície, e a resistência característica (fbk) é estabelecida por meio de ensaios de resistência a compressão, sendo obrigatória uma resistência mínima fbk de 3 Mpa.

Segundo o manual técnico de execução de alvenaria estrutural racionalizada em blocos cerâmicos, o bloco estrutural é fabricado por extrusão a partir da mistura de um ou mais tipos de argilas, e queimado a temperatura entre 800 a 1100 C, a temperatura faz com que o bloco ganhe resistência mecânica e regularidade dimensional.

Os blocos na alvenaria estrutural representam cerca de 90% do volume do conjunto, sendo que os blocos do tipo cerâmico são mais leves e causa menos carregamento a estrutura.

A alvenaria com blocos cerâmicos, do ponto de vista ambiental é o que menos causa impacto, se comparado com o bloco estrutural de concreto segundo estudo realizado pela empresa canadense Quantis, onde a mesma traz vantagens do uso do bloco cerâmico estrutural que são:

- I. Paredes com blocos cerâmicos têm menos variações a mudanças climáticas
- II. Os blocos cerâmicos causam menos impactos ambientais, pois emitem 83% menos gases de efeito estufa.
- III. Na produção do bloco cerâmico consome-se menos dos recursos naturais, cerca de 43% menos quando comparado ao bloco de concreto estrutural.
- IV. A parede construída de blocos cerâmico necessita de 84% menos água que a parede de bloco de concreto.

Os blocos estruturais são divididos por famílias, onde as mesmas caracterizam-se pela largura do bloco, e cada família possui diferentes comprimentos para serem utilizados na compatibilização do projeto, as famílias mais utilizadas na alvenaria estrutural de bloco cerâmico são a família de 14x29 e 14x39, conforme figura 16:

Figura 16 - Famílias dos blocos estruturais

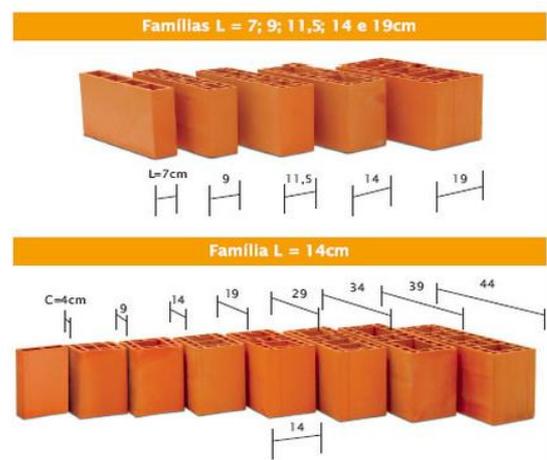
Compreende blocos no padrão de 19cm (H) agrupados em cinco famílias para construção de paredes com Larguras (L) de 7 a 19cm:

Largura (L):

- Família 7cm
- Família 9cm
- Família 11,5cm
- Família 14cm
- Família 19cm

Cada família é composta por blocos de diferentes comprimentos (C).

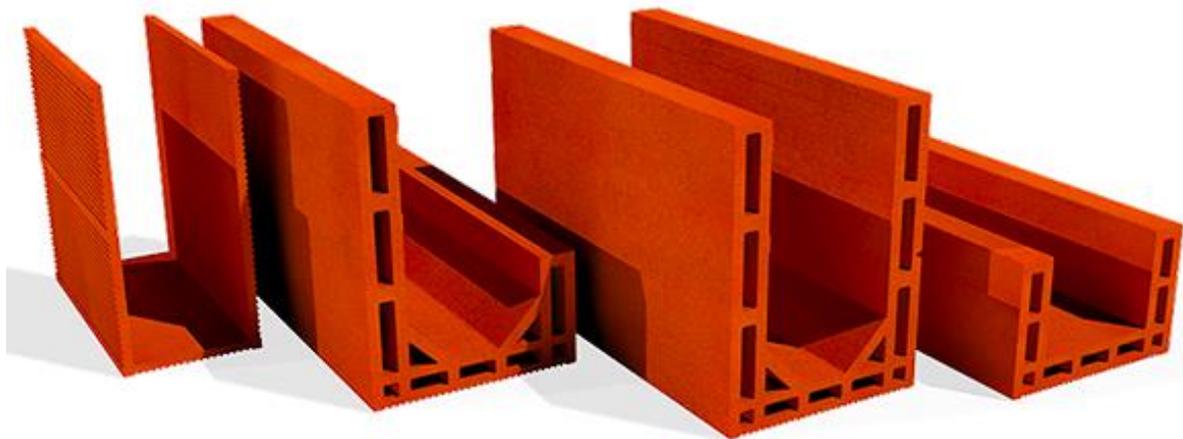
A Família 14 apresenta de C=4 até C=44cm



Fonte: <http://www.tadeublocosestruturais.com.br/>

Existem ainda os blocos do tipo canaleta, que podem ser vazados ou não, sendo utilizados para facilitar a construção de vergas, contra-verga, cintas de amarração e fechamento das lajes, conforme figura 17:

Figura 17 - Canaleta cerâmica com função estrutural



Fonte: <http://www.cincera.com.br/>

2.4.2 Argamassa

Segundo a ABNT NBR 13281(2001), argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes e água, podendo conter aditivos e adições com propriedades de aderência e endurecimento, esta mistura pode ser dosada na obra ou em central de usinagem.

2.4.2.1 Argamassa na Alvenaria Estrutural

A argamassa é responsável por distribuir toda carga para os respectivos blocos que a ela estão ligadas, ou seja, ela torna-se a emenda entre os componentes estruturais, tendo também que suportar cargas e unir os prismas.

Segundo Nese e Tauil (2010), a função da argamassa é ligar os componentes da estrutura e vedar as juntas a fim de impermeabilizar contra a entrada de água, sendo composta de cimento, cal e areia. Na mistura o cimento é responsável por dar resistência e dureza, a cal é responsável pela trabalhabilidade, retenção a água e plasticidade e a areia tem função de enchimento e diminuir o assentamento da massa, evitando-se a retração.

Nese e Tauil (2010), mostra os traços de argamassa em volume e seus tipos conforme tabela 2.

Tabela 2 - Tabela dos tipos de traços de argamassas

Tipo argamassa	Resistência à compressão mínima (28 dias) MPa	Cimento Portland	Cal hidratada		Areia	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
M	175	1,00	-	0,25	2,81	3,75
S	126	1,00	0,25	-	2,81	3,75
			-	0,5	3,37	4,50
N	53	1,00	0,50	-	3,37	4,50
			-	1,25	5,06	6,75
O	25	1,00	1,25	-	5,06	6,75
			-	2,50	7,87	10,50

Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010)

CAMACHO (2006), explica que as normas americanas especificam quatro tipos de argamassa, as do tipo M, S, N e O, conforme visto na tabela 2.

- Argamassa **M**: São recomendadas para alvenaria em contato com o solo, tais como fundações, muros de arrimo, entre outros, caracteriza-se por possuir uma alta resistência à compressão e excelente durabilidade.
- Argamassa **S**: É recomendada para alvenaria sujeita aos esforços de flexão, tem boa resistência à compressão e à tração quando confinada.
- Argamassa **N**: Esse tipo de argamassa é recomendado para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo, possui razoável resistência à compressão e boa durabilidade, esse tipo de argamassa é a mais comum em ser utilizada nas obras de pequeno porte Brasileiras.
- Argamassa **O**: É comumente usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0.70 MPA e não esteja exposta a meio agressivo, possui baixa resistência à compressão e conveniente para o uso em paredes de interiores.

Segundo Parsekian e Soares (2010), na alvenaria estrutural a argamassa tem como principal função, fazer a ligação entre blocos, uniformizando os apoios entre eles. Este conjunto bloco de cerâmica e argamassa forma um elemento misto denominada alvenaria, que por sua vez deve ser capaz de suportar diferentes tipos de carregamentos e diferentes condições ambientais a que estão expostas.

