

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ANDRÉ HALUCHE BLIND

**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO
BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2018

ANDRÉ HALUCHE BLIND

**AVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1, do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACOC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Mazer

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Janine Nicolosi Corrêa

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Campus Curitiba – Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Engenharia Civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

AValiação DA SITUAÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL NO BRASIL

Por

ANDRÉ HALUCHE BLIND

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido no segundo semestre de 2018 e aprovado pela seguinte banca de avaliação presente:

Prof. Orientador – Wellington Mazer, Dr.

UTFPR

Profa. Co-orientadora – Janine Nicolosi Corrêa, Dra.

UTFPR

Prof. Adauto José Miranda de Lima, Dr.

UTFPR

OBS.: O documento assinado encontra-se em posse da coordenação do curso.

RESUMO

Blind, André Haluche. **Avaliação da situação da alvenaria estrutural no Brasil**. 2018. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

O uso da alvenaria estrutural em obras de construção civil remonta aos primórdios da civilização humana. Este é um dos métodos mais antigos de que se tem conhecimento e é utilizado até hoje. A alvenaria estrutural como sistema construtivo no Brasil está presente em diversas regiões do país e em obras de diferentes padrões. Como um dos métodos de construção mais antigos é esperado encontrar uma riqueza de informações a este respeito. Deve haver também o interesse em verificar sua situação frente a tantas outras maneiras de se construir que foram apresentadas por especialistas no setor. Este trabalho tem por objetivo avaliar parte do material bibliográfico disponível e verificar sua extensão sobre o assunto. Também é do interesse avaliar o crescimento ou diminuição do uso da alvenaria estrutural ao longo do tempo, em particular próximo ao ano de 2018. A pesquisa foi feita através de buscas pela internet e contato com uma das maiores construtoras com presença nacional e que usou em muitas de suas obras o sistema estudado. Os resultados demonstram que a quantidade e qualidade do material bibliográfico estão coerentes com o que se espera de um sistema de construção tão antigo. Em relação ao crescimento ou diminuição do uso da alvenaria estrutural foi identificado que esse sistema está em um período de transição.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Sistema construtivo. Análise técnica.

ABSTRACT

Blind, André Haluche. **Evaluation of the situation of structural masonry in Brazil.** 2018. 60p. Term Paper (Bachelor in Civil Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

The use of structural masonry in civil construction reassembles to the human civilization's primordium. This is one of the oldest known methods and is used until now. Structural masonry as a constructive system in Brazil is present in many of the country's regions and in constructions with different models. As one of the oldest construction methods, it is expected to find a lot of information regarding this. There also must be an interest in verifying its situation against so many other ways to build presented by sector's specialists. This term paper's objective is to evaluate part of the bibliographic material available and verify its extension on the subject. It is also of interest to analyze the increase or decrease of structural masonry's use throughout time, around the of 2018 in particular. The research was conducted through internet search and contact with one of the biggest company with a national presence which used in many of its constructions the system studied. The results show that the quantity and quality of the bibliographical material are coherent with what is expected of such an ancient construction system. Regarding the structural masonry's use increase or decrease, it was identified that this system is in a transition period.

Key-words: Structural Masonry. Constructive system. Technical Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: PIB nacional por setores.	9
Figura 2: Índice de Confiança da Construção – Dados dessazonalizados.....	11
Figura 3: Grande Muralha da China.	13
Figura 4: Coliseu.	14
Figura 5: Edifício Monadnock.	14
Figura 6: Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.	15
Figura 7: Hotel Excalibur.	16
Figura 8: Alvenaria não armada.	17
Figura 9: Alvenaria armada ou parcialmente.....	18
Figura 10: Alvenaria protendida.	18
Figura 11: Exemplo de bloco cerâmico.	19
Figura 12: Exemplo de bloco de concreto.	19
Figura 13: Dimensões do bloco.....	20
Figura 14: Blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas.	22
Figura 15: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.....	22
Figura 16: Tipos de unidades cerâmicas estruturais utilizadas.	24
Figura 17: Exemplo de bloco estrutural cerâmico.	24
Figura 18: Requisitos de resistência característica à compressão, absorção e retração.	25
Figura 19: Bloco vazado de concreto simples, tipo canaleta e compensador.	26
Figura 20: Exemplo de área bruta, área líquida, área efetiva e área de argamassa.	26
Figura 21: Dimensões nominais.	27
Figura 22: Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.	28
Figura 23: Exemplos de blocos de concreto.	28
Figura 24: Exemplo detalhado de um bloco estrutural de concreto.....	29
Figura 25: Tipos de amarrações de blocos.	36
Figura 26: Quadrícula modular 1M / 2M / 3M no plano X e Y e no plano X, Y e Z.	37
Figura 27: Exemplo de aplicação de modulação.....	37
Figura 28: Vista de uma modulação não recomendada de blocos e distribuição modular correta.	38
Figura 29: Gráfico Altura e Forma do Prédio x Robustez.....	39

Figura 30: Gráfico Forma em Planta do Edifício x Resistência à Torção.	39
Figura 31: Capacidade de influência sobre o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.	41
Figura 32: Montagem das Paredes de Concreto Moldadas in loco.	45
Figura 33: Montagem das Paredes de Concreto Moldadas in loco.	45
Figura 34: Participação de Paredes de Concreto na Construção. Levantamento 2013 e Estimativa 2016.	46
Figura 35: Evolução da aplicação do método construtivo das paredes de concreto nos empreendimentos MRV (%).	48
Figura 36: Atividade Construtiva da Incorporação Imobiliária 2010 – 2017.	49
Figura 37: Vedação Vertical Externa. Função (esq.) e Componente Construtivo (dir.).	50
Figura 38: Vedação Vertical Interna. Função (esq.) e Componente Construtivo (dir.).	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
1.2 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 BREVE HISTÓRICO	13
2.2 DEFINIÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL	16
2.3 BLOCOS ESTRUTURAIS	20
2.4 BLOCOS CERÂMICOS	21
2.5 BLOCOS DE CONCRETO	25
2.6 ARGAMASSA	29
2.7 GRAUTE	32
2.8 ARMADURA	33
2.9 PROJETO	33
2.10 MODULAÇÃO	34
2.11 FORMA DO PRÉDIO	38
2.12 PLANTA DO EDIFÍCIO	39
2.13 ALTURA DA EDIFICAÇÃO	40
2.14 RACIONALIZAÇÃO	40
2.15 VANTAGENS E DESVANTAGENS	42
2.16 PANORAMA ATUAL	44
2.17 PAREDES DE CONCRETO	44
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
4 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO	48

5 CONCLUSÃO	52
6 REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de urbanização ainda crescente e com a multiplicação do número de construções civis dos últimos anos no Brasil, a necessidade de se construir mais rapidamente e de forma mais racionalizada aumentou consideravelmente. Ainda que a recessão de 2014 – 2016 no Brasil tenha contribuído para uma queda notável nos empreendimentos imobiliários, também incentivou uma busca ainda maior de alternativas mais econômicas de construção. Na figura 1, é destacada a participação da construção civil no PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro e verifica-se que ela é o componente, entre todos os setores, com uma das quedas mais fortes. Também conclui-se que a construção teve uma queda maior do que a média da economia nestes três últimos anos e foi afetada de forma mais profunda pela recessão sendo o setor que está pior em 2017 (G1, 2017).

Setor	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	1º sem/2017
Agropecuária	6,7	5,6	-3,1	8,4	2,8	3,6	-6,6	15
Extrativa Mineral	14,9	3,5	-1,9	-3,2	9,1	4,8	-2,9	7,8
Indústria de transformação	9,2	2,2	-2,4	3	-4,7	-10,4	-5,2	-1
Construção	13,1	8,2	3,2	4,5	-2,1	-6,5	-5,2	-6,6
Comércio	11,1	2,3	2,4	3,4	0,6	-8,7	-6,3	-0,8
Serviços de transporte, armazenagem e correio	11,2	4,3	2	2,6	1,5	-6,6	-7,1	-1,4
Serviços de informação	5,4	6,5	7	4	5,3	-0,5	-3	-1,4
Intermediação financeira e seguros	9,3	6,2	1,5	1,8	-0,6	-0,8	-2,8	-3,1
Administração pública	2,2	1,9	1,3	2,2	0,1	-0,1	-0,1	-1
PIB	7,5	4	1,9	3	0,5	-3,8	-3,6	0

Figura 1: PIB nacional por setores.
Fonte: Sinicon/LCA Consultores/IBGE apud G1 (2017).

Apesar do setor da construção civil ainda deixar muito a desejar na eficiência dos processos quando comparado com outros setores, particularmente o setor industrial – como a indústria automobilística – há opções que promovem maior otimização nos processos construtivos e permitem assim um desenvolvimento mais ordenado deste setor trazendo benefícios tanto para os clientes quanto para as construtoras.

Construções em alvenaria estrutural, que seguem uma coordenação modular, têm se mostrado eficientes em promover esta melhora esperada e necessária. Este sistema construtivo encontrou bastante resistência no passado, uma vez que estava associado a edificações menores como os conjuntos habitacionais populares, sem possibilidade de hall de entrada, subsolos, etc. Hoje em dia, porém, tais conceitos pré

concebidos não têm fundamentos (TÉCHNE *apud* ECIVIL, 1998) e muitas obras executadas por este sistema já possuem bastante semelhanças com edificações realizadas por métodos mais consolidados de construção como alvenaria convencional. Mesmo com o ganho de mercado que a alvenaria estrutural conquistou nos últimos anos cabe a importância de os projetos arquitetônicos e os projetos complementares serem minuciosamente compatibilizados para se evitar imprevistos no processo de execução.

Como trata-se, basicamente, de uma construção modular, a parte de projeto de alvenaria estrutural tem um método diferente concebido em relação à alvenaria convencional, por exemplo. A etapa de projeto deve ser encarada como a principal em um empreendimento que utiliza este método. Por ser um sistema em que as paredes exercem funções estruturais, o projeto arquitetônico tem que estar completamente alinhado com o projeto estrutural para que adaptações não precisem ser feitas no decorrer da obra e a edificação exerça plenamente sua função estrutural (ZECHMEISTER, 2005).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho é verificar a disponibilidade de material a respeito de alvenaria estrutural, seja explicando o conceito, história ou técnicas e analisá-lo com o interesse em constatar os pontos chave deste sistema construtivo e a sua situação no panorama atual da construção civil.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Avaliar as particularidades deste sistema construtivo e suas vantagens e desvantagens.
- Identificar se a alvenaria estrutural tem crescido, seja no âmbito local, nacional ou internacional e também considerar o futuro deste sistema construtivo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Pelo fato da Construção Civil ser um dos setores com maior representatividade no PIB brasileiro, sua influência deve ser considerada importante, logo, encontrar maneiras de otimizar esta parte da economia traz efeitos diretos para o crescimento do país. Apesar do Índice de Confiança da Construção estar em leve crescimento (FGV/IBRE, 2017), ainda está muito aquém do que alcançou em período semelhante de 2013 – quase 25% maior, como mostra a figura 2. Deste modo, fica visível a necessidade de se trabalhar com técnicas que sejam mais viáveis, principalmente em um período de recuperação de crescimento do setor.

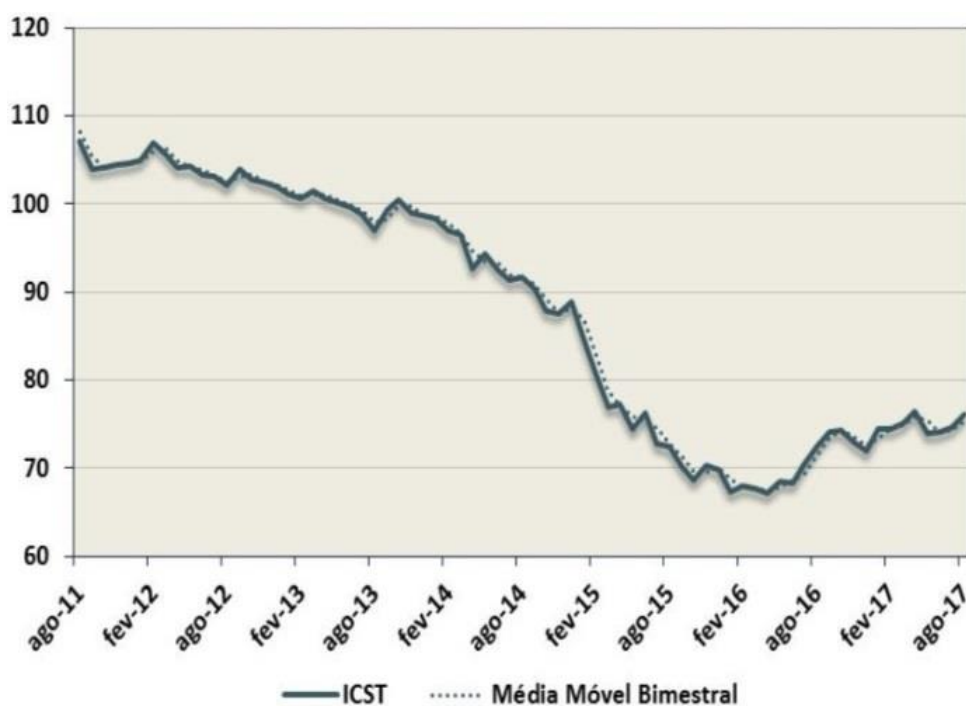


Figura 2: Índice de Confiança da Construção – Dados dessazonalizados.
Fonte: FGV/IBRE (2017).

Abordando as mudanças que devem ocorrer para tornar o trabalho de construção mais viável e econômico, um método com menos perdas ajudaria a maximizar os lucros das construtoras, empreiteiras, etc., o que poderia aumentar a segurança de alguns investidores do setor e elevar significativamente o índice mencionado, algo que não ocorre desde agosto de 2016. Muitos construtores acreditam que a perda em suas obras é menor do que realmente é, então a perda de materiais acaba sendo obviamente maior do que acabou sendo planejado (SKOYLES

e SKOYLES, 1987). Assim como as perdas, o retrabalho é um grande empecilho à eficiência nos canteiros de obra.

Tais premissas ressaltam a importância de se conhecer se alguns dos métodos existentes para construções em alvenaria estrutural seriam soluções para os reveses mencionados acima, tenham eles origem muito antiga, como o combate às perdas e retrabalho, ou tão atual como as condições financeiras do país neste momento de recuperação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRICO

Com origem na Pré-História, a alvenaria estrutural é um dos sistemas construtivos mais antigos da humanidade. No decorrer de muitos séculos os construtores adquiriram a prática de construir as primeiras alvenarias em tijolo cerâmico seco ao sol ou pedra. Essas obras, quando eram mais imponentes, tinham grandes espessuras pelo fato de não se conhecer as características resistentes dos materiais e dos procedimentos racionais de cálculo (CAVALHEIRO, 1999).

O autor continua explicando que até o início do século 19, o que predominaram foram as construções em alvenaria de pedra ou tijolo cerâmico queimado que eram assentados com betume, barro e mais tarde com argamassa de pozolana, cal e, por fim, cimento Portland.

Algumas obras da antiguidade construídas com esse método construtivo se tornaram marcantes. A figura 3 se refere à Muralha da China, cuja construção data de 770 a 475 anos antes de Cristo. Hoje ela mede 5.660km de extensão e atravessa a China no sentido leste-oeste. A figura 4 é uma imagem do Coliseu; um grande anfiteatro romano construído em torno de 70 anos antes de Cristo. Ele tem mais de 500 metros de diâmetro e 50 metros de altura e é composto por arcos e pilares, de modo que o esforço que predomina é o de compressão (MAZER, 2007).



