

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CARLOS ALBERTO MONTEIRO PINTO FILHO
GUILLERMO BERENGUA NETO
GUSTAVO MENDONÇA DA COSTA
VICTOR DE ALMEIDA OLIVEIRA RAMOS**

**A EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL**

**VOLTA REDONDA
2020**

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**A EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UniFOA como requisito à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Alunos:

Carlos Alberto Monteiro Filho

Guillermo Berengua Neto

Gustavo Mendonça da Costa

Victor de Almeida Oliveira Ramos

Orientador:

Prof. Esp. Marcelo Estevão dos Santos

VOLTA REDONDA

2020



Fundação Oswaldo Aranha



FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: A EVOLUÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.

Elaborado por CARLOS ALBERTO MONTEIRO PINTO FILHO, GUILLERMO BERENGUA NETO, GUSTAVO MENDONÇA DA COSTA, VICTOR DE ALMEIDA OLIVEIRA RAMOS, apresentado publicamente perante a Banca Avaliadora, como parte dos requisitos para conclusão do Curso de Engenharia Civil.

Aprovada em 07 de Dezembro de 2020

Banca Avaliadora:

Assinatura dos membros da Banca Examinadora:

Professor Orientador

MARCELO ESTEVÃO DOS SANTOS, ESPECIALISTA, UNIFOA

Professor Avaliador

ROGERIO NOGUEIRA PEREIRA, ESPECIALISTA, UNIFOA

Professor Avaliador

JOSÉ MARCOS RODRIGUES FILHO, MESTRE, UNIFOA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais e irmãos, grandes colaboradores e fonte de inspiração em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos às nossas famílias por toda confiança e apoio. Aos professores e ao orientador Marcelo Estevão pelo fato de estar sempre à disposição para nos ajudar. A todos que de alguma forma tornaram este sonho possível e contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este estudo foi realizado para demonstrar a evolução do sistema construtivo de Alvenaria Estrutural, desde o seu surgimento até os dias atuais. Esta é uma técnica construtiva econômica e racionalizada, que tem como objetivo produzir uma obra rápida e limpa. Atualmente, esse modelo construtivo tem ganhado mais espaço nas construções no Brasil, principalmente com o aumento das possibilidades de compra para a população com baixo poder aquisitivo no mercado consumidor de imóveis e o empenho da Engenharia Nacional em se fortalecer no mercado são alguns dos motivos que estão alavancando essa tecnologia no país. A maioria das construções em Alvenaria Estrutural no Brasil vem sendo realizada com a utilização de blocos de concreto. Uma grande vantagem desta opção são as normas brasileiras de cálculo e execução em alvenaria estrutural que são apropriadas para este tipo de bloco. Com informações extraídas de pesquisas bibliográficas e através de um estudo de caso realizado com base na construção de um condomínio de edifícios de apartamentos situado na cidade de Cachoeira Paulista em São Paulo, foi possível analisar e demonstrar o desenvolvimento e a viabilidade do sistema, fato que justifica sua elevada utilização no Brasil.