PARSEKIAN (2010) cita as principais funções da argamassa de assentamento que são:

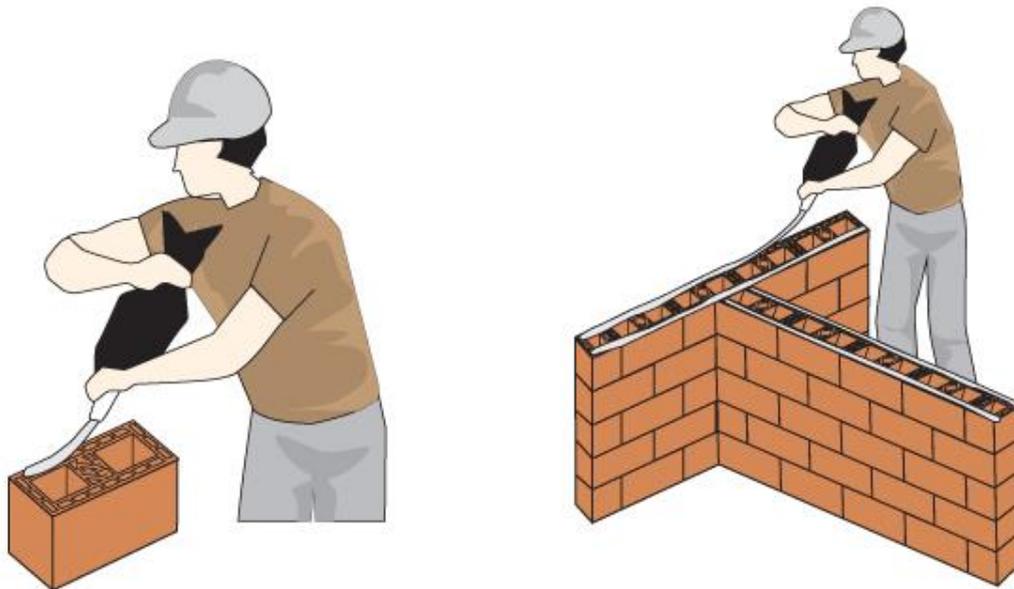
- Unir os blocos, distribuindo as cargas por toda área dos blocos, especificamente neste projeto os blocos cerâmicos.
- Compensar as imperfeições e variações de dimensão dos blocos.
- Vedar a parede, com função também de proteger da água e de outros agentes agressivos.
- Contribuir para a resistência da parede de maneira adequada

As argamassas possuem dois tipos de estados, o plástico e o endurecido e suas respectivas características. As principais características da argamassa no estado plástico são a trabalhabilidade e a capacidade de retenção de água, já a argamassa no estado endurecido leva

a vantagem na sua aderência, resistência a compressão e a retração. E suas utilizações de formas inadequadas é a causa de suas diversas patologias.

Para a argamassa, a trabalhabilidade é uma importante propriedade no estado plástico. Uma boa trabalhabilidade da argamassa é analisada pelo operário num simples gesto de aderência a colher de pedreiro, aderindo também a superfícies na vertical dos blocos. Faz-se também o uso de aditivos incorporadores de ar e cal, em geral, melhora a eficiência da trabalhabilidade, com alguns cuidados na dosagem de aditivos com o aumento do teor de ar incorporado, que, se for em excesso pode prejudicar a aderência. A figura 18 demonstra a aplicação da argamassa feita com bisonaga, bastante utilizadas em obras de alvenaria.

Figura 18 - Aplicação da argamassa de assentamento



Fonte: <http://www.selectablocos.com.br/>

Segundo Garcia (2000), deve-se dar grande importância a três fatores que influenciam diretamente na argamassa, que são:

- Utilização de juntas e a área preenchida

Como os blocos produzidos no Brasil não se apresentam com encaixe, de forma que a utilização da argamassa de assentamento se torna fundamental para a união dos blocos e composição dos painéis. Entretanto, por serem regiões de descontinuidade de material e por serem materiais de comportamentos diferentes, a presença dessas interfaces formam

superfícies de clivagem que diminuem a resistência do conjunto.

Com relação às juntas horizontais, alguns autores relatam que o não preenchimento dos septos transversais reduz consideravelmente a capacidade de resistência da parede à compressão. Em relação as juntas verticais CAMACHO (1995), diz que essas juntas causam poucas interferências a resistência da parede.

- Espessura da junta

Segundo GOMES (1983), foi comprovado que a resistência da parede decresce com o aumento da espessura da junta. Isso se explica pelo fato de haver um aumento da tensão de tração na argamassa com o aumento da sua espessura.

- Resistência a compressão

GOMES (1983) concluiu que a argamassa de assentamento deve ter, como resistência mínima, 70% da resistência do bloco e como máxima, a própria resistência do bloco.

2.4.2.2 Argamassa na Alvenaria de Vedação

Segundo o Código de Práticas de Alvenaria de Vedação, são recomendadas as argamassas mistas, compostas por cimento e cal hidratada, para o assentamento, podendo-se ser utilizada argamassa industrializada ou preparada em obra e devem atender aos requisitos estabelecidos na norma NBR 13281. O cimento faz a aderência das paredes, e tem importante papel na resistência mecânica da parede e na estanqueidade à água das juntas. Na preparação da argamassa, sempre que possível, deve-se evitar a utilização de cimentos CP III ou pozolânico CP IV, pois, com a presença de escória de alto forno e de material pozolânico, a argamassa pode ter elevada retração caso não haja adequada hidratação do aglomerante; esses tipos de cimento, podem ser utilizados em situações em que se tenta prevenir reações de compostos do cimento com sulfatos. O traço da argamassa deve ser estabelecido em função das diferentes exigências de aderência, impermeabilidade da junta, retenção de água, plasticidade requerida para o assentamento e módulo de deformação, a Tabela 3 abaixo demonstra os traços de argamassas utilizados na alvenaria de vedação.

Tabela 3 - Traços de Argamassa de Alvenaria de Vedação

Material	Composição em volume – materiais na umidade natural			
	cimento	cal hidratada	areia	pedrisco
Argamassa de assentamento*	1	2	9 a 12	-
Argamassa de fixação (“encunhamento”)	1	3	12 a 15	-

Fonte: Código de Práticas de Alvenaria de Vedação

Utilizando-se argamassas de assentamento industrializadas ou pré-dosadas, são válidas todas as especificações anteriores, sendo que algumas argamassas são dosadas sem a introdução de cal hidratada, compensando-se essa ausência com a introdução de aditivos que podem ser plastificantes, incorporadores de ar e retentores de água, os resultados finais, em termos de aderência, módulo de deformação e outros requisitos, devem ser o mesmo. O assentamento dos blocos de vedação poderá ser feito com colher de pedreiro, meia-cana, bisnaga, régua de assentar ou “palheta”.

2.4.3 Graute

Utilizado em alvenaria estrutural, NESE e TAUIL (2010), explica que graute é um concreto feito de agregados miúdos, destinado a preencher os vazios dos blocos em locais especificados pelo calculista do projeto, deve ser misturado em betoneira na obra ou usinados em centrais de concreto, é composto de areia, pedrisco, cimento e cal, é recomendado que quando lançado entre os furos, seja vibrado para uma melhor homogeneidade, tomando-se cuidado para não abalar a estrutura.

A utilização do graute torna-se muitas vezes imprescindível para a execução de uma obra em alvenaria estrutural, seja ela armada ou não. Em ensaios realizados com paredes com e sem graute, GOMES (1983), concluiu que, para que haja uma colaboração eficaz do graute na resistência à compressão da parede, a sua resistência deve ser igual ou superior a do bloco.