**Figura 3: Grande Muralha da China.
Fonte: BOL (2017).**



Figura 4: Coliseu.
Fonte: Band (2014).

O principal exemplo na idade moderna é o Edifício Monadnock, que foi construído em Chicago no início da década de 1890. Ele tem 65 metros de altura, 16 andares e algumas paredes chegam a ter mais de 1,80 metros de espessura. Utilizando os mesmos materiais, porém dimensionando pelos procedimentos atuais, acredita-se que as paredes desse edifício teriam espessura inferior a 30 centímetros (MAZER, 2007). A figura 5 contém imagens desta construção.



Figura 5: Edifício Monadnock.
Fonte: Architecture (2018).

No Brasil, a alvenaria estrutural surgiu somente no fim da década de 1960 como uma técnica de construção. O marco inicial do uso do bloco de concreto em alvenarias estruturais armadas se deu no ano de 1966. Neste ano, foi construído em São Paulo o Conjunto Habitacional Central Parque Lapa. Essa obra tinha 4 pavimentos e paredes com espessura de 19 centímetros (MOHAMAD, 2014). A figura 6 é referente a essa obra.



Figura 6: Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.
Fonte: Comunidade da construção (S/D).

Um exemplo que chama a atenção pelo tamanho da obra é o Hotel Excalibur que, segundo o site Lasvegassun (1990), foi inaugurado em junho de 1990. “Ele é o mais alto edifício em alvenaria estrutural da atualidade, construído em Las Vegas, EUA. O complexo do hotel é formado por quatro torres principais, com 28 pavimentos, cada um contendo 1.008 apartamentos. As paredes estruturais foram executadas em alvenaria armada de blocos de concreto e a resistência à compressão especificada na base foi por cerca de 28 MPa” (AMRHEIN, 1998, *apud* RAMALHO e CORRÊA, 2003). A figura 7 é a imagem de um dos lados do hotel.



Figura 7: Hotel Excalibur.
Fonte: Videoblocks (2017).

2.2 DEFINIÇÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

“Alvenaria Estrutural é o processo construtivo em que se utilizam as paredes da habitação para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira” (ROMAN *et al.*, 1999). Estes autores lembram que este método de construção exige dos projetistas procedimentos diferentes daqueles dominados para se conceber um projeto com outros elementos estruturais que não sejam as próprias paredes.

De acordo com Mazer (2007), a alvenaria estrutural pode ser classificada de três formas distintas sendo elas:

- 1) Quanto ao sistema estrutural utilizado:
 - a) **Alvenaria estrutural armada:** nesse processo, os elementos estruturais resistentes possuem armaduras passivas de aço que são colocadas nas cavidades dos blocos e, posteriormente, são grauteadas; entendendo-se por graute um micro concreto de grande fluidez (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, S/D).
 - b) **Alvenaria estrutural não armada:** nesse processo, os elementos resistentes são os próprios blocos, não existindo armaduras com funções estruturais.

- c) **Alvenaria estrutural protendida:** é o sistema estrutural no qual existe uma armadura ativa (protendida) no elemento estrutural resistente.
- d) **Alvenaria estrutural parcialmente armada:** nesse sistema, alguns elementos estruturais resistentes são projetados com armaduras passivas e outros sem armadura.

Todos esses sistemas citados utilizam vergalhões de aço na união entre paredes com o objetivo de evitar o surgimento de patologias. As figuras 8, 9 e 10 são alguns exemplos destes sistemas.

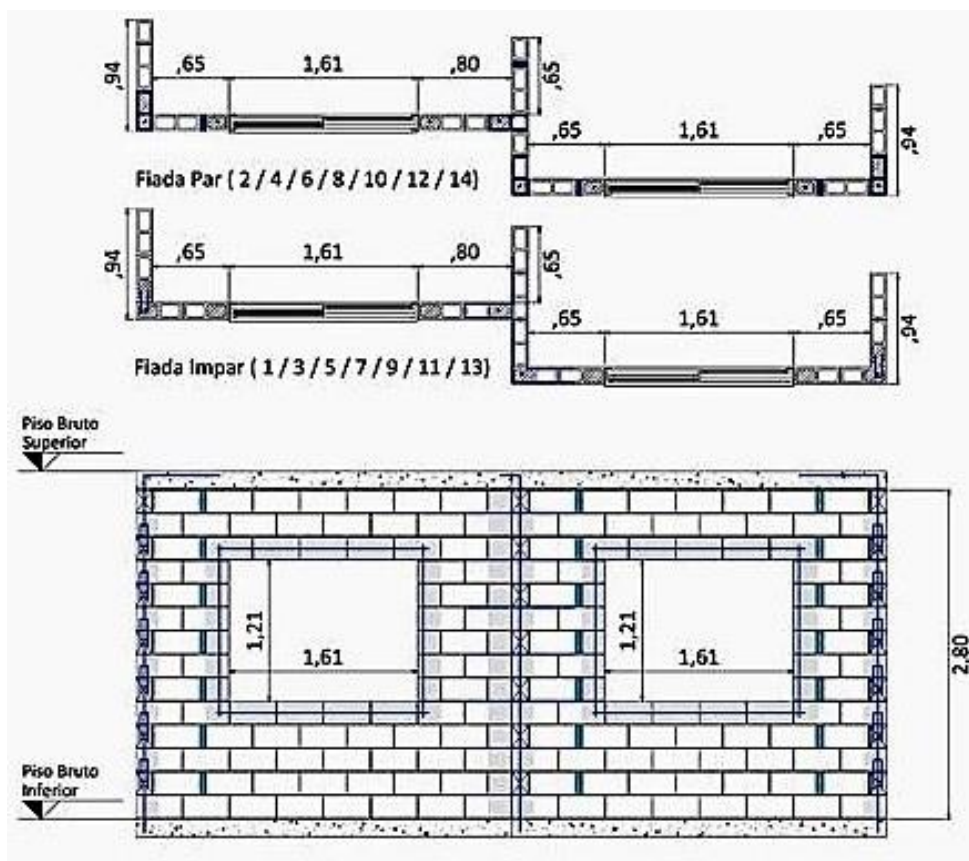


Figura 8: Alvenaria não armada.
Fonte: Tauil e Nese (2010).

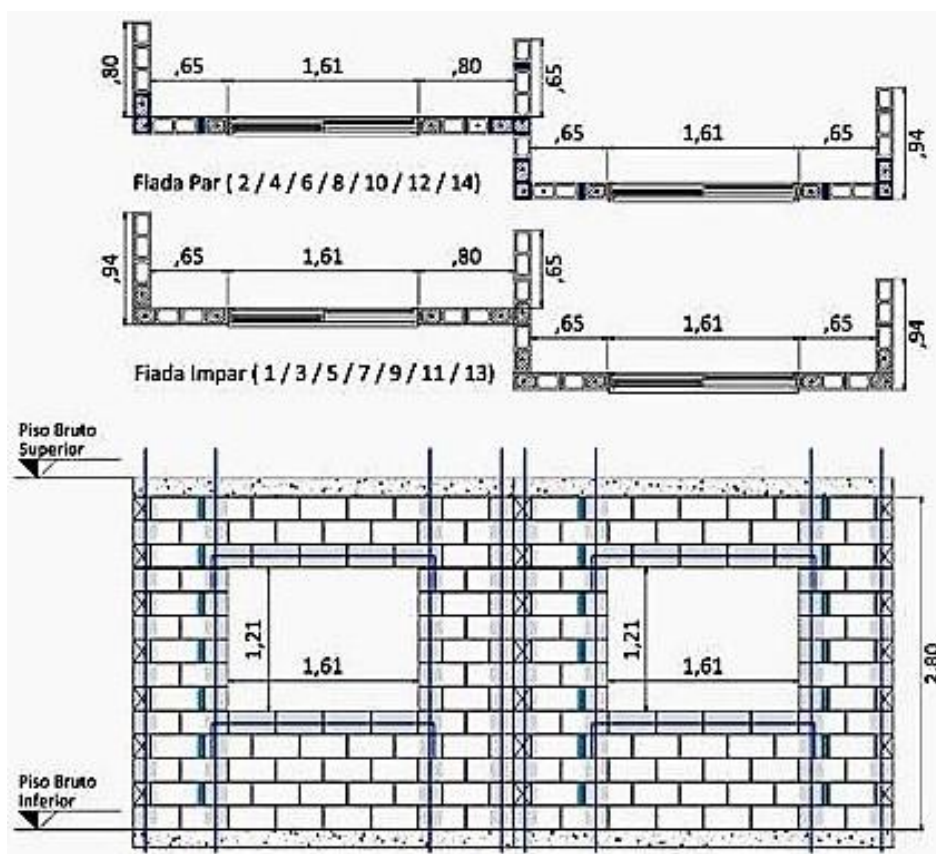


Figura 9: Alvenaria armada ou parcialmente.
Fonte: Tauil e Nese (2010).

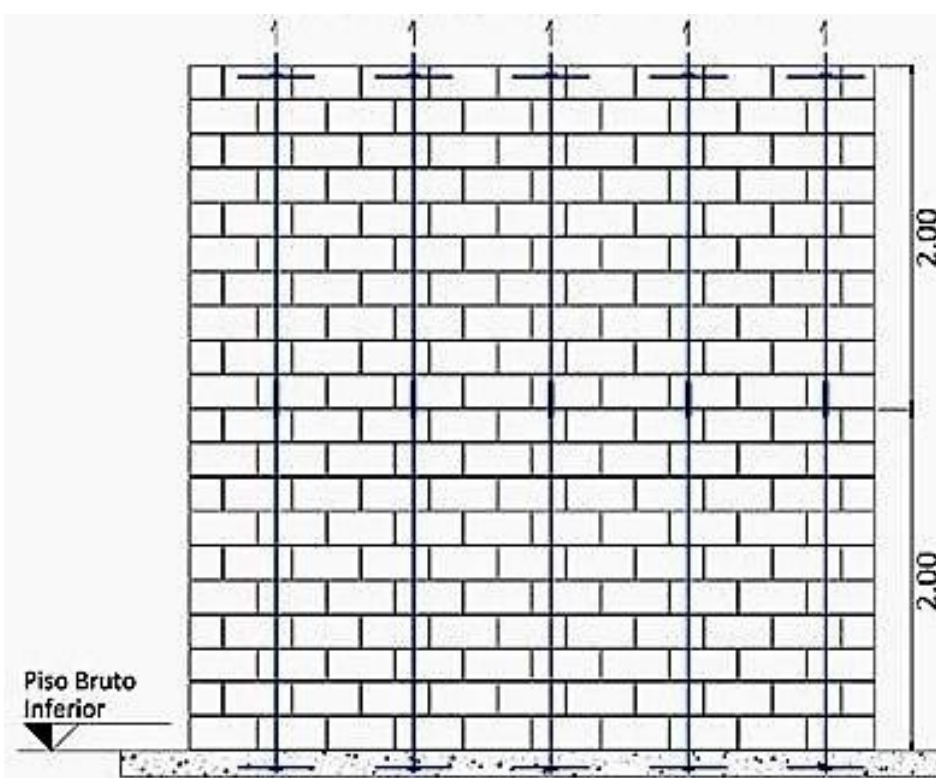


Figura 10: Alvenaria protendida.
Fonte: Tauil e Nese (2010).

- 2) Quanto ao tipo de unidade utilizada:
- a) **Alvenaria estrutural de tijolos:** quando o material utilizado para o levantamento da alvenaria é o tijolo.
 - b) **Alvenaria estrutural de blocos:** quando o material utilizado para o levantamento da alvenaria é o bloco.
- 3) Quanto ao material utilizado:
- a) **Alvenaria estrutural cerâmica:** é aquela que utiliza blocos ou tijolos cerâmicos.
 - b) **Alvenaria estrutural de concreto:** é aquela que utiliza blocos ou tijolos de concreto.

As figuras 11 e 12 são exemplos de bloco cerâmico e de concreto.

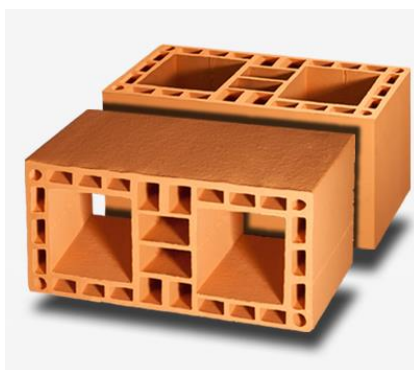


Figura 11: Exemplo de bloco cerâmico.
Fonte: Palma de ouro (2017).



Figura 12: Exemplo de bloco de concreto.
Fonte: Leroy Merlin (2017).

Há ainda outros tipos de blocos que podem ser utilizados com propósito estrutural, como por exemplo blocos de solo-cimento, blocos de concreto celular autoclavado, blocos sílico-calcáreos, entre outros. Como os blocos mais empregados em obras são os exemplificados nas figuras 6 e 7, estes serão os analisados por este trabalho.

2.3 BLOCOS ESTRUTURAIS

Blocos estruturais são os componentes responsáveis pela resistência à compressão e também norteiam os procedimentos da técnica usada nos projetos, conhecida como coordenação modular; por isso são os elementos mais importantes na composição da alvenaria estrutural (CAMACHO, 2006).

Os blocos representam de 80% a 95% do volume da alvenaria, assumindo um papel fundamental em muitas das características da parede como precisão dimensional, estética, resistência à compressão, estabilidade, resistência ao fogo e penetração de chuvas, isolamento térmico e acústico. Junto com a argamassa, os blocos são fundamentais para a resistência à tração, cisalhamento e durabilidade da construção sendo, dessa forma, componentes essenciais da alvenaria (PARSEKIAN, 2012).

Os blocos de alvenaria têm forma prismática e caracterizadas por três dimensões mais a espessura, sendo elas: altura (H), comprimento (C) e largura (L). Um exemplo está representado na figura 13.

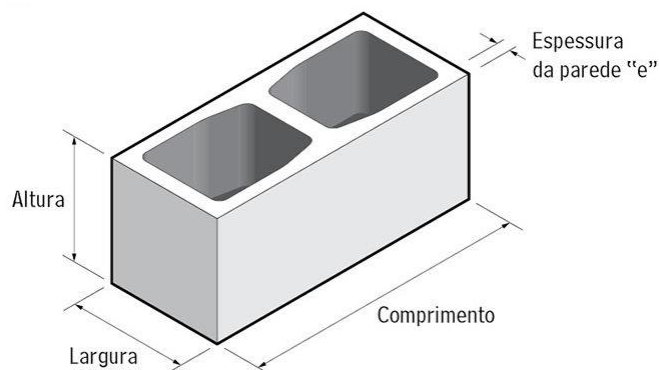


Figura 13: Dimensões do bloco.
Fonte: Pini (2017).

Além de se distinguirem por não serem vazados, “os tijolos diferenciam-se dos blocos pelas dimensões. São denominados tijolos as unidades com dimensões máximas de 25x12x5,5 cm. Unidades com dimensões superiores são denominadas blocos. Normalmente os blocos possuem dimensões nominais múltiplas de 5cm. As dimensões mais comumente empregadas são 10x20x40, 15x20x40 e 20x20x40 (espessura, altura e comprimento respectivamente em cm). Devido à multiplicidade de funções, os blocos apresentam diferentes designs” (ROMAN *et al.*, 1999).