Palavras-chave: Construção Civil; Edifícios; Tecnologia Construtiva.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.1	Objetivos Específicos	11
1.2	Justificativa	11
1.3	Problema Abordado.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	13
2.1	Generalidades do Sistema de Alvenaria Estrutural.....	13
2.2	Contexto Histórico no Brasil	13
2.3	Materiais, Métodos e Técnicas.....	17
2.3.1	Componentes	17
2.3.1.1	Unidades (Blocos).....	18
2.3.1.2	Argamassa	23
2.3.1.3	Graute	24
2.3.1.4	Armaduras	25
2.3.2	Alvenaria Não Armada	25
2.3.3	Alvenaria Estrutural Armada ou Parcialmente Armada.....	25
2.3.4	Alvenaria Estrutural Protendida.....	26
2.3.5	Técnica	26
2.4	Vantagens	30
2.5	Desvantagens	31
2.6	Custos	32
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	Etapas do trabalho	33
4	ESTUDO DE CASO	34
4.1	Descrição das Etapas Construtivas	36
4.2	Análise Comparativa	44
5	CONCLUSÃO.....	46
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.....	14
Figura 2 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa.....	15
Figura 3 – Edifício Muriti.....	15
Figura 4 – Edifício Jardim Prudência	16
Figura 5 – Conjunto de Alvenaria não Armada - prédios com 08 pavimentos	17
Figura 6 – Blocos Cerâmicos	19
Figura 7 – Blocos de concreto família 15x40cm	21
Figura 8 – Bloco silício e Blocos especiais	22
Figura 9 – Aplicação da argamassa.....	23
Figura 10 – Graute	24
Figura 11 – Localização do empreendimento	34
Figura 12 – Placa de informações do projeto.....	35
Figura 13 – Projeto Condomínio Santa Fé.....	35
Figura 14 – Terraplenagem no terreno	36
Figura 15 – Identificação do tubulão em planta	37
Figura 16 – Execução da fundação.....	37
Figura 17 – Concretagem dos caixões.....	38
Figura 18 – Formação do caixões.....	38
Figura 19 – Elevadores torre apartamentos de 28,80m ²	39
Figura 20 – Escada de emergência	39
Figura 21 – Laje moldada.....	40
Figura 22 – Concretagem da Laje.....	40
Figura 23 – Paredes e alvenaria	41
Figura 24 – Paredes e alvenaria	41
Figura 25 – Paredes e alvenaria	42
Figura 26 – Paredes e alvenaria	42
Figura 27 – Torre de apartamentos de 28,80m ²	43
Figura 28 – Torre de apartamentos.....	43
Figura 29 – Tabela Cub São Paulo	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos	20
Quadro 2 – Dimensões dos blocos de concreto	21
Quadro 3 – Requisitos de resistência absorção e retração	22
Quadro 4 – Normas utilizadas da Alvenaria Estrutural	27
Quadro 5 – Ferramentas utilizadas para execução da alvenaria estrutural.....	29

LISTA DE SIGLAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CUB - Custo Unitário Básico

CUPE – Custos Unitários PINI de Edificações

FCK – Resistência Característica do Concerto à Compreensão

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PAIC - Pesquisa Anual da Indústria da Construção

1 INTRODUÇÃO

O ramo da Construção Civil vem apresentando muitas transformações na última década, saindo de um momento, de investimentos escassos, para um período com altos investimentos imobiliários e grandes obras. Nos últimos anos, essa mudança só aumentou, devido à retomada de investimentos públicos e a criação de Normas e legislações específicas (MELLO; AMORIM, 2009).

Tendo em vista o gradual crescimento econômico na área da Construção Civil no Brasil nos últimos anos, constantemente surgem novas empresas neste ramo. Deste modo, é de suma importância que as empresas atuantes no mercado, exerçam maior produtividade na execução dos serviços com o objetivo de ter a maior qualidade na obra finalizada. (CLIVATTI, 2014).

Segundo a PAIC (Pesquisa Anual da Indústria da Construção), havia 131,5 mil empresas no setor da Construção Civil brasileira em 2015. Desse total, 90% são microempresas e empregam até 29 trabalhadores e apenas 10% tinham mais de 30 funcionários. O número de empresas especializadas em edificações chegou a 51,8 mil. Em 2015, haviam 63,4mil empresas na região sudeste do Brasil (48,2% do total nacional), com destaque para o estado de São Paulo que foi estimada um total de 34,2 mil empresas ativas”.

O percentual de brasileiros que residem em apartamentos tem apresentando uma mudança no decorrer dos anos. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2017 eram 13,2% de moradores em apartamentos, no ano de 2018 foi para 13,8% e no ano de 2019 chegou a 14,2% de moradores neste tipo de moradia.

A procura por apartamentos se justifica por vários motivos, dentre eles a praticidade, localização, segurança, quantidade de serviços, entre outros. O mesmo projeto pode ser utilizado repetidas vezes em diferentes ocasiões sociais, culturais e ambientais (VILLA *et al.*, 2018).

Diante dos fatos apresentados, este estudo foi realizado para analisar a segurança, desempenho e qualidade das construções de alvenaria estrutural que estão sendo oferecidas à população, apresentando a evolução desse sistema ao longo do tempo e destacando os seus conceitos estruturais.

1.1 Objetivo Geral

Demonstrar a evolução do Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural, desde o surgimento até os dias atuais, bem como descrever todas as etapas de execução e os custos unitários de o empreendimento Condomínio da Fé situado na cidade de Cachoeira Paulista, São Paulo.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Descrever o Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural;
- Demonstrar seu surgimento no Brasil;
- Descrever a técnica utilizada;
- Demonstrar as vantagens e desvantagens.