NESE & TAUIL (2010), demonstra uma tabela de traço em volume, de grautes retirada da ASTM C-476, como mostrado na tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de traço de graute em volume

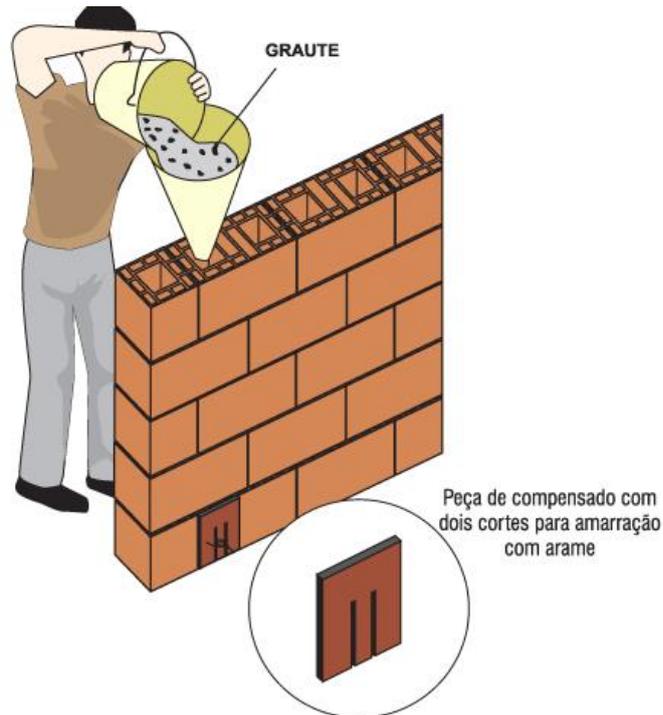
Tipo	Cimento Portland	Cal hidratada		Agregados	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Graute fino	1,00	0	-	2,25 – 3,00	-
		-	0,1	2,47 – 3,30	-
Graute grosso	1,00	0	-	2,25 – 3,00	1,00 – 2,00
		-	0,1	2,47 – 3,30	1,00 – 2,20

Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010).

Segundo Parsekian (2010), é recomendado que a resistência do graute não seja menor que 15 MPa, sendo este valor o mínimo obrigatório em pontos com armaduras para ter a garantia de uma aderência. Segundo Camacho (2006), graute é um micro concreto, composto de cimento, água, agregados miúdos, agregados graúdos de até 9,5 mm de diâmetro, devendo se apresentar com auto índice de fluidez para preencher adequadamente os vazios dos blocos. As principais funções do graute é aumentar a resistência da parede e proporcionar aderência entre armadura e parede. Deve-se na construção da parede, deixar caixas de inspeções para que se verifique se o graute alcançou todos os furos do bloco chegando à base, como é mostrado na figura 19.

O lançamento do graute, é efetuado após a limpeza do furo e deve ser feito no mínimo após 24 horas do assentamento dos blocos, a altura máxima de lançamento é de 3m sendo recomendado, para alturas superiores a 1,6m o graute auto adensável.

Figura 19 - adição do graute na parede



Fonte: <http://www.selectablocos.com.br/>

2.4.4 Armaduras

A NBR 6118:2014, classifica as armaduras como o elemento da estrutura destinada a receber esforços de tração, abaixo será explicado onde as armaduras atuam na alvenaria estrutural e na alvenaria de vedação.

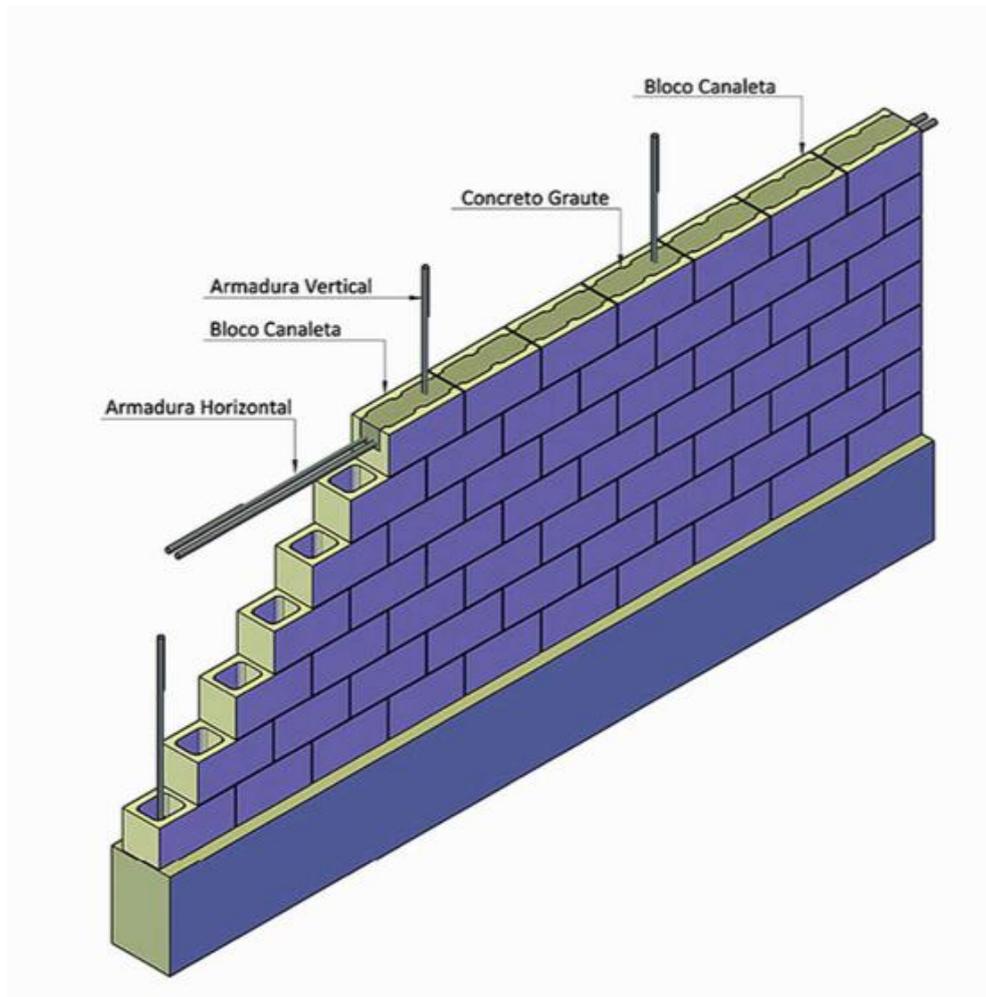
2.4.4.1 Armaduras na Alvenaria Estrutural

Segundo Camacho (2006), na alvenaria estrutural, as armaduras são as mesmas utilizadas no concreto armado, estado presente na estrutura de forma construtiva ou com função estrutural em determinados pontos. As armaduras têm função de absorver esforços de tração e cobrir necessidades construtivas de normas.

RAMALHO E CORREA (2003), explica que as barras que se utiliza na alvenaria estrutural são as mesmas que no concreto armado, porem são sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho do conjunto alvenaria.

A figura 20, mostra os tipos de armaduras em uma parede de alvenaria estrutural:

Figura 20 - Detalhe das armaduras



Fonte: Alvenaria Estrutural, Nese e Tauil (2010).

2.4.4.2 Armaduras na Alvenaria de Vedação

Na alvenaria de vedação as armaduras estão dispostas exclusivamente nos pilares e vigas que compõe a estrutura, e segundo a NBR 6118:2014, as armaduras de tração em pilares e vigas são determinadas pelo dimensionamento da seção a um momento fletor.

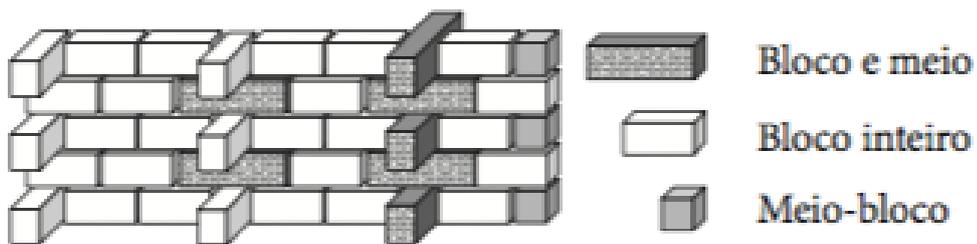
2.4.5 Grampos e telas na alvenaria

Os grampos na alvenaria são utilizados em ocasiões de paredes duplas, para uma melhor amarração, as telas são colocadas entre fiadas onde se tem o encontro entre alvenaria estrutural e alvenaria de vedação para que se consiga uma boa amarração da estrutura.