“No Brasil, atualmente, não existe uma norma geral para padronizar as dimensões das unidades de alvenaria. As normas que existem são específicas para cada material, e, na maioria dos casos, permitem que cada fabricante produza as unidades na dimensão que lhe convém. Uma das decorrências desse fato é, por exemplo, a dificuldade da troca de fornecedor no decorrer de uma obra” (ZECHMEISTER, 2005). É válido lembrar que este autor publicou este trabalho em março de 2005 e a ABNT NBR 15270-2, que normatiza os blocos cerâmicos para alvenaria estrutural, só passou a ser válida a partir do final de setembro de 2005, com aproximadamente 6 meses de diferença. As determinações impostas por esta norma e aquelas referentes a blocos com o mesmo propósito, porém feitos de concreto, serão detalhadas posteriormente ao se analisar blocos de cerâmica e concreto separadamente.

As qualidades necessárias para estes componentes serem utilizados em alvenaria estrutural são: resistência à compressão, durabilidade, baixa absorção de água e estabilidade dimensional (ROMAN *et al.*, 1999). Como pode haver algumas diferenças entre algumas características ao se estudar blocos de cerâmica ou concreto, uma descrição mais detalhada será feita a respeito de cada tipo para que algumas conclusões sejam mais precisas.

2.4 BLOCOS CERÂMICOS

Bloco cerâmico é um componente de alvenaria que possui furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém (ASSOCIAÇÃO..., 1992). Já uma definição particular para bloco cerâmico estrutural diz que é um componente da alvenaria estrutural que possui furos perpendiculares às faces que os contém e lembra que estes devem ser sempre assentados com os furos na vertical (ASSOCIAÇÃO..., 2005). Esta última norma traz também definições específicas para mais três tipos de blocos, que são:

- **Bloco cerâmico estrutural de parede vazada:** componente de alvenaria estrutural com paredes vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.
- **Bloco cerâmico estrutural com paredes maciças:** componente de alvenaria estrutural cujas paredes externas são maciças e as paredes

internas podem ser paredes maciças ou vazadas, empregado na alvenaria estrutural não armada, armada e protendida.

- **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.

A figura 14 mostra exemplos contidos na ABNT NBR 15270-2.

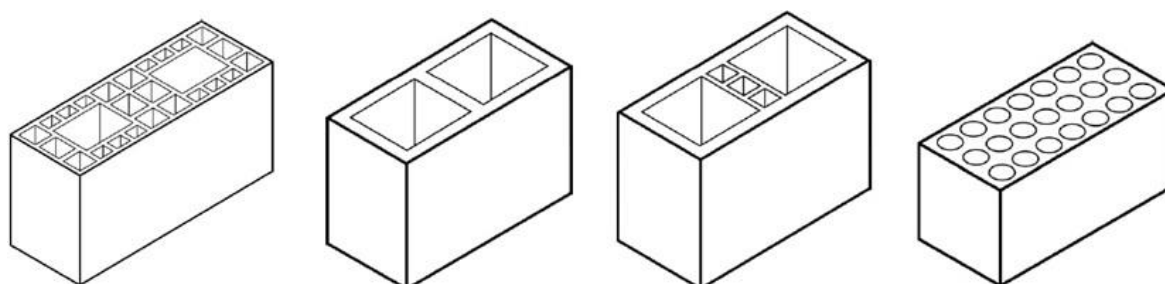


Figura 14: Blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas.
Fonte: ABNT NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

As dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais seguem a mesma norma de 2005 mencionada anteriormente. A figura 15 contém os valores estipulados nesse documento.

Dimensões L x H x C	Dimensões de fabricação cm					
	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	-
(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.

Figura 15: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais.
Fonte: ABNT NBR 15270-2 (ABNT, 2005).

Afastando-se agora de instruções normativas e verificando-se o desempenho em termos de conforto térmico e acústico, unidades cerâmicas têm um desempenho melhor quando comparadas a unidades de concreto e também não mostram problemas de retração durante a secagem (MAZER, 2007). O mesmo autor diz que, para se definir a resistência à compressão de uma parede de alvenaria, o principal fator trata da resistência à compressão axial dos blocos. Entende-se por Índice de Eficiência a razão entre a resistência à compressão de uma parede e à mesma resistência do bloco. Os tijolos têm índices mais baixos do que os blocos pois as paredes requerem mais argamassa nas juntas horizontais, enquanto os blocos contam com o benefício de ter uma altura maior e, assim, diminuir o número de juntas. Ao utilizar blocos de maior resistência à compressão o índice de eficiência tende a diminuir em consequência do aumento da diferença entre a resistência da argamassa e do bloco.

Unidades cerâmicas são mais leves do que as de concreto, sendo que alguns fabricantes alegam que podem ser até 40% menos pesadas, porém não alcançam índices de resistência à compressão semelhantes com mesma geometria em blocos de concreto (TÉCHNE *apud* ECIVIL, 1998).

“A altura dos blocos apresenta uma vantagem sobre a altura dos tijolos nos ensaios de resistência à compressão, pois os tijolos, como têm pequena altura, ficam sujeitos a um estado multiaxial de tensões devido à restrição lateral imposta pelas placas da prensa, conduzindo a uma resistência aparente maior que a real. Já nos blocos, esse efeito é minimizado devido à sua maior altura, que permite que sua parte central permaneça livre da restrição imposta pela prensa” (MAZER, 2007).

Na figura 16 estão alguns exemplos de blocos estruturais cerâmicos e na figura 17 um bloco com mais informações detalhadas.

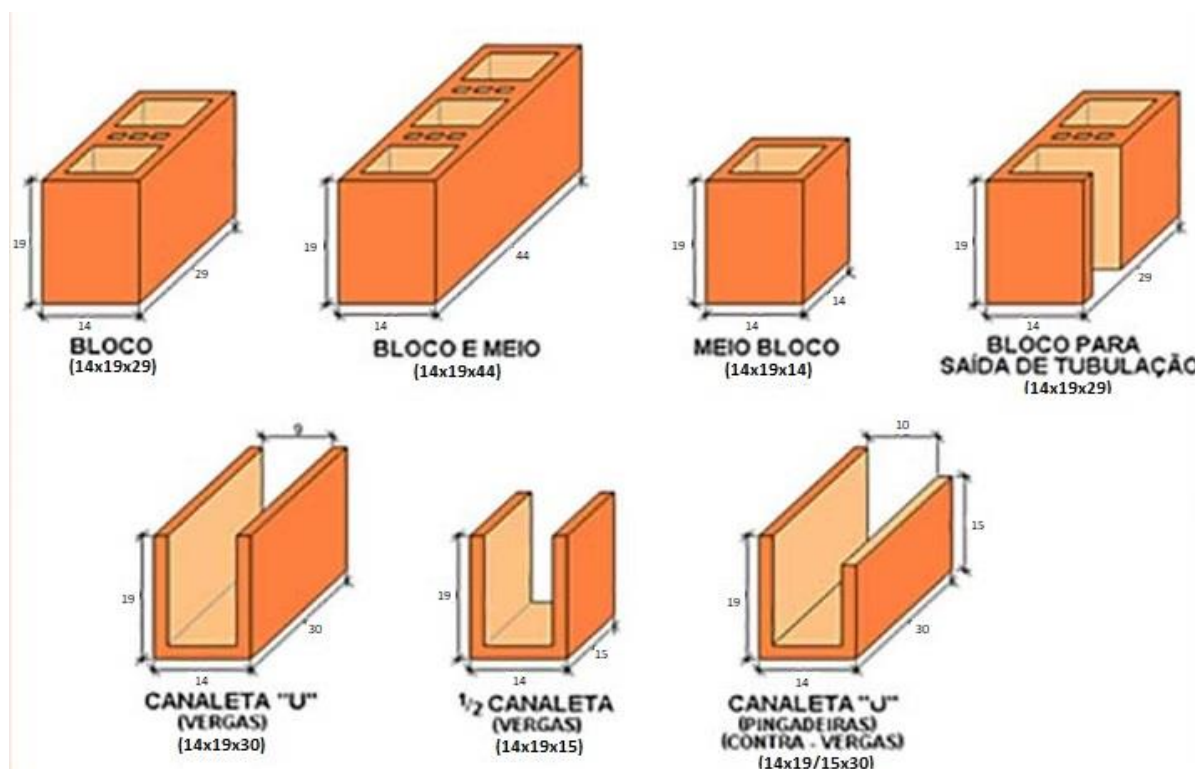
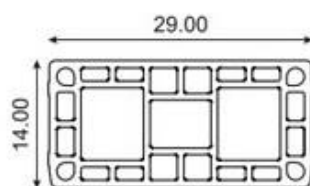


Figura 16: Tipos de unidades cerâmicas estruturais utilizadas.
Fonte: Fórum da construção (2017).

Modulação 15 - Largura 14cm

BE30 - Bloco Estrutural de 30cm



Dimensões: 14x19x29cm
 Área bruta: 406cm²
 Nº Blocos/m²: 16,67
 Peso: ≈ 5,75Kg
 Resist. Comp.: (f_{bk}) > 6,0MPa
 Peças/pacote: 288

*Fornecemos blocos com maiores resistências sob encomenda.

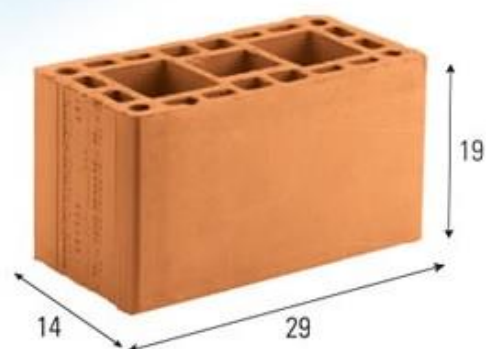


Figura 17: Exemplo de bloco estrutural cerâmico.
Fonte: Selecta (2009).

2.5 BLOCOS DE CONCRETO

Por alcançar altas resistências e serem fáceis de se trabalhar, os blocos de concreto são bastante utilizados podendo ser aplicados em alvenaria de vedação ou alvenaria estrutural dependendo da sua resistência. Quando usados em alvenaria estrutural requer-se deles uma resistência à compressão mínima de 4 MPa, sendo classificados de acordo com sua resistência em Classe B para resistências de 4,5 MPa e de Classe A para resistências de 6 MPa, com a possibilidade de chegar em resistências em torno de 20 MPa (MAZER, 2007). Entre o ano de referência do autor e o ano de 2017 ocorreu uma correção na ABNT NBR 6136 realizada em 2016 e estes valores de resistência sofreram algumas modificações. Estas alterações são apresentadas na figura 18, juntamente com informações de limites para absorção de água e retração.

Norma NBR 6136:2016 Versão Corrigida:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos					
Itens			Especificações técnicas		
Classe do bloco			A	B	C ⁽¹⁾
Resistência característica à compressão f_{bk} (MPa)			$f_{bk} \geq 8,0$	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$f_{bk} \geq 3,0$
Absorção de água (%)	Agregado normal	Individual	$\leq 9,0$	$\leq 10,0$	$\leq 11,0$
		Média	$\leq 8,0$	$\leq 9,0$	$\leq 10,0$
	Agregado leve	Individual	$\leq 16,0$	$\leq 16,0$	$\leq 16,0$
		Média	$\leq 13,0$	$\leq 13,0$	$\leq 13,0$
Retração (%)			$\leq 0,065$	$\leq 0,065$	$\leq 0,065$

NOTA: No caso de absorção de água, apresentar somente o produto definido pelo fabricante, com agregado normal ou com agregado leve.
 (1) Bloco com ou sem função estrutural. Sua aplicação como bloco estrutural tem limitações, conforme estabelecido na NBR 6136:2016.

Figura 18: Requisitos de resistência característica à compressão, absorção e retração.
 Fonte: Pini (2017).

Estas unidades são fabricadas partindo-se de uma mistura que contém cimento, areia, pedrisco e aditivos e são moldados em fôrmas e vibroprensados. Fábricas mais modernas têm o processo de cura a vapor e todas as etapas da fabricação são automatizadas (PARSEKIAN, 2012).

Mazer (2007) ainda lembra que os blocos devem ser vazados, isto é, sem fundo, independentemente de qual seja a aplicação para aproveitar os furos para passar instalações e se aplicar o graute.

A ABNT NBR 6136/2014 (ASSOCIAÇÃO..., 2014) faz algumas definições sobre alguns tipos de blocos de concreto descritos a seguir e a figura 19 uma representação:

- **Bloco vazado de concreto simples:** componente para a execução da alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.
- **Blocos tipo canaleta:** componentes de alvenaria, vazados ou não, com conformação geométrica conforme figura a seguir, criados para racionalizar a execução de vergas, contravergas e cintas.
- **Bloco compensador:** componente de alvenaria destinado para ajuste de modulação.

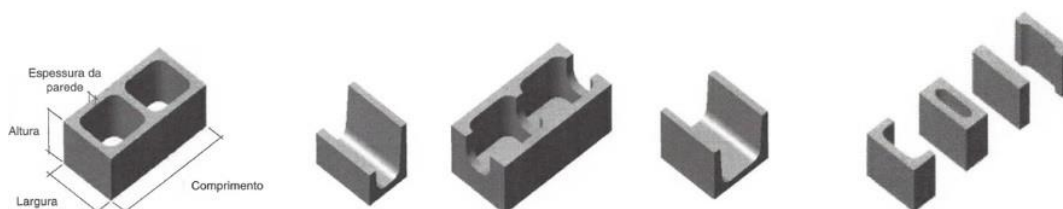


Figura 19: Bloco vazado de concreto simples, tipo canaleta e compensador.
Fonte: ABNT NBR 6136/2014 (ABNT, 2014).

A mesma norma brasileira determina alguns outros termos que serão importantes para tópicos futuros e são descritos abaixo:

- **Área bruta:** área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios. Isso é representado na figura 16.
- **Área líquida:** área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios. Isso também é representado na figura 20.

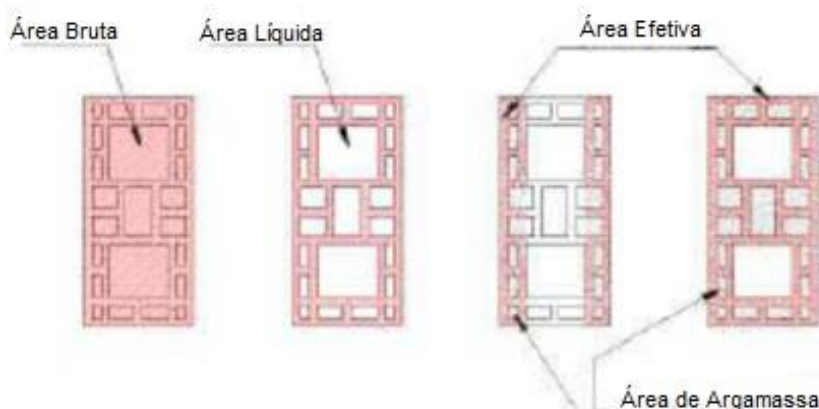


Figura 20: Exemplo de área bruta, área líquida, área efetiva e área de argamassa.
Fonte: Parsekian (2012).