1.2 Justificativa

A relevância deste projeto, reside na compreensão do Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural, bem como nas vantagens e desvantagens inerentes ao sistema. Neste contexto é importante destacar a racionalização dos custos e rapidez na execução do projeto, além da qualidade que torna o sistema ainda mais competitivo no mercado.

1.3 Problema Abordado

Compreender a importância de um projeto bem executado, tendo em vista seu método construtivo, onde as paredes são fundamentais em sua sustentação, levando em consideração que em um projeto em Alvenaria Estrutural qualquer alteração precisa ser muito bem estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Generalidades do Sistema de Alvenaria Estrutural

A Alvenaria Estrutural é um sistema que utiliza técnicas e métodos racionalizados, industrializados e pré-fabricados, e é definido por processos industriais, pois os seus elementos ou componentes já são definidos no projeto e chegam prontos ao canteiro, onde há operações apenas de montagem (ABDI, 2015).

É um processo construtivo de muitas etapas de organização e sistematização, formado por um conjunto de elementos e componentes integrados.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2015) em se tratando de sistemas construtivos, na produção de edificações e infraestrutura, existem três tipos de sistemas:

- Sistema que utiliza métodos e técnicas convencionais na produção dos elementos e componentes que se caracterizam pela necessidade de mão de obra intensiva pelo uso dos métodos convencionais.
- Sistema que utiliza métodos e técnicas racionalizados e pré-fabricados e industrializados com os elementos e componentes.
- Sistema que utiliza parte do sistema industrializado e parte do sistema convencional: integra soluções convencionais e industrializadas.

Pode-se entender como sistema construtivo o conjunto de elementos interligados entre si de modo a gerar uma única edificação com o objetivo de atingir uma finalidade específica, determinado pela técnica e pelo processo de produção a ser empregado (ABNT NBR 15575, 2013).

2.2 Contexto Histórico no Brasil

A Alvenaria Estrutural é considerada um dos sistemas construtivos mais antigos,

pois tem suas marcas desde a pré-história, com construções romanas, egípcias, e também de grandes catedrais da Europa medieval (FREITAS JR., 2013).

No Brasil, a Alvenaria Estrutural iniciou-se no período colonial, com a utilização de pedras, tijolos de barro cru e taipas de pilão. Os primeiros avanços dessa técnica construtiva foram marcados, no Império, com o uso de tijolos de barro cozido, proporcionando construções mais resistentes à ação de águas e com maiores vãos. No final do século XIX, a precisão na dimensão dos blocos permitia a aplicação de alguns conceitos na racionalização e na industrialização (CAVALHEIRO, 1999).

O ano de 1966 foi marcado o início da utilização do bloco de concreto vazado nas alvenarias estruturais armadas no Brasil, com a construção do conjunto residencial (Figura 1), em São Paulo. Essa obra possui 4 pavimentos e foi realizada com paredes de espessura de 19 cm. E em 1972 foi construído o conjunto habitacional Central Park Lapa, constituído por quatro prédios de doze pavimentos cada, em alvenaria armada (Figura 2) (MOHAMAD *et al.*, 2015).



Figura 1 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa
Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada (1990).



Figura 2 – Conjunto Habitacional Central Parque Lapa
Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada (1990).

Na década de 70, foi construído o edifício Muriti (Figura 3), em São José dos Campos, executado em alvenaria armada utilizando blocos de concreto, e possuía 16 pavimentos (CORRÊA; RAMALHO, 2003).



Figura 3 – Edifício Muriti
Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada (1990).

O primeiro edifício em alvenaria não-armada no Brasil foi construído em 1977 no Jardim Prudência (Figura 4), em São Paulo. A edificação possui 9 pavimentos em blocos de concreto sílico calcário com paredes estruturais de 24 cm de espessura (MOHAMAD *et al.*, 2015).



Figura 4 – Edifício Jardim Prudência

Fonte: Associação Brasileira de Construção Industrializada (1990).

No início da década de 80, iniciou-se a utilização dos blocos cerâmicos nas obras em alvenarias estruturais armadas e não armadas, junto com a introdução da construção de unidades com dimensões modulares e aberturas na vertical, que possibilita a passagem de instalações elétricas sem os cortes feitos nas paredes.

Em 1990 a crescente conscientização de que seria possível o aperfeiçoamento da técnica, buscando conseguir um perfeito resultado final para a obra com a tradicional redução de custos que este sistema alcança, aliada ao aprimoramento na qualidade do material e aos novos estudos e pesquisas voltadas ao aperfeiçoamento fizeram com que a alvenaria estrutural, tivesse novamente um crescimento (BONILHA, 1991).