2.4.5.1 Grampos e Telas na Alvenaria Estrutural

Segundo Parsekian (2012), existem dois tipos de amarração na alvenaria estrutural, a direta e a indireta. A amarração direta é a mais recomendada, pois melhora a distribuição de cargas feitas pelos blocos conforme figura 21.

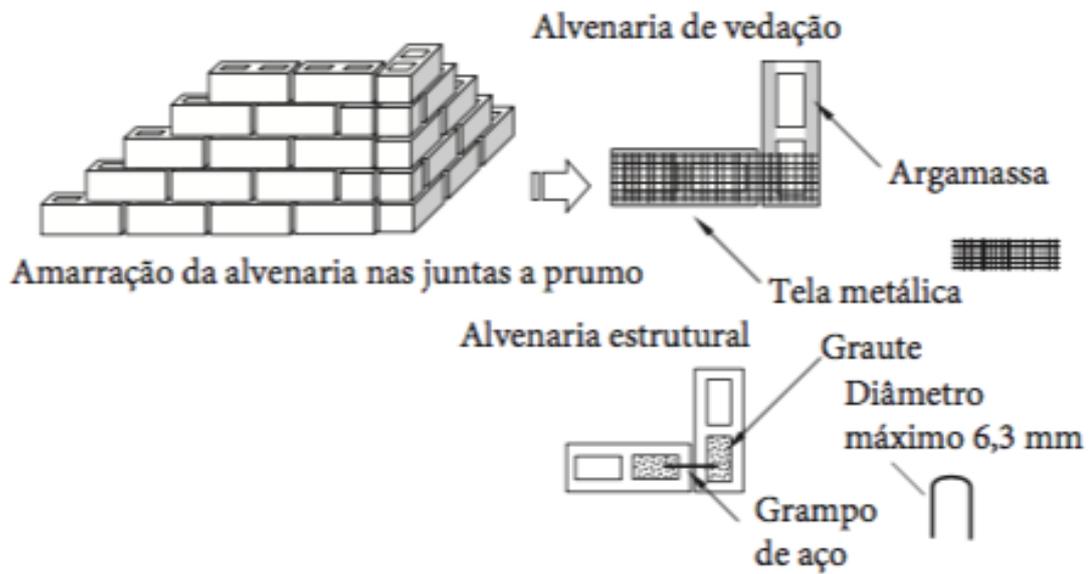
Figura 21 - Detalhe da amarração direta



Fonte: Parâmetros de Projetos em Alvenaria Estrutural, Parsekian, 2012.

Já a amarração indireta não é recomendada pois cuidados devem ser tomados em sua utilização, como por exemplo que a parede tombe, por isso faz-se o uso de grampos e telas na amarração indireta, para melhorar a estabilidade da estrutura conforme Figura 22.

Figura 22 - Detalhe da amarração Indireta

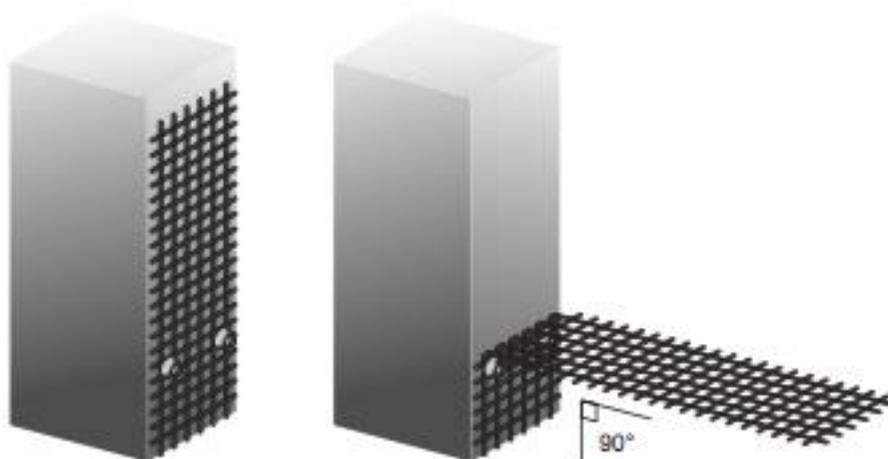


Fonte: Parâmetros de Projetos em Alvenaria Estrutural, Parsekian, 2012.

2.4.5.2 Grampos e Telas na Alvenaria de Vedação

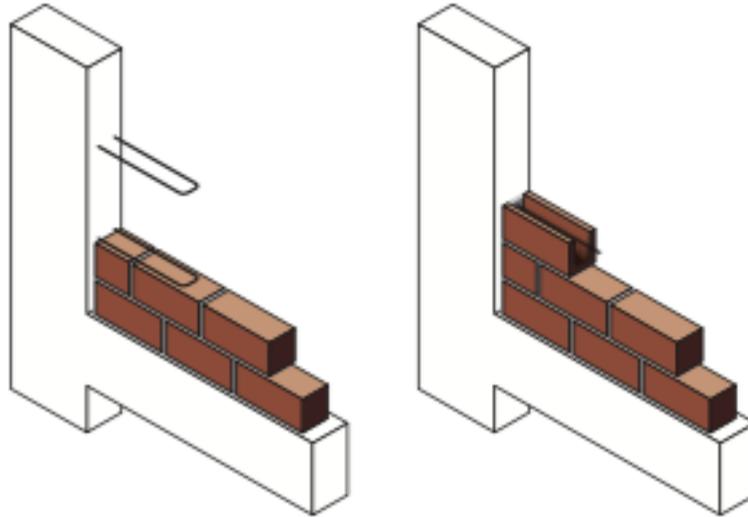
Segundo o código de práticas de alvenaria de vedação, no projeto de alvenaria deve-se definir a forma de ligação das paredes com pilares, para se evitar patologias estruturais futuras, em regra são utilizadas telas conforme figura 23 e grampos conforme a figura 24.

Figura 23 - Tela de Ligação



Fonte: Código de Práticas de Alvenaria de Vedação.

Figura 24 - Grampos de Amarração



Fonte: Código de Práticas de Alvenaria de Vedação.

2.5 Modulação da alvenaria

Neste item serão demonstrados os sistemas de modulação da alvenaria estrutural e da alvenaria de vedação.

2.5.1 Modulação da Alvenaria Estrutural

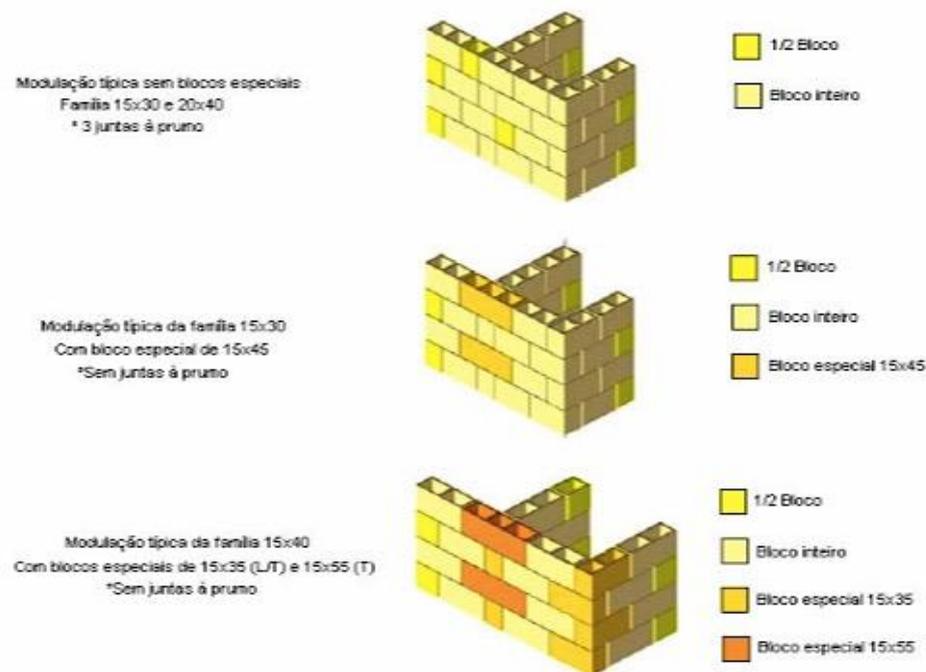
Segundo Nese e Tauil (2010), modular a alvenaria é organizar todas as peças ou componentes que fazem parte do edifício. Esta etapa é a mais importante de todo o projeto, tudo deve ser previsto e pensado para que não haja discordâncias entre as amarrações dos blocos, e os projetos elétrico e hidráulico.