- **Dimensões modulares:** dimensões de largura (b), altura (h) e comprimento (l), cujas medidas atendem ao módulo básico **M=100 mm** e seus submódulos, conforme ABNT NBR 15873/2010 (ASSOCIAÇÃO..., 2010). Exemplo: **2M x 2M x 4M** (b x h x l).
- **Dimensões nominais:** dimensões especificadas pelo fabricante para largura, altura e comprimento. Exemplo: 190 mm x 190 mm x 390 mm (b x h x l).
- **Dimensões reais:** dimensão efetiva verificada diretamente nos blocos. Exemplo: 192 mm x 193 mm x 393 mm (b x h x l).

Ainda referenciando-se a esta norma, ela determina as dimensões nominais dos blocos, a designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos. As informações das figuras 21 e 22 se referem à versão corrigida de 2016.

Norma NBR 6136:2016 Versão Corrigida:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos												
Módulo	Dimensões (mm)											
	Largura	Altura	Comprimento									
			Bloco inteiro	1/2 bloco	2/3	1/3	Amarração L	Amarração T	Compensador A	Compensador B	Canaleta inteira	Meia canaleta
20 x 40	190	190	390	190	-	-	-	-	90	40	390	190
15 x 40	140	190	390	190	-	-	340	540	90	40	390	190
15 x 30			290	140	-	-	-	440	-	-	290	140
12,5 x 40	115	190	390	190	-	-	-	-	90	40	390	190
12,5 x 25			240	115	-	-	-	365	-	-	240	115
12,5 x 37,5			365	-	240	115	-	-	-	-	-	365
10 x 40	90	190	390	190	-	-	-	-	90	40	390	190
10 x 30			290	140	190	90	-	290	-	-	290	140
7,5 x 40	65	190	390	190	-	-	-	-	90	40	-	-

Figura 21: Dimensões nominais.
Fonte: Pini (2017).

Norma NBR 6136:2016 Versão Corrigida:2016 - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos				
Classe	Largura nominal (mm)	Paredes longitudinais (mm) ¹	Paredes transversais	
			Paredes (mm) ¹	Espessura equivalente (mm) ²
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

1 Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

2 Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Figura 22: Designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.

Fonte: Pini (2017).

Na figura 23 estão alguns exemplos de blocos estruturais de concreto e na figura 24 um bloco com mais informações detalhadas.

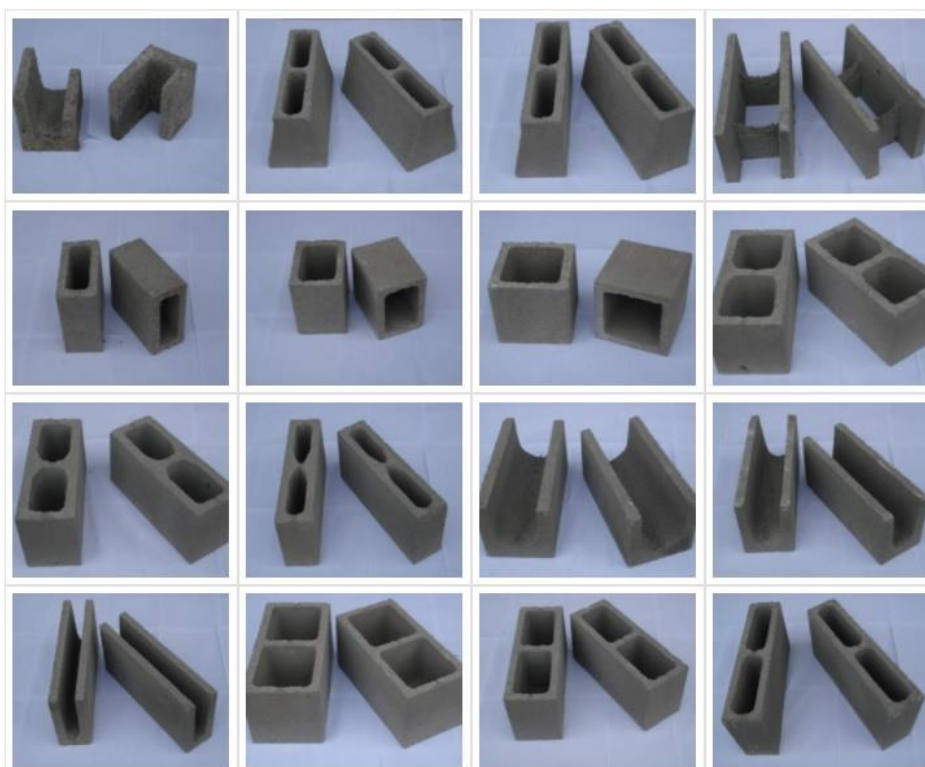
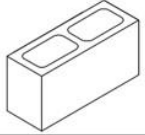


Figura 23: Exemplos de blocos de concreto.

Fonte: Blocos Ito (2017).

Linha 39 - Classe A e B		
Código *	Produto	Dimensões
		Peso
BE39/4 BE39/6 BE39/9		14x19x39 cm
		12,50 Kg

* Código

BE39/4

- Resistência - fbk
- Comprimento
- Tipo de Produto:
 - Bloco Estrutural
 - Meio Bloco Estrutural
 - Canaleta Estrutural
 - Meia Canaleta Estrutural
 - Bloco Vedação
 - Bloco Compensador
 - Canaleta Baixa Estrutural
 - Canaleta Jota Estrutural

Figura 24: Exemplo detalhado de um bloco estrutural de concreto.

Fonte: Prontomix (2011).

2.6 ARGAMASSA

“A argamassa é um material constituído basicamente de aglomerante e agregados miúdos, misturados com certa quantidade de aditivos apropriados, formando uma mistura plástica com a trabalhabilidade requerida para sua aplicação” (MAZER, 2007).

Ao observar o concreto, sua finalidade é alcançar a maior resistência à compressão com o menor custo, enquanto para argamassas, o que se busca é que sejam capazes de transferir, de maneira uniforme, as tensões entre os blocos e também compensar eventuais irregularidades e diferenças nas dimensões dos blocos. Outro propósito da argamassa é juntar solidariamente os componentes de alvenaria e ajudá-los a resistir aos esforços laterais (ROMAN *et al.*, 1999).

Quando se aumenta a espessura da junta de assentamento, conseqüentemente se eleva a proporção de argamassa no volume da parede; isso, combinado ao fato da argamassa ser a parte mais fraca da alvenaria, acarreta a redução da resistência à compressão desta (MAZER, 2007).

Segundo Camacho (2006) “A argamassa deve ter capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com unidades de elevada absorção inicial, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela excessiva perda de água para a unidade. É importante também que seja capaz de desenvolver resistência suficiente para absorver os esforços que possam atuar na parede logo após o assentamento”.

Parsekian (2012) lembra que as argamassas têm dois estados bem diferentes, sendo eles o plástico e o endurecido. No estado plástico, as características

mais importantes são trabalhabilidade e capacidade de retenção de água. Já no estado endurecido, as características buscadas são aderência, resiliência, resistência à compressão e retração. O autor ainda menciona que diversas patologias decorrem da utilização inapropriada das argamassas.

Abaixo é discorrido brevemente sobre algumas dessas características das argamassas:

- **Trabalhabilidade:** segundo Mazer (2007), “a trabalhabilidade da argamassa depende de vários fatores, entre eles destacam-se: qualidade do agregado, quantidade de água, consistência, capacidade de retenção de água, tempo decorrido de preparação, adesão, fluidez e massa”. Roman *et al.* (1999) descrevem que “a trabalhabilidade é medida indiretamente pelo teste de fluidez (consistência), que é definida como a porcentagem do aumento de diâmetro da base de um tronco de cone, depois de submeter-se a impactos sucessivos em uma mesa vibratória padrão”. Ao aderir à colher de pedreiro, porém deslizar facilmente, a argamassa é tida como de boa trabalhabilidade, assim como ao aderir a superfícies verticais, projetar-se horizontalmente para fora da junta facilitando o arremate ou frisamento da junta e ter a capacidade de suportar o peso das fiadas superiores dos blocos assentados no mesmo dia (PARSEKIAN, 2012).
- **Retentividade de água:** “retentividade é a capacidade da argamassa de reter água contra a sucção do bloco” (MAZER, 2007). Um bloco sendo bastante poroso e retirando água da argamassa em pouco tempo a deixa sem líquido suficiente para hidratar o cimento de modo completo. Esse problema acarreta uma fraca ligação entre o bloco e a argamassa. Outra consequência da perda de água é o endurecimento da argamassa em curto tempo impedindo assim o assentamento da próxima fiada (ROMAN *et al.*, 1999). Estes autores ressaltam que a utilização de material pozolânico ou colocar mais água e mais tempo de mistura tem a possibilidade de aumentar a retentividade.
- **Aderência:** “a resistência de aderência é a capacidade que a interface bloco-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. A aderência entre a argamassa e o bloco é uma combinação do grau de contato entre

ambos e da adesão da pasta de cimento à superfície do tijolo. A aderência, portanto, não é uma propriedade intrínseca da argamassa, mas depende também das características das unidades” (ROMAN et al., 1999). Alguns fatores que têm influência no grau de contato e adesão, segundo Mazer (2007), são “trabalhabilidade da argamassa, retentividade, taxa de absorção inicial do bloco, mão-de-obra, quantidade de cimento na mistura, textura da superfície do bloco, conteúdo de unidade do bloco, temperatura e umidade relativa”. É possível dizer que o funcionamento da aderência se inicia no estado plástico e se conclui no endurecido. A resistência ótima é atingida com a maior quantidade de água que está de acordo com a consistência almejada, ainda que haja redução da resistência à compressão da argamassa (PARSEKIAN, 2012). Este autor relata que a aderência é a propriedade de maior importância para a resistência da alvenaria depois da resistência à compressão dos blocos.

- **Tempo de endurecimento:** “o endurecimento é função da hidratação, ou seja, da reação química entre o cimento e a água.” (ROMAN *et al.*, 1999). Os autores ainda lembram que, caso ele seja muito lento causará atraso na construção devido ao tempo de espera necessário para se continuar o trabalho. Por outro lado, se o endurecimento for muito rápido acarretará problemas ao assentar blocos e realizar o acabamento das juntas. O que tende a acelerar o endurecimento são temperaturas muito altas, enquanto as muito baixas retardam. Mais contato entre cimento e água, ou seja, uma mistura mais homogênea, acelera o endurecimento.
- **Resiliência:** Parsekian (2012) define resiliência “como a capacidade da junta se adaptar a diferentes solicitações sem prejuízo ao seu desempenho”, sendo que esta característica está associada à capacidade de absorver deformações sem fissurar. O autor relata que a obtenção de resiliência ocorre em detrimento da resistência à compressão, uma vez que aquela está relacionada ao módulo de deformação, sendo que quanto maior o módulo, menos resiliente é a argamassa.
- **Resistência à compressão:** “a resistência à compressão depende do tipo e quantidade de cimento usado na mistura. É importante ressaltar

que grande resistência à compressão não significa necessariamente a melhor solução estrutural” (MAZER, 2007). O autor ainda explica que a argamassa precisa resistir aos esforços que a parede necessita suportar, porém, não deve superar a resistência dos blocos da parede para que as fissuras derivadas de expansões térmicas ou outros movimentos da parede aconteçam nas juntas. Ele também menciona que, por não haver uma relação direta entre as resistências da argamassa e da parede, uma parede mais forte não é, necessariamente, consequência de uma argamassa mais forte.

2.7 GRAUTE

“O graute consiste em um concreto fino (micro-concreto), formado de cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos de pequena dimensão (até 9,5mm), devendo apresentar como característica alta fluidez de modo a preencher adequadamente os vazios dos blocos onde serão lançados” (CAMACHO, 2006). De acordo com Parsekian (2012), “o graute é lançado nos furos verticais dos blocos ou em canaletas e peças similares como blocos J e compensadores”. O autor aponta que as funções do graute são: aumentar a resistência à compressão de uma parede; aumentar a resistência em pontos localizados como verga, contraverga e coxim; e unir eventuais armaduras às paredes.

O graute tem alta fluidez com a relação água/cimento podendo alcançar o valor de 0,9. Da grande quantidade de água deriva a diminuição da resistência à compressão do graute. É necessário se atentar que a resistência do graute lançado no interior do bloco será maior, uma vez que a alta absorção dos blocos irá retirar boa parte da água do graute em um curto espaço de tempo diminuindo a relação água/cimento. É aconselhado usar cal até o volume de uma décima parte do volume de concreto para diminuir a retração do graute e garantir sua fluidez e plasticidade (PARSEKIAN, 2012).

2.8 ARMADURA

A função da armadura na alvenaria estrutural é dissipar os esforços de tração decorrentes do peso próprio da alvenaria e dos carregamentos. Por elevar o valor da alvenaria estrutural, a armadura é usada em pequena escala e em pontos críticos detalhados em projeto (SILVA, 2007). As armaduras que são usadas em estruturas de concreto armado convencional são as mesmas usadas em alvenaria estrutural. É possível usar fios de aço de 3,8 mm (diâmetro mínimo) em armaduras colocadas nas juntas de assentamento, contanto que o diâmetro desta armadura não ultrapasse a metade da espessura da junta. As barras devem ser todas detalhadas nas elevações das paredes (MAZER, 2007).

2.9 PROJETO

O projeto de uma construção em alvenaria estrutural é desenvolvido de forma um pouco diferente do que um projeto usual feito em concreto armado, uma vez que a integração entre os tipos de projetos diferentes é maior. Em projetos de estrutura convencional em concreto armado, geralmente os projetos de estrutura, elétrica e hidráulica são definidos depois do projeto arquitetônico. Já na alvenaria estrutural eles devem ser desenvolvidos em conjunto (PARSEKIAN, 2012). Algumas informações são imprescindíveis para o desenvolvimento de um projeto em alvenaria estrutural. Parsekian (2012) apresenta as seguintes informações fundamentais:

- “Bloco: dimensões, componentes disponíveis (bloco padrão, canaleta, bloco jota, etc) – definem modulação e dimensões dos cômodos;
- Posição e dimensão das aberturas (portas, janelas, quadro de luz e força, etc) – influenciam a distribuição de cargas entre as paredes;
- Projeto das instalações hidráulicas: consideração de paredes hidráulicas não estruturais;
- Definição de paredes removíveis não estruturais;
- Projeto de instalações elétricas: tipo de laje; altura do pavimento; tipo de escada; térreo com ou sem pilotis”.

Mazer (2007) destaca algumas das principais atividades que fazem parte da etapa de projeto:

- “Comunicação e troca de informações entre todos os integrantes do projeto e do empreendimento;
- Integração entre as diversas etapas da obra;
- Solucionar as interferências entre as partes;
- Garantir a coerência entre o produto projetado e a produção”.

O autor justifica a importância de tais atividades, uma vez que o projeto tem influência na introdução de novas tecnologias, fornece suporte ao controle de qualidade, dá embasamento ao planejamento da execução, evita o surgimento de patologias, tem grande impacto no custo e dá orientação sobre o uso e manutenção do edifício. Conhecer a modulação, forma do prédio e planta do edifício é necessário para alcançar todas as vantagens proporcionadas pela alvenaria estrutural.