A Encol, com as consultorias da Tecsof (São Carlos – SP) e Wendler Projetos (Campinas - SP) na área de estruturas, resultou um método construtivo em alvenaria não armada para até 08 pavimentos, depois estendida até 10 pavimentos – Figura 5.



Figura 5 – Conjunto de Alvenaria não Armada - prédios com 08 pavimentos
Fonte: Homepage Imóveis Mitula

Atualmente, esse modelo construtivo, tem ganhado mais espaço nas construções do Brasil, principalmente com a volta da classe C ao mercado consumidor de imóveis e o empenho da Engenharia Nacional em se fortalecer no mercado são alguns dos motivos que estão alavancando essa tecnologia no país (Bordin, 2010).

2.3 Materiais, Métodos e Técnicas

2.3.1 Componentes

Definidos pela NBR 10.837: 1989, os principais componentes utilizados na Alvenaria Estrutural são:

- Unidades (blocos estruturais);
- Argamassa de assentamento;
- Graute;
- Armadura.

Os componentes serão descritos a seguir:

2.3.1.1 Unidades (Blocos)

As unidades são os componentes básicos da Alvenaria Estrutural, elas são os principais responsáveis pela definição da resistência da estrutura. No Brasil as unidades mais utilizadas para edificações em alvenaria estrutural são em primeiro lugar: as unidades de concreto, depois as unidades cerâmicas e por último as unidades sílico-calcáreas (CORRÊA; RAMALHO, 2003).

Os componentes mais importantes para a composição da Alvenaria Estrutural são as unidades (tijolos e blocos), pois são elas que definem a resistência característica à compressão (F_{ck}) e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da classificação modular no projeto. Tendo como propriedades a resistência à compressão; absorção adequada; vedação; estabilidade dimensional; trabalhabilidade; e modulação (CAMACHO, 2006).

As formas das unidades podem ser maciças ou vazadas e os principais tipos são:

- (a) Cerâmicos;
- (b) De concreto;
- (c) Sílico-calcáreos;
- (d) Especiais.

A maioria das construções em Alvenaria Estrutural, no Brasil, é realizada com a utilização de blocos de concreto. Uma grande vantagem dessa opção são as normas brasileiras de cálculo e execução em alvenaria estrutural que são apropriadas para esse tipo de bloco (ACCETTI, 1998).

O bloco cerâmico possui a vantagem do aspecto estético na construção, pois ele permite, em alguns casos, dispensar ou reduzir acabamentos. Além disso, eles são mais leves que os blocos de concreto, sendo assim facilitando o seu manuseio durante a execução da obra (ACCETTI, 1998).

A seguir estão representados algumas classificações e tamanhos de variados tipos de blocos cerâmicos (Figura 6) e blocos de concretos:

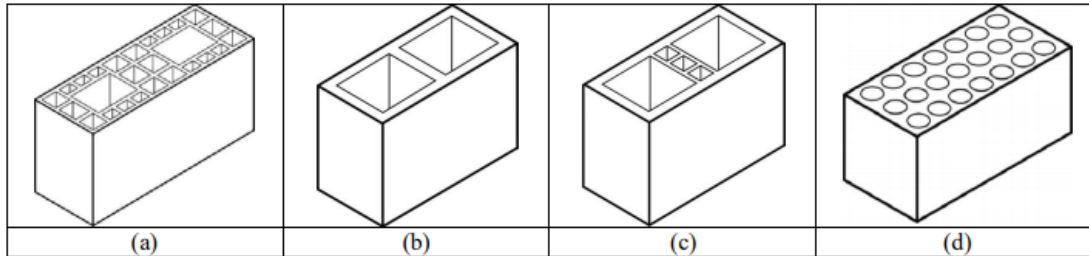


Figura 6 – Blocos Cerâmicos
Fonte: ABNT NBR 15270-2 (2005).

Os blocos cerâmicos são classificados em: bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas (a); bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (b); bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) (c) e bloco cerâmico estrutural perfurado (d) (ABNT NBR 15270-2:2005).

As dimensões de fabricação devem seguir a NBR 1570-2: 2005 de acordo com o quadro 1 abaixo:

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	-	44
(3/2)M x (2)M x (4)M			39	19	34	54
(2)M x (2)M x (3)M	19	19	29	14	34	49
(2)M x (2)M x (4)M			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração em paredes em L.
Bloco T – bloco para amarração em paredes em T.