CAMACHO (2006), diz que a modulação consiste em ajustar as dimensões da obra, verticais e horizontais como múltiplo das dimensões básicas da unidade, tendo como objetivo evitar cortes e desperdícios. É nesta fase que devem ser previstos todos os encontros de

parede, aberturas, ponto de graute e armadura, ligação laje e parede, caixas de passagem, colocação de pré-moldados e instalações em geral.

Na fase de modulação deve-se atentar a formação de juntas verticais e de prumos que devem ser evitadas, uma vez que as mesmas podem trazer futuras patologias à estrutura, como fissuras. É comum na modulação as dimensões de referência de 15 ou 20 cm, sendo ideal que se tenha unidades que apresentem o comprimento como sendo o dobro da largura, pois assim, a quantidade de blocos especiais na obra é reduzida. A figura 25 a seguir, mostra tipos de amarrações de alvenaria.

Figura 25 - Tipos de Modulação



Fonte: Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural, Camacho, 2006.

Segundo o Manual Técnico de Execução de Alvenaria Estrutural, na execução dos projetos não se deve quebrar blocos, e para evitar a quebra, faz-se necessário que as dimensões arquitetônicas sigam um padrão modular, ou seja, que tenham medidas múltiplas de dimensões padrão, para que os blocos se ajustem na estrutura.

A modulação é a parte mais importante da obra, é nela que se faz a racionalização da produção e permite alta produtividade. A seguir serão apresentados os tipos mais comuns de modulação para blocos cerâmicos, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Tipos de Modulações

Modulações Comuns em Blocos Cerâmicos Estruturais		
Dimensão de fabricação	Dimensão modular	"Modulação" ou dimensão dos vãos na planta de arquitetura
11,5x19x39	12,5x20	Em geral múltiplos de 20 cm, podem aparecer medidas diferentes.
14x19x29	15x30	Múltiplos de 15 cm
14x19x39	15x40	Em geral múltiplos de 20 cm, podem aparecer medidas diferentes.
19x19x39	20x40	Múltiplos de 20 cm

Fonte: <http://acervir.com.br/>

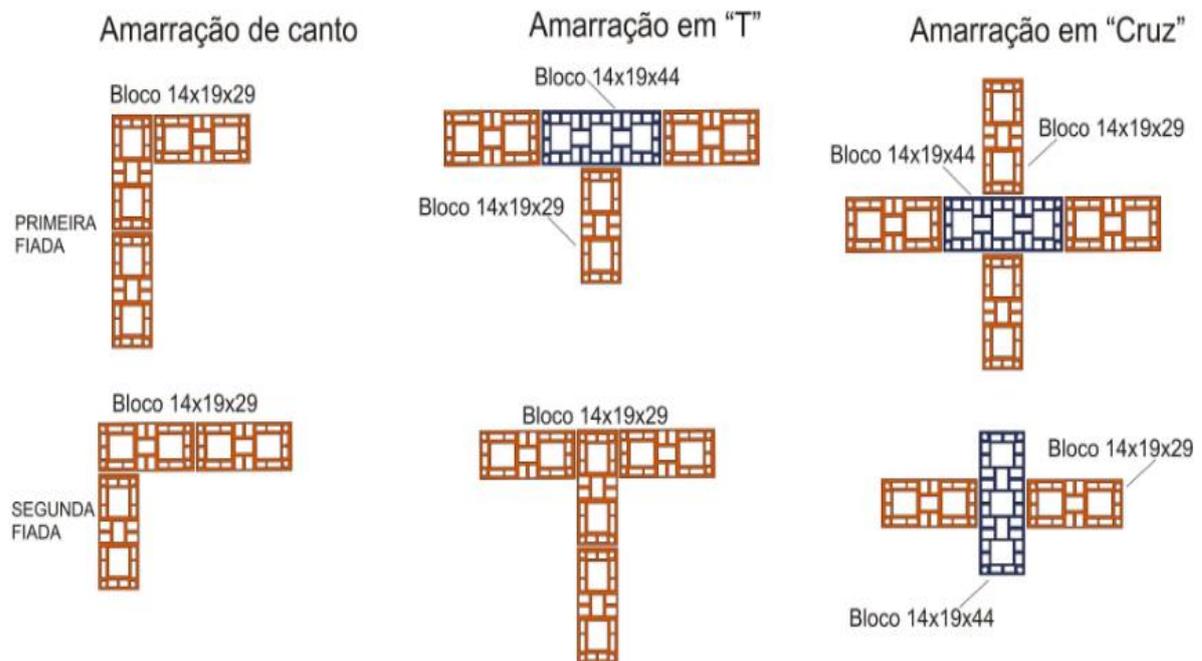
2.5.1.1 Modulação Horizontal – Blocos 11,5x19x39

Este tipo de modulação pode ser uma boa alternativa para viabilização de edifícios de até dois pavimentos. Segundo a ABNT NBR 15812:2012, não se admite parede estrutural com espessura inferior a 14 cm para edificações com mais de dois pavimentos, desta forma esse tipo de modulação fica limitada.

2.5.1.2 Modulação Horizontal – Bloco 14x19x29

A modulação 14x29x39 é a mais usual e mais adequada de se projetar e executar, a largura do bloco é metade do comprimento e nos encontros não se utiliza blocos especiais, e para se fazer paredes em T, faz-se necessário a utilização do bloco de amarração 14x19x44, conforme figura 26.

Figura 26 - Modulação 14x19x29



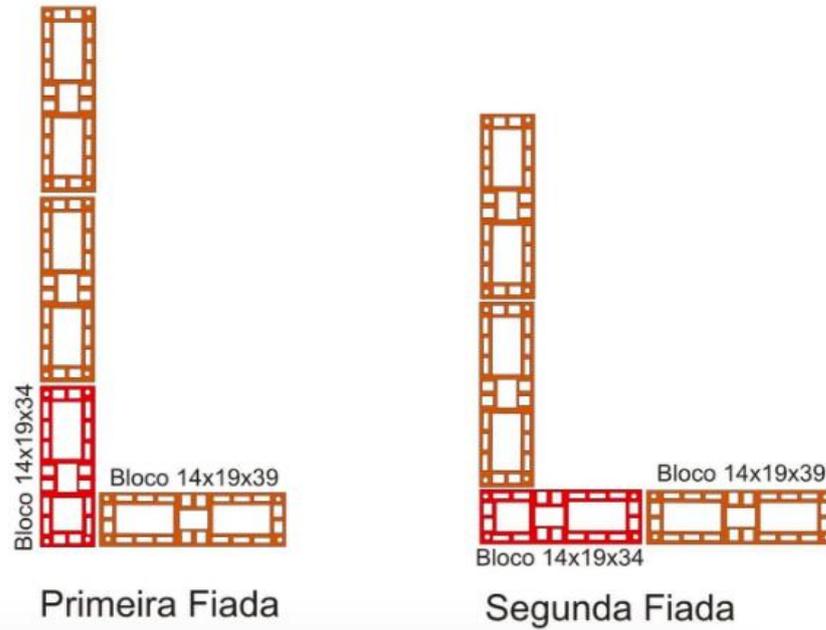
Fonte: <http://acervir.com.br/>

2.5.1.3 Modulação Horizontal – Bloco 14x19x39

Este tipo de modulação tem a desvantagem de o comprimento não ser proporcional a largura, faz-se necessário nos cantos à utilização de blocos de dimensões 14x19x34 e para a amarração T o bloco de 14x19x44, conforme figura 27 e 28.