2.10 MODULAÇÃO

Modulação consiste na etapa em que se definem as dimensões das paredes partindo-se das dimensões do bloco a ser usado e assim não precisar cortar blocos. O bloco usado para se executar a alvenaria estrutural será a base para se determinar as dimensões dos ambientes e paredes, sendo que a altura do bloco determinará o módulo vertical, enquanto a largura e comprimento do bloco definirão o módulo horizontal, ou em planta (MAZER, 2007).

É nessa fase que devem ser previstos todos os encontros de paredes, pontos de graute e ferragem, aberturas, caixas de passagem, ligação laje/parede, colocação de pré-moldados e instalações em geral. Também é preciso atentar-se para a formação de juntas verticais a prumo e evitá-las sempre que possível, já que, de acordo com o senso comum, podem representar pontos de fraqueza e aparecimento de patologias, geralmente como fissuras (PARSEKIAN, 2012).

Tauil e Nese (2012) dizem que é possível “concluir que coordenar modularmente é organizar ou arranjar peças e componentes de forma a atenderem a uma medida de base padronizada”. Os autores enfatizam que essa medida é usada como base durante todo o desenvolvimento do projeto.

“Chamando de **M** o módulo a ser adotado (largura do bloco mais a junta) e **2M** o comprimento do bloco mais a espessura da junta, definem-se as dimensões reais da edificação entre faces de blocos (sem considerar o revestimento) com base nessas

dimensões, desta forma as dimensões internas dos ambientes serão nM , $nM-j$ ou $nM+j$ ", sendo j a espessura da junta (MAZER, 2007). Segundo o autor, depois de se determinar a primeira fiada de acordo com as instruções deste parágrafo, define-se a segunda fiada garantindo a amarração entre os blocos; isso é conseguido defasando as juntas em uma distância M . Desse modo, a primeira fiada segue de modelo para as fiadas ímpares, assim como a segunda fiada é modelo para as fiadas pares. Isso tudo referindo-se à modulação horizontal.

Já a modulação vertical pode ser feita de duas maneiras diferentes. A primeira forma leva em conta a distância modular de piso a teto e usa-se um bloco tipo canaleta na última fiada nas paredes internas e um bloco J nas paredes externas. Assim, a altura do piso a teto será nM . A segunda forma leva em conta a distância de piso a piso, onde na última fiada das paredes externas usa-se bloco J com uma das laterais menor que a padrão e blocos do tipo canaletas especiais nas paredes internas, conhecidos como compensadores, que possibilitam o ajuste da distância de piso a teto – distância esta que não está modulada (MAZER, 2007).

As dimensões referenciais geralmente são de 15 ou 20 cm, ressaltando que o objetivo é que se tenham blocos com o comprimento sendo o dobro da largura porque, desta forma, o número de blocos especiais na obra diminui consideravelmente. Se não for usado um bloco especial para o encontro de três paredes (T) terá ao menos 3 fiadas com junta à prumo (CAMACHO, 2006). Na figura 25 estão representadas possíveis ocorrências de projeto relacionadas com as famílias de blocos usadas e os blocos especiais requeridos.

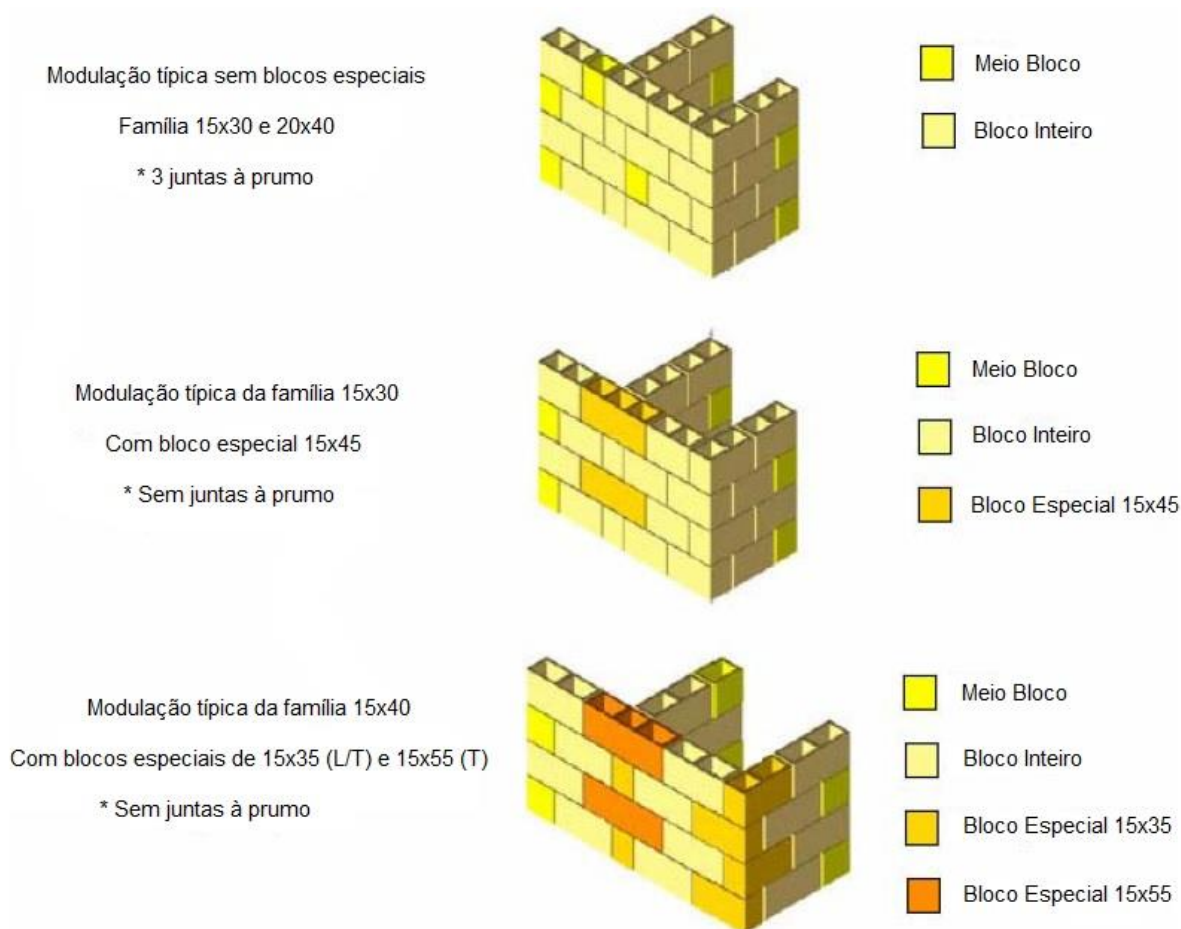


Figura 25: Tipos de amarrações de blocos.
Fonte: Camacho (2006).

Projetar modularmente usando uma base reticulada espacial nos eixos cartesianos não limita o projeto, mas viabiliza uma perfeita disposição dos espaços e harmonização dos elementos construtivos com a versatilidade requerida ao atendimento da proposta técnica, do escopo e o projeto arquitetônico determinado pelo arquiteto. Caso seja necessário, submódulos podem ser usados para proporcionar maior flexibilidade ao projeto (TAUIL e NESE, 2012). Os autores continuam explicando que, depois de se determinar o módulo do bloco de concreto disponível no comércio, a modulação seguirá de forma automática e todos os cômodos do projeto terão suas dimensões internas e externas múltiplas do módulo escolhido como referência. A figura 26 é um exemplo da quadrícula usada para modulação e a figura 27 um exemplo de aplicação modular.

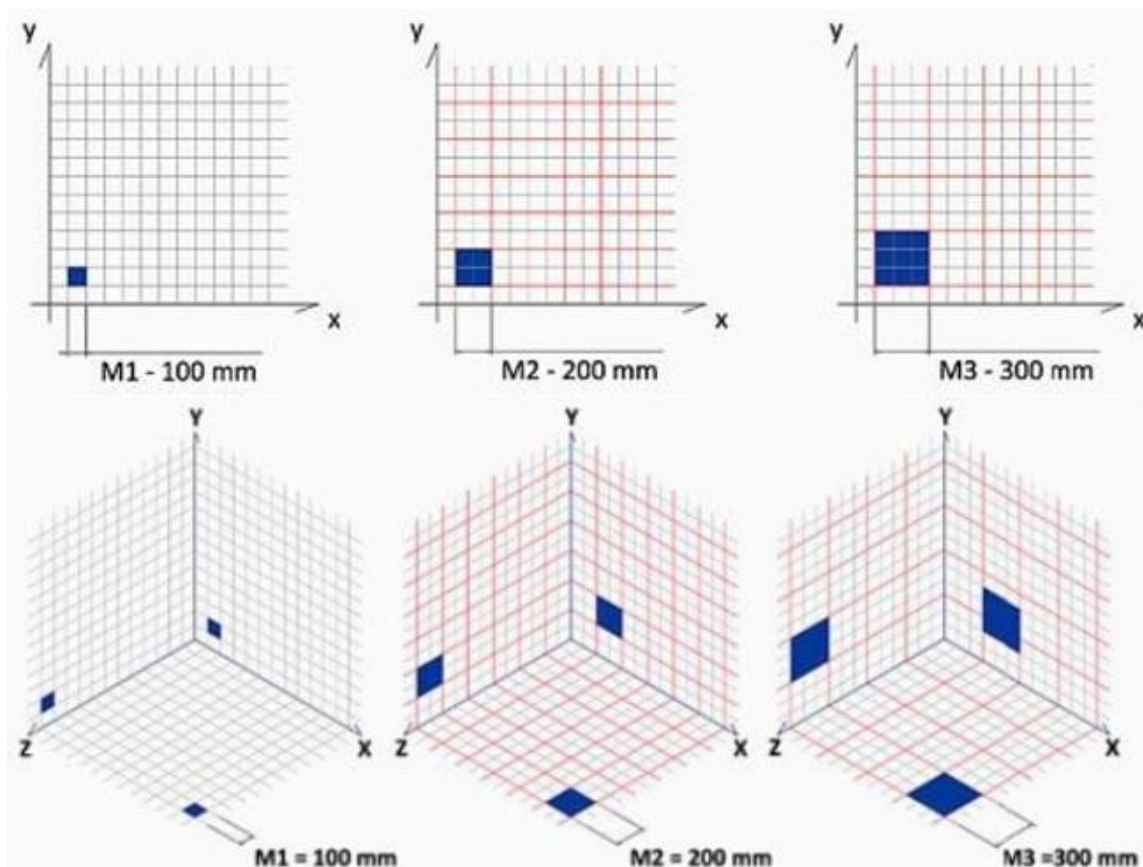


Figura 26: Quadrícula modular 1M / 2M / 3M no plano X e Y e no plano X, Y e Z.
Fonte: Tauil e Nese (2012).

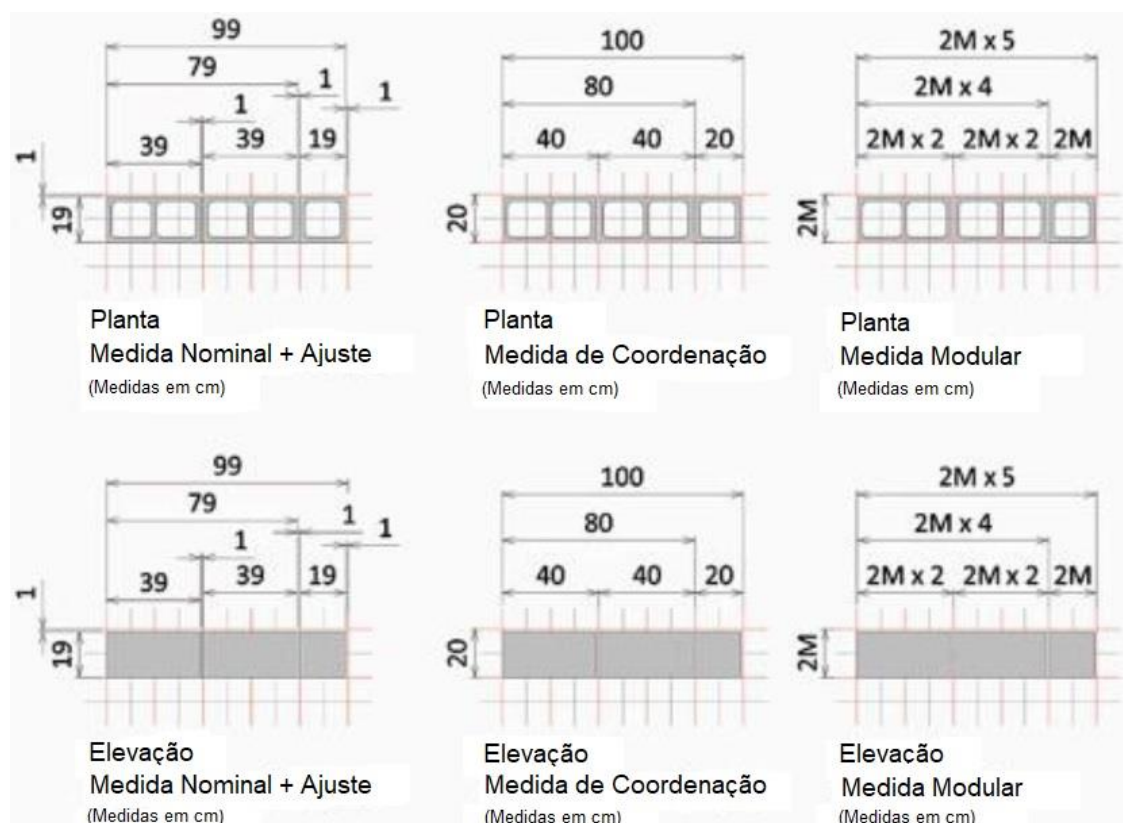


Figura 27: Exemplo de aplicação de modulação.
Fonte: Tauil e Nese (2012).

O design modular da alvenaria estrutural requer que as molduras de portas e janelas sejam fornecidas com as dimensões adequadas para evitar cortes nos blocos (SANTOS et al., 2009). Na figura 28 são mostradas duas elevações com blocos estruturais, onde a elevação do lado esquerdo representa uma disposição dos blocos não recomendada em que cortes das unidades são necessários e a distribuição modular correta na representação do lado direito.

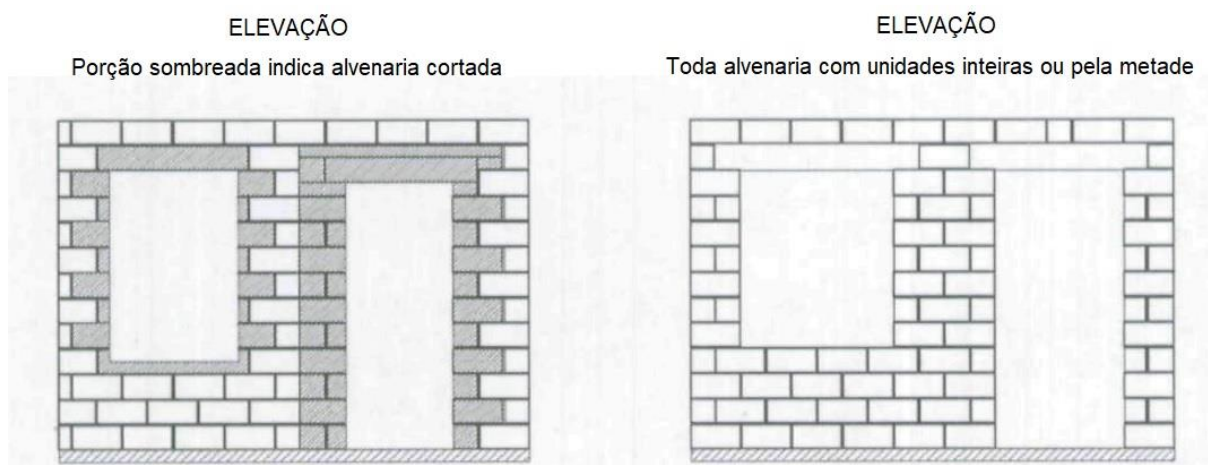


Figura 28: Vista de uma modulação não recomendada de blocos e distribuição modular correta.