Quadro 1 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos
Fonte: ABNT NBR 15270-2 (2005).

Os blocos de concreto são hoje muito utilizados no Brasil, tanto para alvenaria de vedação quanto para a estrutural e sua classificação é especificada na ABNT NBR 6136: 2007, sendo divididos em quatro classes:

Classe A: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.

Classe B: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe C: com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo, para edificações de um ou dois pavimentos.

Classe D: para alvenaria de vedação (sem contato com o solo).

As dimensões dos blocos de concreto devem seguir a NBR 6136:2014 conforme demonstrado no Quadro 2:

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal (mm)	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-		

Quadro 2 – Dimensões dos blocos de concreto
Fonte: ABNT NBR 6136 (2014).

Normalmente os blocos de concreto encontrados no mercado da Construção Civil são os da família de 15 centímetro x 30cm ou de 15cm x 40cm (dimensão nominal). Os blocos da família 15cm x 40cm possuem dimensões não modulares devido as relações entre a largura e o comprimento serem o dobro. A Figura 7 mostra as imagens dos blocos de concretos não modulares da família de 15cm x 40cm que são encontrados no mercado brasileiro.

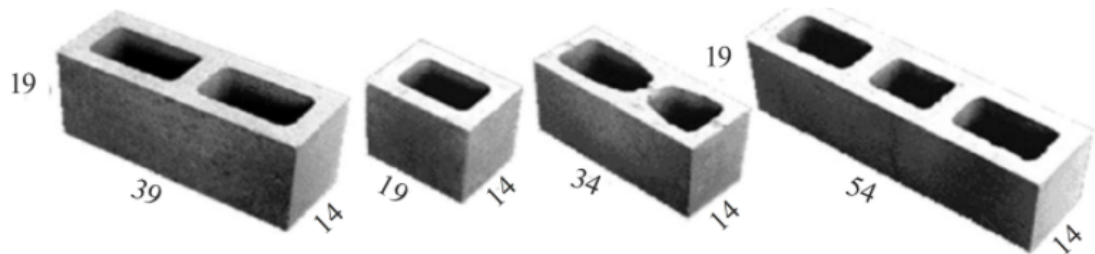


Figura 7 – Blocos de concreto família 15x40cm
Fonte: Mohamad et al. (2015).

Bloco de silício – calcário: chamado também de blocos de cal e areia, devido a essa mistura que é prensada e submetida à autoclavagem, produzindo blocos uniformes e com precisão dimensional.

E os blocos especiais não convencionais, na maioria são chamados de

blocos com junta seca.

A seguir, Figura 8 mostra exemplos de bloco de silício e blocos especiais:

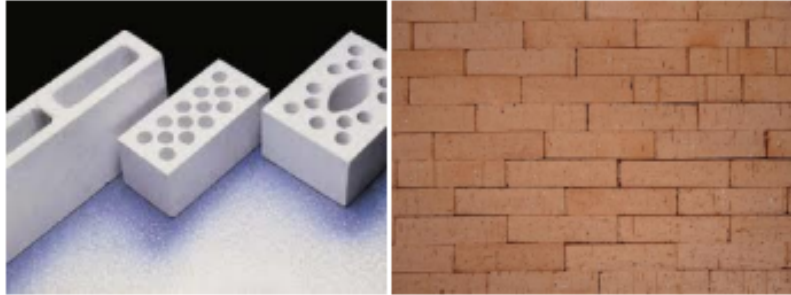


Figura 8 – Bloco silício e Blocos especiais
Fonte: Parsekiam, Hamid e Drysdale (2013).

As aplicações são classificadas como de vedação ou estrutural. Em relação à resistência característica à compressão do bloco existem alguns limites que devem ser obedecidos para atender à necessidade da estrutura da edificação (CLIVATTI, 2014).

Os Blocos vazados de concreto devem atender os limites de resistência, absorção e retração da Norma 6136:2007 demonstrada no quadro 3 a seguir:

Classe	Resistência característica f_{ck} MPa	Absorção média em %		Retração ⁽¹⁾ %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0\%$	$\leq 13,0\%$ (média) $\leq 16,0\%$ (individua)	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$			
C	$\geq 3,0$			
D	$\geq 2,0$			
¹⁾ Facultativo.				