Figura 27 - Modulação 14x19x39 – Amarração de canto

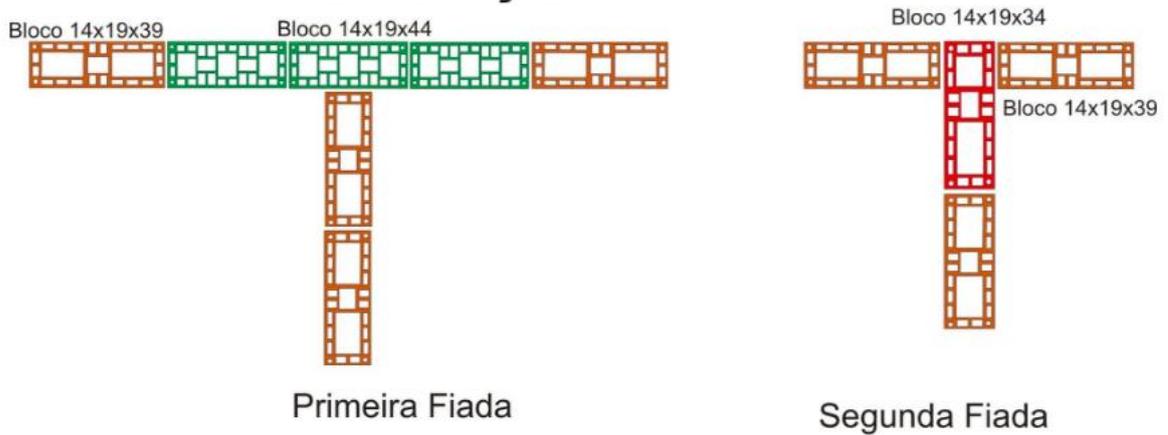
Amarração de canto



Fonte: <http://acervir.com.br/>

Figura 28 - Modulação 14x19x39 – Amarração em T

Amarração em “T”



Fonte: <http://acervir.com.br/>

2.5.2 Modulação da Alvenaria Convencional

Segundo Moraes (2008), na alvenaria convencional as plantas de modulação apresentam a distribuição horizontal dos blocos da primeira e segunda fiada e contem as seguintes informações:

- A locação dos pilares e vigas da estrutura
- A amarração da parede
- Locação da alvenaria e a marcação das fiadas
- A numeração das paredes
- Os locais de redes elétricas e hidráulicas
- Cotas de vãos de portas e janelas

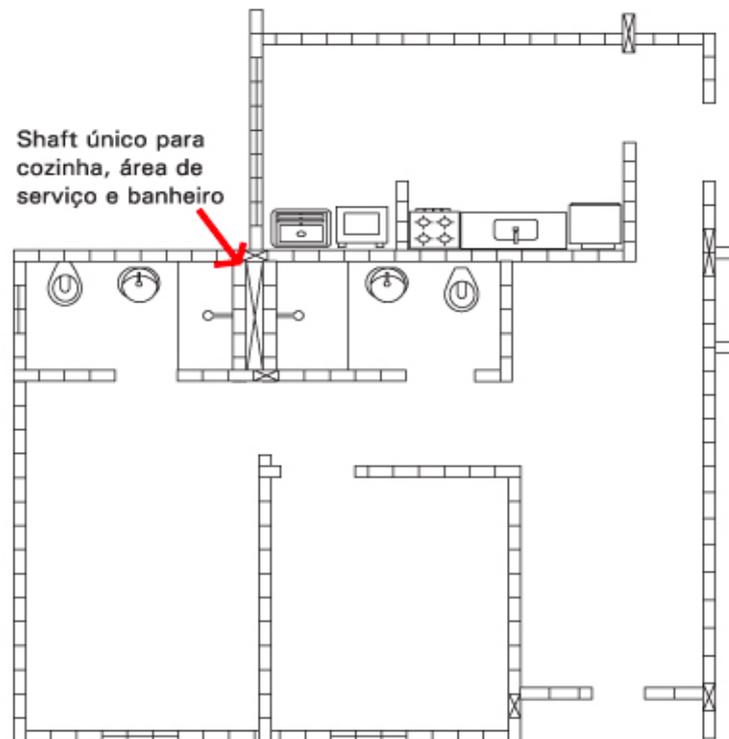
2.6 Instalações hidráulicas na alvenaria estrutural

Segundo Nese e Tauil (2010), na etapa de instalações hidráulicas deve-se prever todas as soluções de passagem para que se evite cortes nos blocos. Cortes e rasgos nos blocos significam desperdícios, maior consumo de material e mão de obra, as soluções que podem ser adotadas para passagem de dutos hidrossanitários são:

- Devem-se utilizar paredes nas quais não exista graute para o embutimento das tubulações, com passagem das mesmas pelos furos dos blocos.
- Pode-se adotar de aberturas de passagens tipo shafts.
- Faz - se o emprego de paredes com espessura menor, sobre as quais são instalados os dutos, com posterior enchimento da diferença de espessura.
- Se for possível, faz-se a utilização de blocos especiais, recomenda-se que as aberturas para passagem de tubulação e fixação de registros sejam feitas em bancadas fora do local do assentamento.

Uma das melhores alternativas para passagem de dutos é pela utilização de shafts, que podem ser fechados com alvenaria de vedação não causando riscos ao sistema construtivo estrutural, como é mostrado na figura 29.

Figura 29 - Shaft de Passagem de Dutos Hidrossanitários



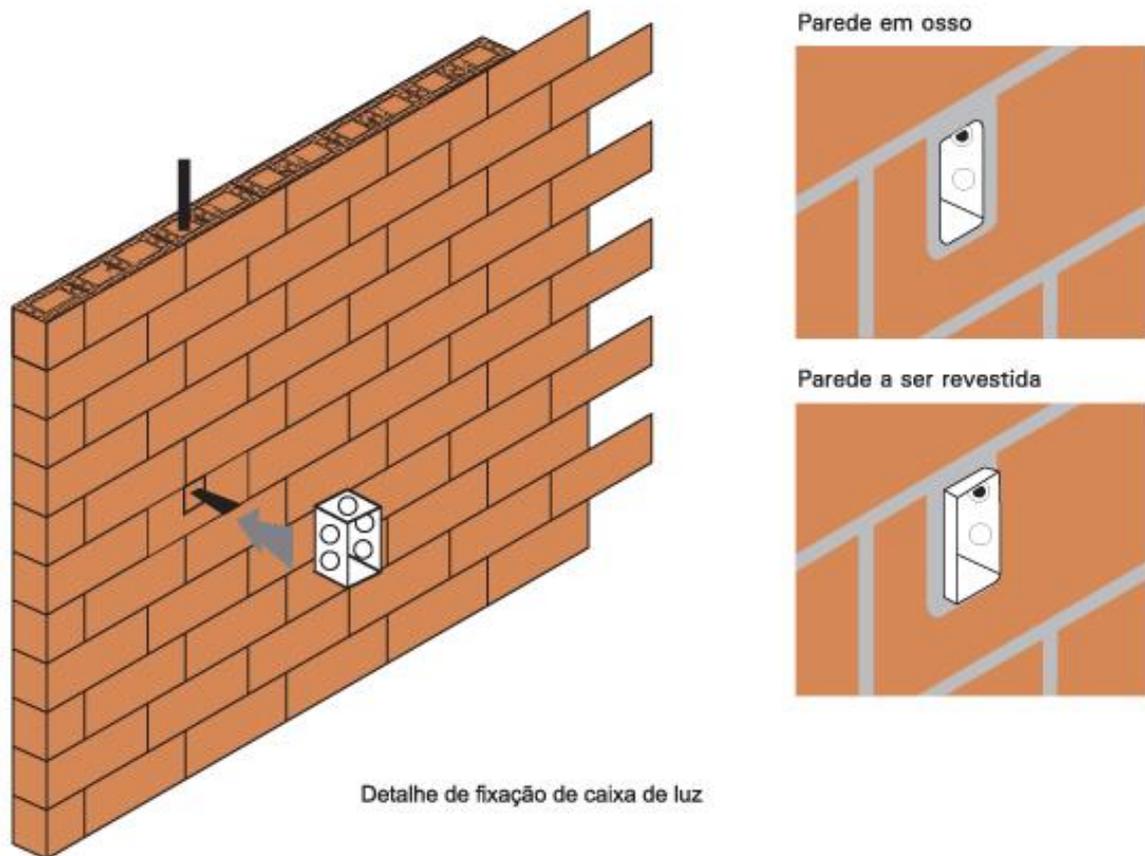
Fonte: <http://www.selectblocos.com.br/>

2.7 Instalações elétricas na alvenaria estrutural

NESE E TAUIL (2010), dizem que o projeto elétrico é composto de tubulações de passagem de fios de eletricidade, telefonia, alarmes entre outros. Para a concepção do projeto devem-se seguir as especificações e condicionantes no projeto arquitetônico.