Fonte: Santos et al. (2009).

Como o custo de obras em alvenaria estrutural é um ponto relevante na proposta deste sistema, é importante lembrar que a coordenação modular só pode ser alcançada se os blocos forem fornecidos com dimensões padronizadas e sem variações significativas e a pessoa que executar a obra for qualificada para adequar a espessura da junta de acordo com as dimensões das unidades e as tolerâncias das modulações (SANTOS et al., 2009).

2.11 FORMA DO PRÉDIO

A função que a edificação desempenhará, com frequência, determina a forma do prédio e esta, por sua vez, pode determinar a quantidade e a distribuição das paredes estruturais. A quantidade e distribuição de pavimentos têm impacto na robustez do prédio e, por consequência, na capacidade de absorver esforços horizontais (MAZER, 2007). A figura 29 é um exemplo destas relações.

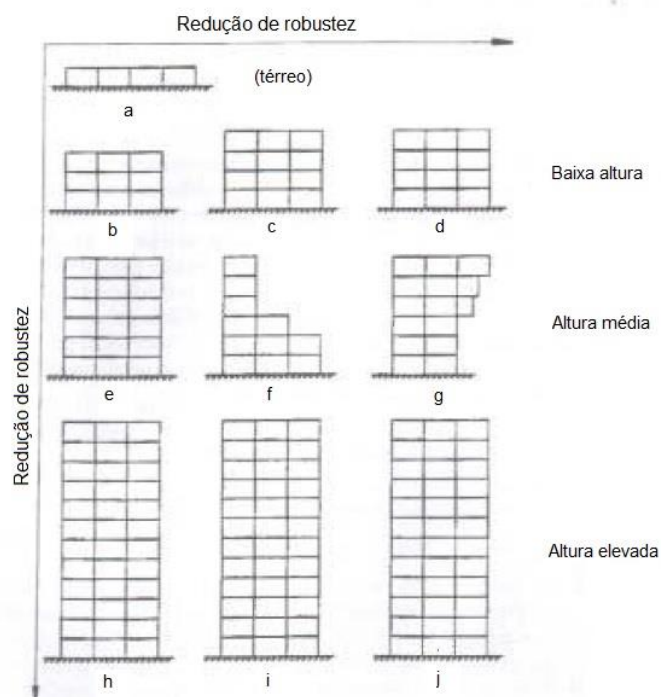


Figura 29: Gráfico Altura e Forma do Prédio x Robustez.
Fonte: Sanches (2002).

2.12 PLANTA DO EDIFÍCIO

A forma da planta do prédio tem efeito significativo na resistência aos esforços horizontais sob os quais o edifício estará submetido, particularmente aos esforços de torção (MAZER, 2007). A figura 30 relaciona a forma em planta do edifício e sua resistência à torção devida a esforços horizontais.

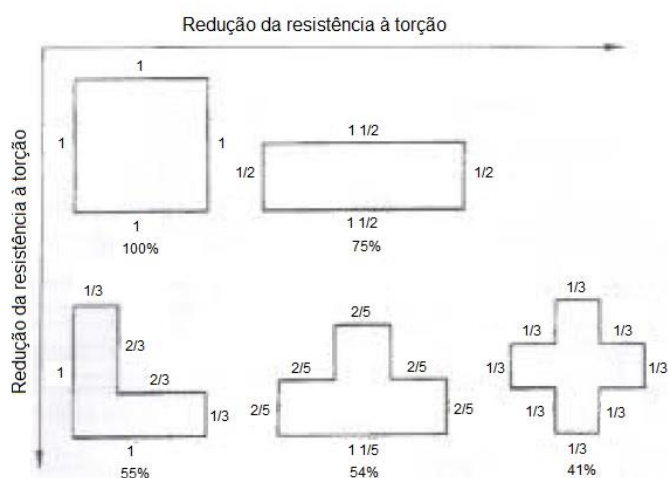


Figura 30: Gráfico Forma em Planta do Edifício x Resistência à Torção.
Fonte: Sanches (2002).

2.13 ALTURA DA EDIFICAÇÃO

Tratando-se exclusivamente da altura do prédio e considerando os requisitos vigentes no Brasil, é possível afirmar que a alvenaria estrutural é mais recomendada para edifícios de, no máximo, 15 ou 16 pavimentos. Prédios com pavimentos acima deste limite que utilizam blocos usualmente disponíveis no mercado requeririam um grauteamento exagerado e, desta forma, a economia gerada pela alvenaria estrutural perde seu interesse. Ainda que os blocos alcançassem a resistência à compressão necessária, os esforços laterais causados especialmente pela ação do vento gerariam altas tensões de tração e, conseqüentemente, seriam necessárias armaduras e grauteamento – o que, novamente, compromete a economia da estrutura (NONATO, 2013).

2.14 RACIONALIZAÇÃO

“A racionalização é um princípio que pode ser aplicado a qualquer método, processo ou sistema construtivo e, no caso do processo construtivo tradicional, significa a implementação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade que podem trazer grandes reduções de custos” (MELHADO, 1994). O autor continua explicando que é ainda na fase de projeto que a maior parte destas medidas devem ser empregadas por causa de suas implicações em relação a especificações, dimensões e detalhes que acabam sendo agregados.

Sob a ótica de resultados, é na fase de concepção – que inclui os estudos preliminares, anteprojeto e projeto – que são tomadas as decisões que têm maior impacto nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos (FRANCO e AGOPYAN, 1993). Na figura 31, os autores imputam às fases iniciais do empreendimento uma possibilidade maior de impactar seu custo final.

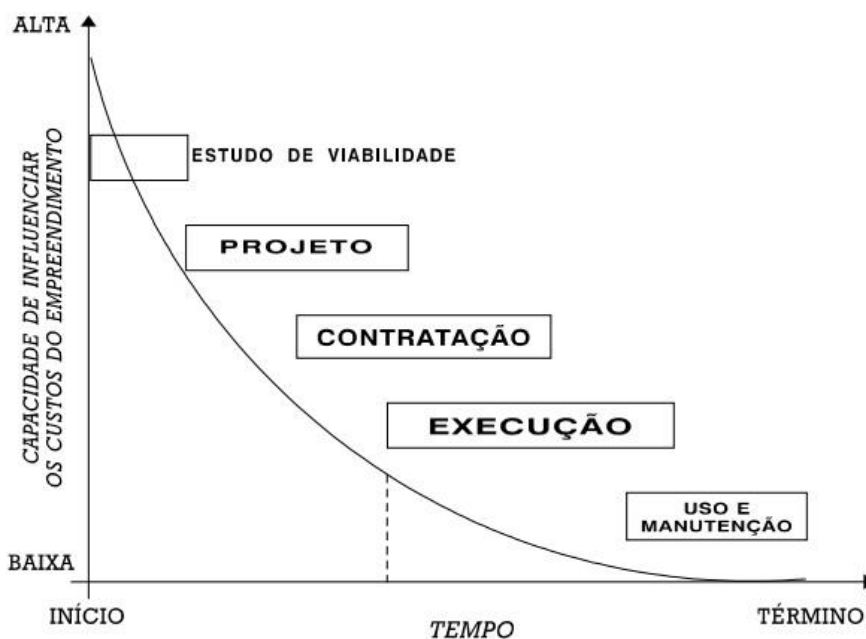


Figura 31: Capacidade de influência sobre o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.

Fonte: CII (1987) *apud* Franco e Agopyan (1993).

Produtividade e custo são fatores que se relacionam diretamente e o uso do sistema de alvenaria estrutural traz um ganho que é sentido tanto no custo assim como na rapidez. Quando se termina uma parede, juntamente se conclui a estrutura, passagens hidráulicas do pavimento, vedação e instalação de condutores elétricos (ANTUNES, 2004 *apud* POYASTRO, 2008).

Nas obras de concreto armado convencional, os trabalhos precisam ser feitos por equipes diferentes e profissionais especializados, por exemplo, montagem das fôrmas, montagem e posicionamento de armaduras, concretagem e ainda a alvenaria de vedação precisa ser realizada. Por outro lado, na alvenaria estrutural quase tudo é alvenaria, sendo assim mais racional. Ainda que moldada *in loco*, uma laje de concreto usa uma fôrma plana e uma armadura muito simples de ser colocada e, assim, não sendo necessária mão-de-obra especializada. A obra precisará somente de acabamento que, pelo fato de não haver interfaces entre a vedação e a estrutura, será facilitado. A alvenaria estrutural não tolera modificações em paredes já realizadas, como cortar a alvenaria para se passar dutos, e desta forma praticamente força o construtor a integrar projetos logo no começo (RAMALHO, 2003).

De acordo com Franco *apud* Navarini (2010), as propriedades que conduzem à racionalização são:

- Simplicidade do processo, eliminando vários problemas de interface entre os subsistemas;
- Fácil implementação da coordenação modular;
- Definição dos detalhes construtivos, assim como das técnicas de execução na fase de projeto, proporcionado por uma sistemática de projeto que o torna mais confiável;
- Precisão na execução da obra;
- Definição da sequência de técnicas para a execução dos subsistemas e diminuição da incerteza quanto ao planejamento de cada atividade;
- Controle das atividades executadas, pois, com a definição na etapa de concepção, passa a ser possível ou mais efetiva a existência de um controle de execução.

2.15 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Apesar de apresentar muitos pontos positivos, a alvenaria estrutural tem algumas desvantagens que, segundo Ramalho e Corrêa (2003) são, do mais importante para o menos importante:

- “Dificuldade de se adaptar arquitetura para um novo uso. Fazendo as paredes parte da estrutura, obviamente não existe a possibilidade de adaptações significativas no arranjo arquitetônico.
- Interferência entre projetos de arquitetura/estruturas/instalações. A manutenção do módulo afeta de forma direta o projeto arquitetônico e a impossibilidade de se furar as paredes, sem um controle cuidadoso desses furos, condiciona de forma marcante os projetos de instalações elétricas e hidráulicas.
- Necessidade de uma mão-de-obra bem qualificada. Isso significa um treinamento prévio da equipe contratada para sua execução.
- Impossibilidade de modificar a disposição arquitetônica original. Esta limitação é um importante inibidor de vendas”.

De acordo com Bolzan (2016), seguem outras desvantagens:

- Requer controle de qualidade eficaz dos materiais utilizados e do componente alvenaria.
- Os vãos livres são limitados.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), as principais vantagens da alvenaria estrutural são, do mais importante para o menos importante:

- “Economia de fôrmas. Quando existem, as fôrmas se limitam às necessárias para a concretagem das lajes. São, portanto, fôrmas lisas, baratas e de grande reaproveitamento.
- Redução significativa nos revestimentos. Por se utilizar blocos de qualidade controlada e pelo controle maior na execução, a redução dos revestimentos é muito significativa.
- Redução nos desperdícios de material e mão-de-obra. Não admitindo rasgos ou aberturas, o que poderia ser encarado como uma desvantagem, na verdade implica à virtual eliminação da possibilidade de improvisações, que encarecem significativamente o preço da construção.
- Redução do número de especialidades. Deixam de ser necessários profissionais como armadores e carpinteiros.
- Flexibilidade no ritmo de execução da obra. Se as lajes forem pré-moldadas, o ritmo da obra estará desvinculado do tempo de cura que deve ser respeitado no caso das peças de concreto armado”.

Bolzan (2016) ainda menciona outras vantagens, como:

- Grande facilidade para supervisionar a obra.
- Resistência ao fogo muito boa.
- Ótimas propriedades de isolamento térmico e acústico.

2.16 PANORAMA ATUAL

A constatação do crescimento do uso da alvenaria estrutural em edificações é citado de maneira geral em diversas publicações, como em Téchne (2003), Caixa (2003), Construção Mercado (2009) e Itambé (2010). Há 7 anos, Santos (2011) declarou que o Brasil era, na época, o país que mais utilizava a alvenaria estrutural como sistema construtivo – que foi impulsionado com o programa nacional de habitação chamado Minha Casa Minha Vida.

No período de 2006 a 2009, a alvenaria estrutural cresceu 10%. Só no estado de São Paulo, esse aumento foi de 12% nos 4 anos para esse sistema. A utilização de bloco de concreto neste método de estrutura aumentou 3% e o sistema construtivo de parede de concreto alcançou 10% do mercado em 2009 (CRIAACTIVE *apud* ABCP, 2010). A pesquisa considerou 194 construtoras que estão entre as que têm maior representatividade neste setor no Brasil, e levou em consideração o volume de cimento consumido nas obras e a área construída dos empreendimentos. A pesquisa baseia-se no consumo de cimento para obras de fundação, estrutura, vedação, revestimento interno e revestimento externo.

Nas obras de padrão médio-alto e alto em construção de estruturas, a utilização de concreto armado predomina com 91,3% do total construído no ano de 2015. Em obras de padrão médio ou econômico do mesmo ano, o concreto armado convencional também era o mais usado, com 53,8%. Apesar de ainda ser o mais utilizado, este sistema construtivo retraiu 16% quando comparado com o ano de 2009. A alvenaria estrutural vem em segundo lugar com 31,4% dos casos. O sistema construtivo de parede de concreto está em crescimento ao longo dos anos, embora em uma proporção menor (SEGS, 2016).

2.17 PAREDES DE CONCRETO

O método de construção valendo-se da parede de concreto moldada *in loco* era muito utilizado no Brasil nas décadas de 1970 e 1980, e devido ao aumento vertiginoso da construção de habitações populares ele se tornou de novo uma boa alternativa (TÉCHNE, 2010.) Por causa da ausência de escala e continuidade de obras industrializadas, em particular as limitações financeiras daquele período, essa

tecnologia não firmou no mercado brasileiro (MISURELLI; MASSUDA, 2009). Com o programa MCMV, em 2009, o uso do sistema de paredes de concreto está sendo fortemente retomado (TECNOSIL, S/D).

Neste sistema construtivo, a estrutura e a vedação são compostas pela parede de concreto, que tem embuti em si as esquadrias e as instalações hidráulicas e elétricas. As paredes são moldadas no próprio local da obra (MISURELLI; MASSUDA, 2009). As paredes têm espessura de 10 cm e são armadas com telas metálicas eletrossoldadas colocadas no meio das paredes. As lajes também são maciças de concreto armado e de mesma espessura (SILVA, 2011). A figura 33 representa um exemplo de montagem deste tipo de parede.