Quadro 3 – Requisitos de resistência absorção e retração
Fonte: ABNT NBR 6136 (2007).

Bloco classe A > 6 MPa: utilizados em elementos acima ou abaixo do nível do solo;

Bloco classe B > 4 MPa: utilizado em elementos acima do nível do solo;

Bloco classe C > 3 MPa: utilizado em elementos acima do nível do solo;

Bloco classe D > 2 MPa: não possuem função estrutural.

2.3.1.2 Argamassa

A argamassa (Figura 9) possui a função básica de unir as unidades, padronizar as tensões entre as unidades da alvenaria, resistir pequenas deformações e prevenir a entrada de ar e água nas construções. Normalmente ela é composta de areia, cimento, cal e água, que se denominada traço, devendo reunir boas características de resistência, durabilidade, trabalhabilidade e plasticidade para um bom desempenho de suas funções (CORRÊA; RAMALHO, 2003).

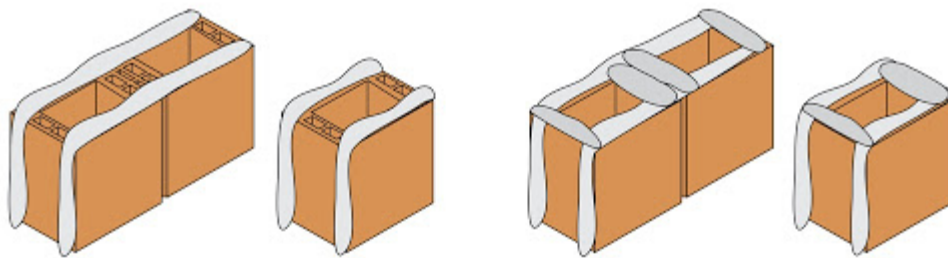


Figura 9 – Aplicação da argamassa
Fonte: Portela (2015).

Segundo a ABNT (NBR-8798:1985), a argamassa deve ser aplicada em todas as paredes superiores do bloco para formação da junta horizontal, e também em dois cordões verticais em uma das extremidades do bloco para formação da junta vertical.

Com relação à resistência à compressão, deve ser atendido o valor máximo limitado a 0,7 da resistência característica especificada para o bloco, referente à área líquida. De acordo com Rivers (ABCP, 2017), devido a esta característica do uso da argamassa em conjunto com o bloco estrutural, chega-se as seguintes afirmações:

- Quanto maior a altura da junta, menor é a resistência da alvenaria;
- Quanto menor a altura do bloco, menor a resistência da parede;
- Quanto maior o módulo de deformação do bloco (bloco mais indeformável)

menor a resistência da parede.

A argamassa industrializada é a mais recomendada para o assentamento dos blocos, em função de ser um produto mais constante e homogêneo, tanto no seu uso diário como ao longo da obra. Consiste na mistura de cimento, areia e aditivos, entregue na obra em sacos ou a granel. O tipo de misturador, o tempo de mistura e a quantidade de água a ser adicionada deve ser o especificado pelo fabricante (RIVERS, 2017).

2.3.1.3 Graute

O graute (figura 10) é composto de um concreto fino (micro-concreto), formado de cimento, água, agregado miúdo e agregados graúdos, ele deve apresentar como principal característica uma alta fluidez para preencher corretamente os vazios dos blocos onde serão colocados. As principais funções são aumentar a resistência da parede e proporcionar a ligação com as armaduras; e suas propriedades é a trabalhabilidade adequada resistência à compressão (CAMACHO, 2006).

Trata-se de um concreto relativamente fluido e com agregados de pequena dimensão, eventualmente utilizado para o preenchimento dos vazios dos blocos. A sua principal função é conceder o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a junção dos blocos com as armaduras posicionadas em seus vazios (CORRÊA; RAMALHO, 2003).



Figura 10 – Graute
Fonte: Frollini (2016).

2.3.1.4 Armaduras

As armaduras são utilizadas verticalmente nos pontos estabelecidos pelo projeto estrutural e horizontalmente nas canaletas, vergas e contra-vergas. A bitola mais utilizada é a de 10 mm para os casos de edifícios onde não ocorrem tensões de tração devido ao vento. As vergas de janelas até 1,5 m também são armadas com esta bitola. As barras de aço empregadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas nas estruturas de concreto armado, tendo que ser envolvidas por graute para que o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria seja alcançado. Exceção feita às armaduras colocadas nas juntas das argamassas de assentamento - neste caso, o diâmetro deve ser de no mínimo 3,8 mm ou metade da espessura da junta (RIVERS, 2017).