Para as passagens dos dutos devem-se utilizar blocos vazados e as caixas de tomada e interruptores previamente instaladas em blocos cortados, que serão assentados em locais já determinados, como mostra a figura 30.

Figura 30 - Passagem e Instalação das Caixas de Tomada



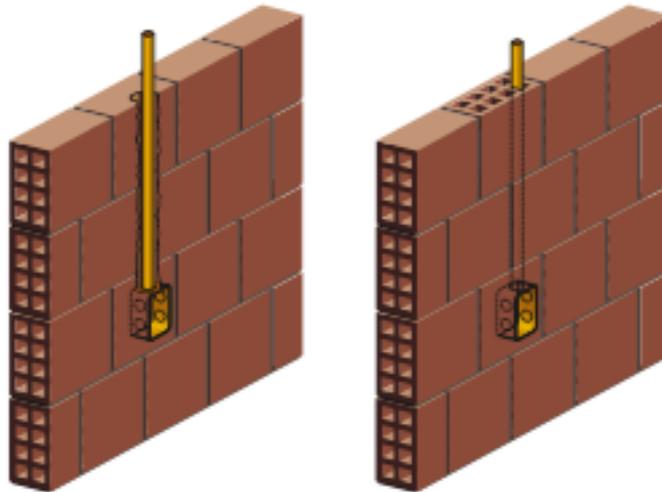
Fonte: <http://www.selectablocos.com.br/>

Segundo Nese e Tauil (2010), as caixas de passagem devem estar definidas no previamente no projeto executivo, em dimensões que evitem cortes drásticos na alvenaria, as dimensões dos cortes devem ser informadas ao calculista para verificação dos cálculos e se será preciso um reforço na estrutura.

2.8 Instalações hidráulicas e elétricas na alvenaria de vedação

O código de praticas de alvenaria de vedação define que, projetos prediais na alvenaria de vedação devem ser realizados antes do projeto executivo da alvenaria, ou serem desenvolvidos em conjunto com a execução da parede propriamente dita, contendo assim os locais de posicionamento de tubos e eletrodutos, caixas de luz ou telefone, pontos de tomada, cintas de amarração, necessidade de blocos compensadores e outros detalhes. Evitar-se ao máximo o corte na alvenaria, utilizando-se os furos dos blocos para caminhamento vertical de tubos e eletrodutos. Pode-se utilizar blocos mais estreitos para caminhamento de dutos de pequena bitola na parede, shafts para a passagem de prumadas onde se tem vários dutos, enchimentos ou carenagens sob tampos de pia para alojamento dos tubos, passagem através de forros, pisos elevados e etc. A figura 31 abaixo mostra um exemplo de rasgos ou passagem pelo próprio furo do bloco, no caminhamento de dutos em paredes de alvenaria de vedação.

Figura 31 - Passagem dos dutos



Fonte: Código de Praticas de Alvenaria de Vedação.

3 METODOLOGIA

A análise tomou como base principal para as informações o referencial teórico, através de livros, artigos, normas, teses e outros trabalhos possibilitou a realização de um estudo comparativo, visando uma avaliação ampla qualitativa entre os pontos positivos e negativos para os dois métodos construtivos, e também uma breve análise quantitativa através de estudos já realizados no meio acadêmico.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Os dois métodos construtivos estudados possuem suas vantagens e desvantagens, como todo material cada qual com sua finalidade.

4.1 Vantagens do Concreto Armado (Alvenaria Convencional)

O concreto armado no geral, onde a alvenaria convencional se encontra possui vantagens quanto ao seu uso, que são:

- Liberdade ao projetista do ponto de vista estrutural;
- Apresenta-se com boa resistência quando solicitada;
- As técnicas de execução são dominadas em todo país;
- Em diversas situações pode competir com estruturas de aço no ponto de vista economia;
- É durável, se for bem executado;
- Apresenta durabilidade e resistência ao fogo;
- Pode ser pré-moldadas, acelerando o processo de construção;
- É resistente a intempéries, efeitos térmicos e etc.;

4.2 Desvantagens do Concreto Armado (Alvenaria Convencional)

As desvantagens encontradas no sistema construtivo de concreto armado são:

- Dependendo da ação atuante na estrutura, tem-se elementos de elevado peso próprio, ou seja, elementos robustos que elevam o custo;
- Dificuldade em reformas e adaptações pós construção;
- É necessário sistema de formas e escoramentos até que o concreto atinja a resistência prevista aos 28 dias.

4.3 Vantagens da Alvenaria Estrutural

Para se falar dos mais importantes aspectos técnicos e econômicos da alvenaria estrutural, abaixo serão apresentadas as características que podem representar as principais vantagens da alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais de concreto armado, que são:

a. Redução nos revestimentos

Ao se utilizar blocos de qualidade controlada, e um maior controle na execução, geralmente em paredes internas, o gesso é aplicado diretamente no bloco, sem precisar fazer o chapisco, emboço e reboco.

b. Redução nos desperdícios

Como a execução das paredes onde passarão instalações devem ser previstas antes da colocação dos blocos, reduz-se desperdícios ao se evitar cortes, rasgos e quebras de blocos.

c. Redução na mão de obra

Profissionais que no sistema de concreto armado seriam utilizados, como por exemplo, armadores, carpinteiros e etc., no sistema de alvenaria estrutural não se necessita esse tipo de mão de obra.

d. Flexibilização no ritmo da obra

A obra será mais rápida em relação ao concreto armado, devido a não utilização de peças que dependem do tempo de cura, pode-se flexibilizar o ritmo de obra para um melhor aproveitamento de pessoal.

4.4 Desvantagens da Alvenaria Estrutural

Mesmo que o sistema apresente vantagens relevantes, algumas desvantagens existem na alvenaria estrutural, que são:

- Dificuldade na adaptação da arquitetura;
- Risco de erros no projeto devido à interferência dos sistemas prediais;
- Necessidade de mão de obra extremamente qualificada;

- Impossibilidade de mudanças de projetos;

4.5 Comparação de custos

NUNES e JUNGES (2008), apresentam um estudo comparativo sobre os custos da alvenaria convencional e a alvenaria estrutural como mostra a Tabela 6. Utilizando-se de um edifício fictício, o mesmo é composto por térreo e três pavimentos tipos, cada pavimento dividido em dois patamares, e acima do último pavimento tem-se o barrilete e a caixa d'água. Cada pavimento tipo possui quatro apartamentos, com exceção do térreo, que apresenta no espaço de um apartamento uma sala de jogos. A área útil de um apartamento soma 58,74 m², com um quarto, uma suíte, sala, sacada, cozinha e área de serviço.