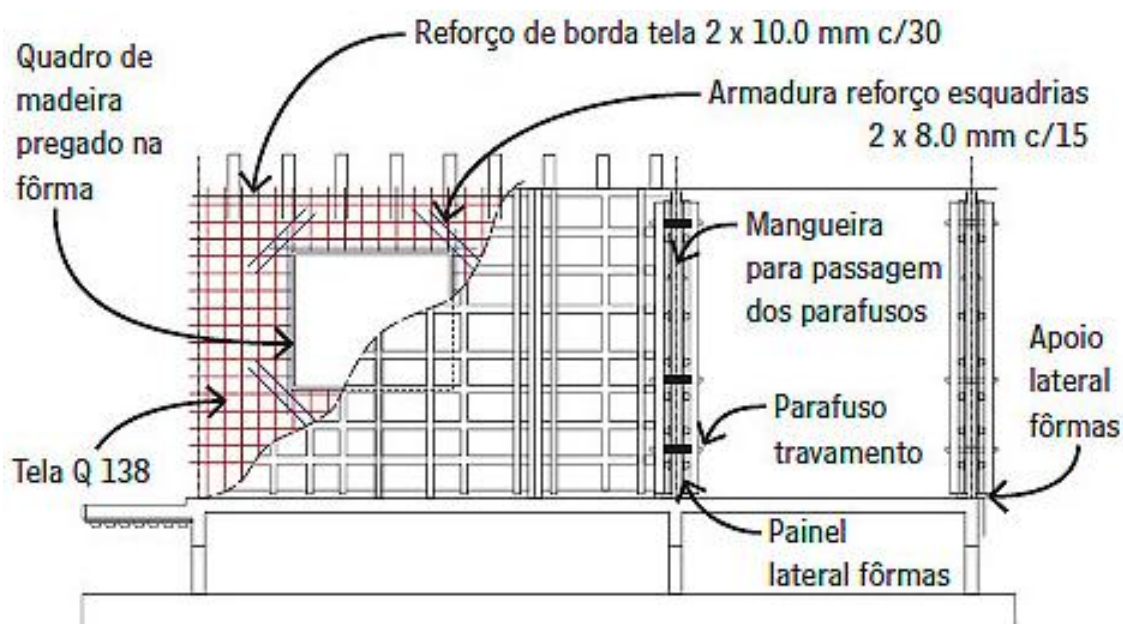


Figura 32: Montagem das Paredes de Concreto Moldadas in loco.

Figura 33: Montagem das Paredes de Concreto Moldadas in loco.
Fonte: SILVA (2011).

No ano de 2014, 36% das unidades do programa MCMV construídas com recursos da Caixa Econômica Federal usaram o sistema de paredes de concreto. Em 2016, esse sistema foi prevalescente em 52% dos projetos levados ao banco para o levantamento de recursos (CAIXA *apud* ITAMBÉ, 2018).

Não se limitando a obras do programa MCMV, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) realizou uma pesquisa em 2013 para mostrar a participação do método de paredes de concreto em construções de prédios e casas naquele mesmo ano. Os resultados se basearam em conversa com 457 construtoras no Brasil

há 2 anos. Nessa pesquisa foi constatado que somente 8,7% das obras utilizaram parede de concreto, enquanto 31,2% escolheram alvenaria usando blocos de concreto e 50,4% optaram por estrutura de concreto. Com as informações colhidas na pesquisa estimou-se que até 2016 cerca de 12% das obras seriam de paredes de concreto e que a alvenaria estrutural cairia para 27,9% e a estrutura de concreto para 50,1% (ABCP *apud* GRANDES CONSTRUÇÕES, 2015). Os dados coletados em 2013 e a estimativa para 2016 estão representados na figura 34.

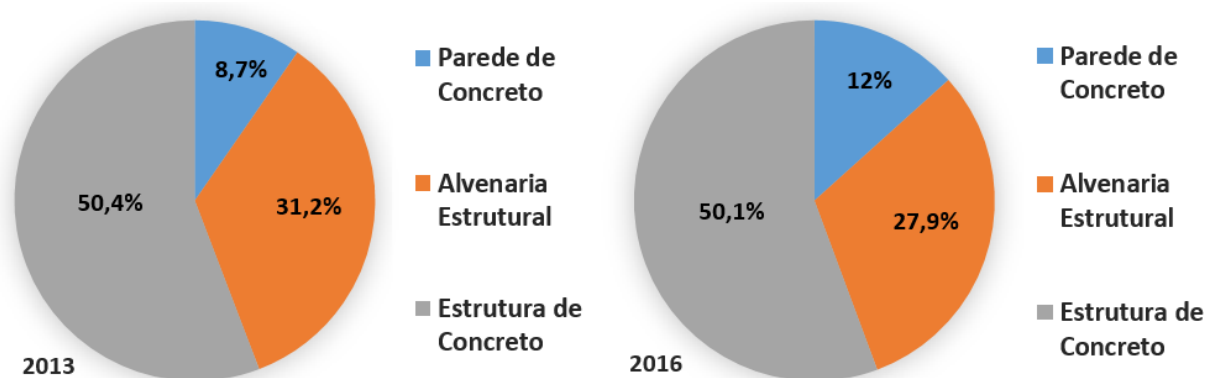


Figura 34: Participação de Paredes de Concreto na Construção. Levantamento 2013 e Estimativa 2016.

Fonte: ABCP *apud* GRANDES CONSTRUÇÕES (2015).

A empresa MRV ficou classificada em 1º lugar entre as 30 maiores construtoras por m² lançado em 2015 (NEOWAY CRIACTIVE *apud* SEGS, 2015) e em 1º lugar no ranking ITC entre as 100 maiores construtoras do Brasil (ITC, 2018). Uma das maiores construtoras do Brasil, que tem o seu foco em obras do programa MCMV, já sinalizou a migração do seu sistema construtivo para as paredes de concreto – o que parece ser uma tendência para obras dessa natureza.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A ferramenta largamente utilizada neste trabalho foi a pesquisa do assunto e a busca de dados pela internet. Consultaram-se artigos acadêmicos, revistas especializadas no assunto, empresas que trabalham com o sistema foco do tema deste trabalho, normas técnicas direcionadas para o assunto de alvenaria estrutural e contato com empresa do setor.

Uma empresa com presença nacional foi escolhida para ser contatada. Essa escolha se deu depois de pesquisa sobre o assunto e da constatação de que esta companhia já foi, e talvez ainda o seja, líder no mercado de construção civil no Brasil e também pelo conhecimento de que ela tem um foco extremamente forte em obras do programa Minha Casa Minha Vida – onde o sistema construtivo de alvenaria estrutural já foi largamente utilizado. O contato com a empresa e o fornecimento de informações se deu via telefone e e-mail.

Foi buscado o resultado de um levantamento realizado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em março de 2018. Em contato através do site da CBIC foi adquirido o material referente a este levantamento, o qual foi enviado por e-mail.

Em certo ponto das pesquisas para a realização deste trabalho percebeu-se uma certa frequência de menções concomitantes sobre alvenaria estrutural e a parede de concreto moldada *in loco*. Por esta razão, a parte final do trabalho concentrou-se brevemente neste segundo sistema construtivo, sendo que a pesquisa para a obtenção de dados se deu da mesma forma que para a alvenaria estrutural.

4 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos baseados nas informações fornecidas por e-mail pela CBIC e pela construtora contatada são analisados neste capítulo, juntamente com outros dados importantes.

Na esfera nacional, a empresa MRV está entre as líderes da construção e utilizava largamente o método de alvenaria estrutural em suas obras. Em 2014, ela ficou na 3ª posição entre as 30 construtoras por m² lançado e lançou em torno de 497.931m². Em 2015, ainda com uma área lançada 34% menor do que o ano anterior, ela assumiu o 1º lugar (NEOWAY CRIACTIVE *apud* SEGS, 2015). Nesses 2 anos, o sistema construtivo de alvenaria estrutural era predominante, sendo usado em mais de 80% das obras, de acordo com declaração da companhia. A partir de 2015 a empresa começou a empregar, de forma gradativa, o sistema de paredes de concreto em empreendimentos com perfil Minha Casa Minha Vida (MCMV). Entre os anos de 2015 e 2017, a aplicação deste método em novas obras aumentou 60% e a previsão é de que continue a crescer. A empresa estima que até o final de 2018 85% do total das obras da construtora sejam produzidas exclusivamente em paredes de concreto (DE LIMA, J. R. P.; COSTA, C. P, 2018). Na figura 35, um gráfico ilustra como o sistema construtivo de parede de concreto está substituindo os demais, em particular a alvenaria estrutural.

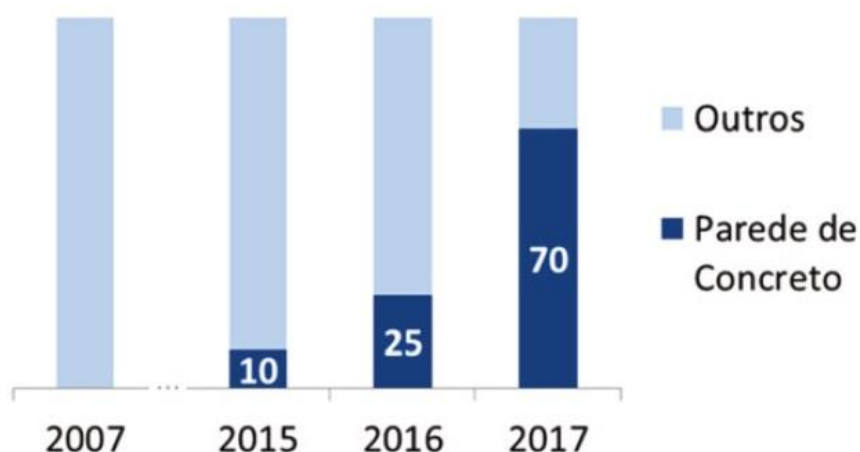


Figura 35: Evolução da aplicação do método construtivo das paredes de concreto nos empreendimentos MRV (%).

Fonte: DE LIMA, J. R. P.; COSTA, C. P. (2018).

Apesar do fato de que o uso da alvenaria estrutural estava aumentando em construções de alto padrão no ano de 2003, ainda é em obras do segmento popular

que está o maior potencial a ser explorado (TÉCHNE, 2003). O programa Minha Casa Minha Vida impulsionou este tipo de obra e é responsável por uma parcela enorme das obras no Brasil. A Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC) apresentou o estudo Cadeia de Valor e Importância Socioeconômica da Incorporação Imobiliária no Brasil onde estima que, entre 2008 e 2017, em volume de mercado foram lançados 6,3 milhões de empreendimentos no Brasil. Desse universo, 77,8% dizem respeito a unidades do programa MCMV, 20,7% referem-se a unidades residenciais de médio e alto padrão e 1,6% a unidades comerciais. Ao analisar a quantidade de metro quadrado construído de 2010 a 2017, isto é, a atividade construtiva deste período, os 286,9 milhões de m² construídos pelo segmento da incorporação imobiliária, segundo avaliação do estudo, ficaram distribuídos em 77,4% para unidades do programa MCMV, 20,9% para unidades residenciais de médio e alto padrão e 1,7% para unidades comerciais (ABRAINC, 2017). A figura 36 expressa de maneira mais fácil de ser visualizada essa distribuição.

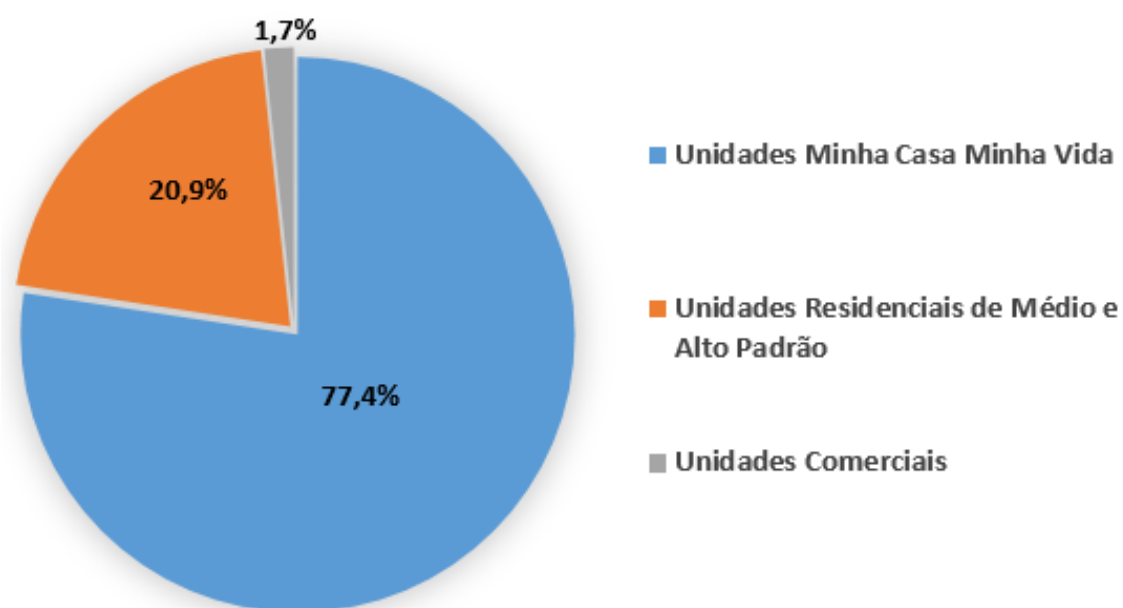


Figura 36: Atividade Construtiva da Incorporação Imobiliária 2010 – 2017.
Fonte: ABRAINC (2017).

Em março de 2018, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) realizou o Levantamento de Uso de Sistemas Construtivos em âmbito nacional; o resultado foi publicado na 74^a Reunião do Comitê Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Habitação (CTECH) em abril de 2018. A partir dos resultados do levantamento a respeito de vedação vertical externa constatou-se que a função de vedação prevalece sobre a função estrutural e destaca-se a grande utilização de blocos

cerâmicos. Tratando-se da vedação vertical interna, a constatação é semelhante, porém com valores um pouco diferentes. Na figura 37 estão expostos os resultados referentes à vedação vertical externa, enquanto na figura 38 os resultados referentes à vedação vertical interna.

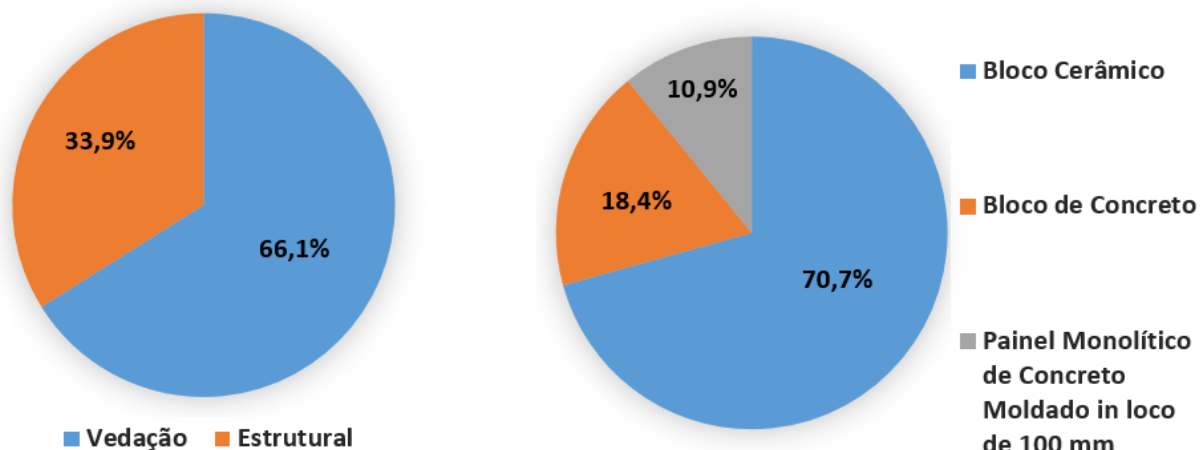


Figura 37: Vedação Vertical Externa. Função (esq.) e Componente Construtivo (dir.).
Fonte: CTECH (2018).