2.3.2 Alvenaria Não Armada

É o Sistema Construtivo em que, os elementos resistentes (estruturais) apresentam uma armadura passiva de aço. Essas armaduras são colocadas nas cavidades dos blocos que posteriormente são preenchidas com o graute (CAMACHO, 2006). Não se utiliza o graute, mas recebe os reforços de aço (barras, telas e fios) por razões construtivas - reforços construtivos para aberturas (portas, janelas e outros) - e também para evitar futuras patologias como: trincas e fissuras provenientes da estrutura, movimentação por efeitos térmicos, de concentração de tensões e ventos (TAUIL; NESE, 2010). Segundo a ABNT (NBR-10837:1989):

A alvenaria estrutural não-armada é “aquela construída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, e que contém armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, não sendo esta última considerada na absorção dos esforços calculados”. (ABNT NBR-10837:1989).

2.3.3 Alvenaria Estrutural Armada ou Parcialmente Armada

É o sistema que recebe reforços apenas em algumas regiões, devido as exigências estruturais. Os blocos vazios recebem armaduras passivas para fios, barras e telas de aços, posteriormente são preenchidos com graute, e também preenchidas todas as juntas verticais. (TAUIL; NESE, 2010).

É aquela construída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, na qual certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração. (ABNT NBR-10837:1989).

2.3.4 Alvenaria Estrutural Protendida

Recebe reforço por uma armadura (pré-tensionada) que é submetida a esforços de compressão. Este tipo de alvenaria estrutural é pouco utilizado, pois os equipamentos, os materiais e a mão de obra para a execução possuem custo elevado para os padrões de construção (TAUIL; NESE, 2010).

“É o Sistema Construtivo em que possui uma armadura ativa de aço incluída na estrutura resistente.” (CAMACHO, 2006).

Aquela construída com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, na qual certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração. (ABNT NBR-10837: 1989).

2.3.5 Técnica

A Alvenaria Estrutural não pode ser vista meramente como um conjunto de paredes superpostas, resistindo o seu peso próprio e outras cargas acidentais. Deve ser compreendida como um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia.

As principais normas aplicadas ao sistema de alvenaria estrutural e respectivamente aos blocos estruturais objeto de estudo deste trabalho pode ser vista a seguir.

ABNT NBR 6136:2016	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos.
ABNT NBR 12118:2013	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de Ensaio.
ABNT ABNT NBR 15961-1:2010	Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 1: Projeto.
ABNT NBR 15961-2:2010	Alvenaria Estrutural – Blocos de Concreto – Parte 2: Execução e controle de obras.
ABNT NBR 14321:1999	Paredes de alvenaria estrutural – Determinação da resistência ao cisalhamento.
ABNT NBR 14322:1999	Paredes de alvenaria estrutural – Verificação da resistência à flexão simples ou à flexo-compressão.
ABNT NBR 10837:1989	Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.
ABNT NBR 8798:1985	Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.
ABNT NBR 15873:2010	Coordenação Modular para Edificações.
ABNT NBR 15575: 2013	Edificações Habitacionais.
ABNT NBR 8545: 1984	Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos

Quadro 4 – Normas utilizadas da Alvenaria Estrutural

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Segundo Clivatti (2014) o processo de execução da alvenaria Estrutural é dividido em algumas etapas, onde cada uma tem sua importância e também seus cuidados necessários para se obter uma ótima qualidade na execução desejada e para evitar falhas.

A construção de Alvenaria Estrutural sempre obedece à mesma sequência construtiva:

- a) Marcação da primeira e segunda fiada;
- b) Elevação de alvenaria;
- c) Grauteamento;

d) Instalações.

O assentamento dos blocos possui grande importância na execução da alvenaria estrutural, pois ela irá receber os pavimentos seguintes. A marcação deve ser realizada de forma correta baseada no projeto da edificação (CLIVATTI, 2015).