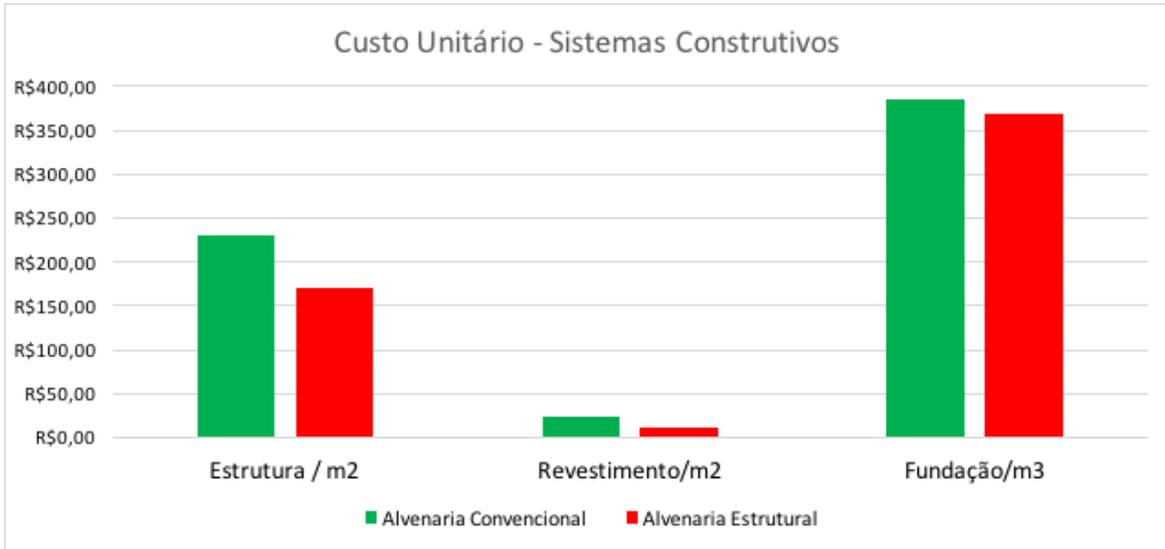
Segundo Wendler (2001), a economia de uma obra em alvenaria estrutural em relação a alvenaria convencional pode variar entre 15 e 20% do custo total da obra.

Tabela 6 - Custo Unitário dos Métodos Construtivos

Sistema Construtivo	Custo Unitário / m ²		
	Estrutura	Revestimento	Fundação
Estrutura Convencional e Alvenaria de Tijolos Cerâmicos	R\$231,20	R\$23,26	R\$386,25
Alvenaria Estrutural	R\$170,21	R\$11,71	R\$368,68

Fonte: Adaptado Nunes e Junges (2008)

Figura 32 - Custo dos Sistemas Construtivos



Fonte: Adaptado Nunes e Junges (2008)

Segundo estudos da editora Pini, na comparação dos métodos construtivos em alvenaria convencional e alvenaria estrutural, chegou-se aos seguintes resultados conforme a tabela 7:

Tabela 7 - Comparação dos Custos

PAVIMENTO TÉRREO ALVENARIA CONVENCIONAL							
DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Fundação com estaca Strauss (diâmetro = 200 mm/capacidade de carga = 25 t)	vb	150,00	24,10	9,10	3.615,00	1.365,00	
PIlars	vb	150,00	6,66	2,52	999,00	378,00	
Vlgas	vb	150,00	11,26	4,25	1.689,00	637,50	
Laje pré-fabricada para piso (vão livre: 3,50 m/altura: 12 cm)	vb	150,00	18,96	7,16	2.844,00	1.074,00	
Alvenaria de vedação com bloco cerâmico de vedação de 9 x 14 x 29 cm	vb	150,00	12,81	4,83	1.921,50	724,50	
Custo total do piso (R\$)					11.068,50	4.179,00	15.247,50

PAVIMENTO TÉRREO ALVENARIA ESTRUTURAL							
DESCRIÇÃO	UN	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Fundação com estaca Strauss (diâmetro = 200 mm/capacidade de carga = 25 t)	vb	150,00	24,10	9,10	3.615,00	1.365,00	
Laje pré-fabricada para piso (vão livre: 3,50 m/altura: 12 cm)	vb	150,00	18,96	7,16	2.844,00	1.074,00	
Alvenaria estrutural com bloco cerâmico estrutural de 14 x 19 x 29 cm – resistência: 3,0 MPa	vb	150,00	10,33	3,90	1.549,50	585,00	
Custo total do piso (R\$)					8.008,50	3.024,00	11.032,50

Fonte: construaomercado17.pini.com.br (2009).

Analisando os custos nota-se uma diferença de 27,6 % conforme a equação 1 abaixo, demonstrando que a alvenaria estrutural é mais vantajosa com relação ao custo quando comparada com alvenaria convencional.

$$Diferença \% = \left(1 - \frac{\text{Custo Alvenaria Estrutural}}{\text{Custo Alvenaria Convencional}} \right) \times 100$$

$$Diferença \% = \left(1 - \frac{11.032,50}{15.247,50} \right) \times 100$$

$$Diferença de Custo \% = 27,6\%$$

5 CONCLUSÃO

Analisando-se os métodos construtivos em alvenaria estrutural e a alvenaria de vedação que é composta pelo concreto armado, é visto que os dois sistemas são bastante utilizados há muito tempo, e ambos possuem suas vantagens e desvantagens. Dos itens apresentados, percebe-se que, em termos gerais, a principal vantagem da utilização da alvenaria estrutural reside numa maior racionalidade na execução da obra, reduzindo-se o consumo de materiais e desperdícios que usualmente se verificam em obras de concreto armado convencional.

O sistema construtivo vem ganhando espaço, pois a busca hoje em dia por uma redução de custo, redução de insumos faz-se primordial na construção civil, pode-se dizer que em determinados casos o concreto armado é o mais viável devido à liberdade no quesito estrutural, que na alvenaria estrutural não se tem.

Em resumo, os dois métodos apresentam-se parecidos quando o objetivo é ter uma estrutura estável, que garanta conforto e segurança. O objetivo do trabalho foi apresentar os detalhes construtivos e as principais vantagens da alvenaria estrutural em relação ao concreto armado (alvenaria convencional). E também mostrar a racionalidade no processo construtivo, gerando menos custo à obra como um todo, se executado corretamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520 - Informação e documentação, citações em documentos** – apresentação. 1º Edição, 2002. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14724 - Informação e documentação, trabalhos acadêmicos** – apresentação. 3º Edição, 2001. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281>>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1 - Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação** — Terminologia e requisitos: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAesSsAB/nbr-15270-1> >. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023 - Informação e documentação, referências** – elaboração. 1º Edição, 2002. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto-procedimento**. ABNT, 2014. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 15270: 2/05: Componentes Cerâmicos-Parte 2: Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural-Terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro (Brasil): ABNT, 2005**. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento**

e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. NBR 13281, 2001. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15812-1**, Alvenaria estrutural — **Blocos cerâmicos Parte 1: Projetos**, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=79281> >. Acesso em: 18 de setembro de 2018.

American Society for Testing and Materials ASTM C 476, except with a maximum slump of 4 inches, as measured according to ASTM C 476. **C 476M**.

AZEREDO, Hélio Alves de, 1921-^[1]~~SEP~~^[1] **O edifício e sua cobertura**. São Paulo, Edgard Blücher, 1977.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural** – Notas de Aula, Ilha Solteira-SP, 2006.

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

THOMAZ, Ercio et al. Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. **São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT)**, 2009.

BOTELHO, C. H. M e MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo, volume 2**– 3ª edição revista e ampliada – São Paulo: Blucher, 2011.

GARCIA, P.D. (2000). **Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos**, 115p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GOMES, N.S. (1983). **A resistência das paredes de alvenaria**. São Paulo. 190p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

NUNES, C.C e JUNGES, E. **Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial**

em Cuiabá-MT. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2008.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Parâmetros de projeto de alvenaria estrutural com blocos de concreto** / organizador: Guilherme Aris Parsekian. — São Carlos: EdUFSCar, 2012. 85 p.

PARSEKIAN, Guilherme Aris. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle.** 2010;

PINI. Construção **construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/99/alvenaria-estrutural-com-bloco-ceramico-x-estrutura-de-concreto-com-299270-1.aspx**

RAMALHO M. A. & CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**, Editora PINI. São Paulo-SP, 2003.

Recife, outubro de 2008 Eduardo Barbosa de Moraes ABCP N/NE – **Alvenaria de vedação** – Cartilha

Tauil, Carlos Alberto^[1]_[SEP] **Alvenaria estrutural** / Carlos Alberto Tauil, Flávio José Martins Nese. - São Paulo: Pini, 2010.

TEATINI, J. C. **Estruturas de Concreto Armado.** Brasília: Universidade de Brasília, 2008.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto.** ABCP, São Paulo, 2001.