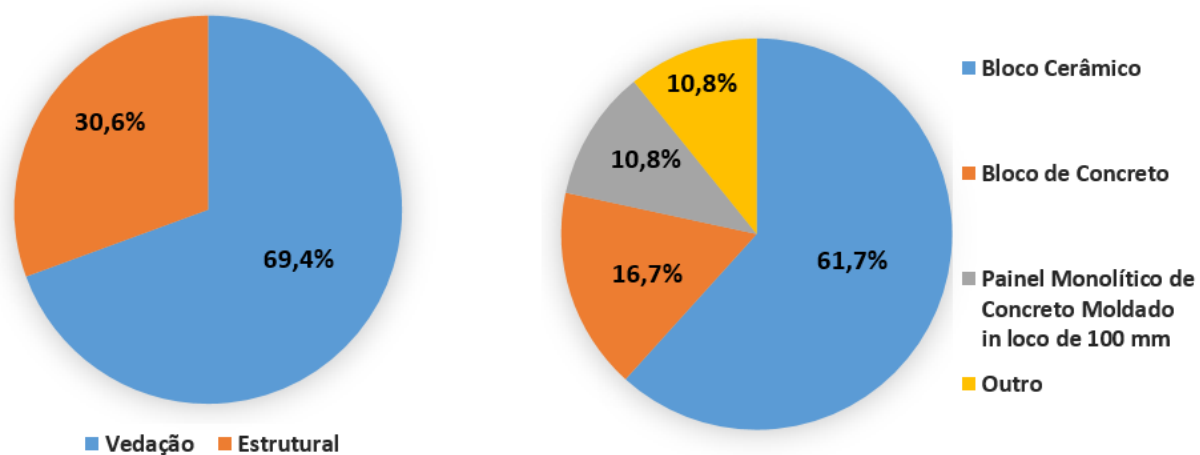


Figura 38: Vedação Vertical Interna. Função (esq.) e Componente Construtivo (dir.).
Fonte: CTECH (2018).

O levantamento realizado pela CBIC foi feito via formulário preenchido de forma voluntária e on-line através do Google Forms. Para este levantamento foram considerados 223 questionários válidos. Este levantamento não fornece um comparativo com períodos anteriores, mas permite visualizar o cenário nacional atual em que a alvenaria convencional prevalece sobre a estrutural e, ainda, destacar a presença considerável que a parede de concreto tem conquistado como componente construtivo.

Para situar a alvenaria estrutural no cenário internacional até o final do século 20, este sistema construtivo era de maior aceitação e o mais usado em países como Alemanha, Estados Unidos, Inglaterra e Austrália (ROMAN *et. al.*, 1999).

5 CONCLUSÃO

O assunto de alvenaria estrutural tem sido bem explorado, principalmente no que diz respeito aos seus conceitos e metodologia de projetos e execução. Há bastante material disponível que aborda o conhecimento básico para se trabalhar com alvenaria e também há uma quantidade considerável de pesquisas e trabalhos mais detalhados que tratam tanto do dia-a-dia da alvenaria estrutural quanto estudos mais aprofundados em análises específicas ao se tratar desse sistema. Neste quisito, e também considerando o grande crescimento do uso da alvenaria estrutural após o início do programa Minha Casa Minha Vida, conclui-se que o assunto já atingiu certa maturidade e consolidação na área de construção civil. Ainda reforçando essa conclusão sobre a consolidação do método, de acordo com o estudo da ABRAIN, mencionado anteriormente, mais de 222 milhões de m² foram construídos entre 2010 e 2017 no programa MCMV, um grande concentrador de obras que se valem deste sistema construtivo. Imagina-se que, assim como várias tecnologias, a alvenaria estrutural ainda possa progredir bastante, mas as normas estabelecidas e o conhecimento dominado é o suficiente para a aplicação atual deste sistema construtivo de maneira segura.

Naturalmente, a fase de projeto é importante em qualquer empreendimento, mas constatou-se que esta etapa é crucial ao se trabalhar com alvenaria estrutural. A modulação destaca-se como uma particularidade desse sistema, quando comparado a outros sistemas construtivos mais convencionais, sendo ela o fundamento de onde se deriva projetada todo o resto da construção.

Foi possível concluir também que para o principal nicho em que está inserida, obras de baixo e médio padrão, a alvenaria estrutural apresenta mais vantagens do que desvantagens, quando se prioriza tempo e dinheiro. Por outro lado, a padronização da obra, ou seja, a impossibilidade de alterações na construção é uma grande desvantagem para o consumidor final e, em certas ocasiões, para o próprio construtor quando há necessidade de alterar algo no projeto.

No decorrer das pesquisas a respeito deste tema foi verificado que o sistema construtivo de paredes de concreto tem se tornado uma ameaça crescente para a alvenaria estrutural. Conforme apresentado em estudos e pesquisas neste trabalho, este sistema construtivo vem sendo gradualmente substituído pelas paredes de concreto moldadas *in loco*. Tendo isso em mente, o autor deste trabalho estima que a

utilização do sistema construtivo de alvenaria estrutural, especialmente em construções de médio e baixo padrão, irá diminuir ao longo dos próximos anos. Essa premissa segue a linha de raciocínio de que este sistema já deixou de crescer no Brasil e de que já está sendo substituído pelo sistema de concreto já mencionado, em especial em obras do programa MCMV. Apesar da desaceleração do crescimento do sistema construtivo foco deste trabalho, e até mesmo sua retração, o autor não acredita que haverá uma inversão na participação da fatia de mercado desses dois sistemas, mas considera que pode haver uma forte aproximação entre a quantidade de obras feitas com cada um desses métodos de construção.

6 REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Crescimento de sistemas construtivos de cimento em São Paulo**. Disponível em: <https://www.abcp.org.br/cms/imprensa/banco-de-pautas/pesquisa-mostra-crescimento-de-sistemas-construtivos-de-cimento-em-sao-paulo/> Acesso em: 29/09/2018.

ABRAIN. **Cadeia de valor e importância socioeconômica da incorporação imobiliária no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://abrainc.org.br/wp-content/uploads/2017/11/PR-Estudo-Abrainc-com-Fipe.pdf> Acesso em: 14/10/2018.

ARCHITECTURE. **Monadnock building**. 2018. Disponível em: <http://www.architecture.org/learn/resources/buildings-of-chicago/building/monadnock-building/> Acesso em: 09/12/2018.

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 7171: Bloco cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-2: Componentes cerâmicos parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15873: Coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2010.

BAND. **Quase 28 mil visiram Coliseu em dia gratuito**. Band notícias, 06 de julho de 2014. Disponível em: <https://noticias.band.uol.com.br/noticias/100000693624/quase28milvisitamcoliseuemdiagratico.html> Acesso em: 08/12/2018.

BLOCOS ITO. **Produto**. Disponível em: <http://blocosito.com.br/produtos/> Acesso em: 18/10/2017.

BOL. **17 curiosidades sobre a grande Muralha da China**. Bol notícias, 09 de maio de 2017. Disponível em: <https://noticias.bol.uol.com.br/bol-listas/17-curiosidades-sobre-a-grande-muralha-da-china.htm> Acesso em: 08/12/2018.

BOLZAN, L. **Racionalização em alvenaria estrutural**. Trabalho de conclusão de curso, 2016.

CAIXA. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/estadual/programas_desenvolvimento_urbano/Inov_tecno/alvenaria_estrutural/index.asp Acesso em: 24/09/2018.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/#!/departamentos/engenharia-civil/nepae4636/downloads/> Acesso em 14/10/2017.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual**. Universidade Federal de Santa Maria, 30 de agosto de 1999. Jornal da ANICER. Disponível em: https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural-T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf Acesso em: 08/12/2018.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/1/projeto-estrutural/projeto/6/projeto-estrutural.html> Acesso em 06/10/2017.

CONSTRUÇÃO MERCADO. **Alvenaria estrutural**. Edição 41, janeiro de 2009. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/41/alvenaria-estrutural-281680-1.aspx> Acesso em: 09/10/2018.

DE LIMA, J. R. P.; COSTA, C. P. **Três sistemas construtivos em empreendimento residencial econômico**. Revista Concreto & Construções, edição 90, abril – junho, 2018.

ECIVIL. **Alvenaria estrutural**. Revista Técnica n° 34, maio/junho de 1998, páginas 26-31. Disponível em: http://www.ecivilnet.com/artigos/alvenaria_estrutural.htm Acessado em 20/09/2017.

FGV/IBRE, **ICST de outubro de 2017.** Disponível em: <http://portalibre.fgv.br/main.jsp?lumChannelId=402880811D8E34B9011D92E5C726666F> Acesso em 20/09/2017.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Conceitos de alvenaria estrutural.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=1927> Acesso em 16/10/2017.

FRANCO, L. S.; AGOPYAN, V. **Implementação da racionalização construtiva na fase de projeto.** Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/94. São Paulo, 1993.

G1 PORTAL DE NOTÍCIAS. **Construção civil se retrai em 2017 e segura recuperação da economia.** 08 de março de 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/construcao-civil-se-retrai-em-2017-e-segura-recuperacao-da-economia.ghtml> Acesso em 08/10/2017.

GRANDES CONSTRUÇÕES. **Sistema de paredes de concreto ganha espaço na construção civil.** 15 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.grandesconstrucoes.com.br/Materias/Exibir/sistema-de-paredes-de-concreto-ganha-espaco-na-construcao-civil> Acesso em: 27/10/2018.

ITAMBÉ. **Cresce uso de paredes de concreto em países latinos.** 21 de junho de 2018. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/cresce-uso-de-paredes-de-concreto-entre-paises-latinos/> Acesso em: 27/10/2018.

ITAMBÉ. **O espaço conquistado pela alvenaria estrutural.** 26 de julho de 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/o-espaco-conquistado-pela-alvenaria-estrutural/> Acesso em: 09/10/2018.

ITC. **Classificados 14° ranking ITC.** Disponível em: <http://rankingitc.com.br/#> Acesso em: 08/10/2018.

LASVEGASSUN. **Strip jousting begins.** 19 de junho de 1990. Disponível em: <https://lasvegassun.com/news/1990/jun/19/strip-jousting-begins/> Acesso em: 16/10/2017.

LEROY MERLIN. **Bloco de concreto estrutural 4,5 Mpa 14x19x39 cm JCRB.** Disponível em: http://www.leroymerlin.com.br/bloco-de-concreto-estrutural-4,5-mpa-14x19x39cm-jcrb_89249531 Acesso em 14/10/2017.

MAZER, W. **Alvenaria Estrutural: Notas de Aula**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. Boletim técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/139. São Paulo, 1995.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de concreto**. Técnica, edição 147, junho de 2009. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/artigo285766-1.aspx> Acesso em 27/10/2018.

MOHAMAD, G. **Construções em alvenaria estrutural. Materiais, projeto e desempenho**. Página 22. Editora Blucher, 2014. Disponível em: <https://issuu.com/editorablucher/docs/issuuok-peq/9> Acesso em: 09/12/2018.

NAVARINI, C. C. **Diretrizes da coordenação modular para o uso do bloco 44 cm como elemento principal em projetos arquitetônicos de alvenaria estrutural cerâmica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2010.

NONATO L.F.C. **Alvenaria estrutural e suas implicações**. Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2013.

PALMA DE OURO. **Bloco cerâmico estrutural 19x19x39**. Disponível em: <http://ceramicapalmadeouro.com.br/produto/bloco-ceramico-estrutural-19x19x39/> Acesso em 11/10/2017.

PARSEKIAN, A. G. **Apostila do Curso: 121088 - Alvenaria Estrutural**. São Carlos, 2012.

PINI. **Construnormas. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Disponível em: <http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/vedacoes-revestimentos/bloco-vazado-de-concreto-simples-para-alvenaria-estrutural-340438-1.aspx> Acesso em 14/10/2017.

POYASTRO, P. C. **Comparação entre blocos cerâmicos e em concreto, quanto a custo e produtividade, quando utilizados em alvenaria estrutural.** Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

PRONTOMIX. **Blocos de concreto para alvenaria estrutural e de vedação.** Disponível em: http://www.prontomix.com.br/site/produtos_blocos_alvenaria Acesso em: 18/11/2017.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Alvenaria estrutural sem segredos.** São Paulo: Editora Pini, 2003. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/alvenaria-estrutural-sem-segredos-80173-1.aspx> Acesso em 22/11/2017.

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

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. de. **Construindo em Alvenaria Estrutural.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999.

SANCHES, E. **Alvenaria Estrutural – Novas tendências técnicas e de mercado.** Editora Interciência, 2002.

SANTOS, A. **Normas fazem alvenaria estrutural brasileira dar um salto de qualidade.** 05 de outubro de 2011. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/normas-fazem-alvenaria-estrutural-brasileira-dar-salto-de-qualidade/> Acesso em: 10/10/2018.

SANTOS, F. A., DE CARVALHO, M. C. R.; ROMAN, H. R. **Architectural conception and design in structural masonry: some practices to improve constructability.** Int. Journal for Housing Science, vol. 33, nº 1 pp. 57-67, 2009.

SEGS. **Neoway Criactive aponta as 100 maiores construtoras de 2015.** Disponível em: <https://www.segs.com.br/demais/6684-neoway-criactive-aponta-as-100-maiores-construtoras-de-2015> Acesso em 08/10/2018.

SELECTA. **Alvenaria estrutural. Modulação 15 – Largura 14 cm.** Disponível em: http://www.selectablocos.com.br/ae_produtos_01_01.html Acesso em 16/10/2017.

SILVA, F. B.; **Paredes de concreto armado moldadas *in loco***. *Téchne*, edição 167, fevereiro de 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/artigo286799-1.aspx> Acesso em: 27/10/2018.

SILVA, L. D.; **Técnicas e procedimentos para assentamento de alvenaria de vedação e estrutural**. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2007.

SKOYLES, E.R. e SKOYLES, J.R. **Waste prevention on site**. London, Mitchell, 1987.

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

TÉCHNE. **A descoberta da alvenaria estrutural**. Edição 75, junho de 2003. Disponível em <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/75/artigo285274-2.aspx> Acesso em 09/10/2018.

TÉCHNE. **Paredes de concreto moldadas *in loco***. Edição 165, dezembro de 2010. Disponível em <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/165/paredes-de-concreto-moldadas-in-loco-285843-1.aspx> Acesso em 27/10/2018.

TECNOSIL. **Paredes de concreto moldadas *in loco*: o que são e por que usá-las na sua obra?** Sem data. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/paredes/> Acesso em: 27/10/2018.

VIDEOBLOCKS. **Las Vegas Hotels Excalibur**. Disponível em: https://d2v9y0dukr6mq2.cloudfront.net/video/thumbnail/S_-0n06Vipfungrp/las-vegas-hotels-excalibur-castle-features-and-rooftop-view-of-excalibur-hotel-and-casino-in-las-vegas-nevada_hdzbcitpl_F0000.png Acesso em 14/10/2017.

ZECHMEISTER, D. **Estudo para a padronização das dimensões de unidades de alvenaria estrutural no Brasil através do uso da coordenação modular**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, 2005.