A seguir serão descritas as principais etapas para a marcação da primeira fiada:

a) Limpeza e organização: É necessário proceder à limpeza da superfície, de forma garantir a boa fixação dos blocos, devendo ser retirados também todos os materiais porventura existentes sobre a mesma, facilitando a marcação e a conferência (CLIVATTI, 2015);

b) Umedecimento da superfície: para obter uma melhor aderência no assentamento os locais da laje onde serão assentados os blocos da primeira fiada deverão ser umedecidos (MANZIONE, 2007);

c) espalhamento da argamassa: ela deve ser espalhada com o auxílio de uma colher de pedreiro, em toda área dos blocos acima de sua base (MANZIONE, 2007);

g) Assentamento dos blocos da primeira fiada: para obter o alinhamento e o nivelamento da primeira fiada, devem-se fixar os esticadores de linhas na cabeça dos blocos. E em seguida inicia-se o assentamento dos blocos com o auxílio da régua prumo-técnica. Os blocos que irão receber o graute devem estar com as janelas de inspeção para limpeza e com o corte realizado previamente (MANZIONE, 2007);

Após a marcação da primeira fiada, executa-se o levantamento da alvenaria. Nesta etapa é de suma importância sempre manter o alinhamento, o nivelamento e a perpendicularidade, para garantia da transferência de tensões de bloco para bloco e também melhorar o desempenho acústico de uma peça para outra, deve-se preencher totalmente as juntas verticais com argamassa (CLIVATTI, 2015).

Segundo Manzione (2007) é recomendado que seja feito o grauteamento em

duas etapas, a primeira na sétima fiada e a segunda na altura da última fiada. Esse procedimento irá ajudar a diminuir os vazios que possam surgir no graute vertical dos blocos.

Por último, são realizadas as instalações. Deve-se atentar para a locação dos itens como caixas para tomadas e interruptores, assentando-se os blocos pré-montados. Os eletrodutos e dutos deveram ser colocados conforme a especificação do projeto executivo. Quadros elétricos modulados deverão ser locados com a devida especificação, podendo neste local haver redução de espessura de parede para seu recebimento (SANTOS, 2010).

As passagens de todas as tubulações devem ser previstas no projeto, pois as paredes em Alvenaria Estrutural não podem ser cortadas horizontalmente. Os projetos de instalações hidráulicas e também de instalações elétricas devem prever *shafts* (aberturas) horizontais e verticais para a passagem das tubulações, sem interferência na alvenaria (MANZIONE, 2007).

Para a execução da alvenaria estrutural são necessárias algumas ferramentas demonstradas no quadro 5:

Ferramentas e Equipamentos	Uso na execução de alvenaria	
	Serviços de Marcação	Serviços de Elevação
Colher de pedreiro	x	x
Palheta, canaleta ou bisnaga		x
Esticador de linha	x	x
Fio traçador de linha	x	
Caixote para argamassa e suporte	x	x
Trena de 5m e 30m	x	x
Nível à laser	x	
Régua prumo/nível $\geq 1,2m$	x	x
Esquadro (60x80x100) cm	x	
Escantilhão ou régua de marcação	x	x
Carrinho especial - transporte de blocos	x	x
Andaimes		x
EPI's	x	x

Quadro 5 – Ferramentas utilizadas para execução da alvenaria estrutural

Fonte: ABCP (2004).

2.4 Vantagens

Ramalho e Corrêa (2003) citam algumas vantagens da utilização do sistema construtivo de Alvenaria Estrutural:

- Economia de formas: quando utilizadas, as formas se limitam às que se fazem necessárias para a concretagem das lajes. Portanto, são formas lisas, de baixo custo e de grande reaproveitamento;
- Redução significativa nos revestimentos: por utilizarem blocos de qualidade controlada e devido ao maior controle na execução na obra, a redução dos revestimentos é muito relevante. Usualmente o revestimento interno é realizado com uma camada de gesso aplicada diretamente sobre a superfície dos blocos. Os azulejos também podem ser assentados diretamente sobre os blocos;
- Redução nos desperdícios de material e mão de obra: pelo fato das paredes não admitirem intervenções posteriores, como por exemplo, aberturas para a colocação de instalações hidráulicas ou elétricas, é uma grande causa da redução de desperdícios. Sendo assim, o que poderia ser considerado uma desvantagem, na verdade implica na eliminação de possíveis improvisações, que podem encarecer o preço da construção;
- Redução do número de especialidades: muitas das vezes não são necessários profissionais como armadores e carpinteiros;
- Instalações: a racionalização das instalações elétricas, sempre na vertical, e das instalações hidráulicas em *shafts*, pode-se gerar uma economia de até 10% no custo das obras. Por não haver necessidade de rasgar as paredes para a passagem das tubulações, há uma diminuição na geração de entulhos e um aumento no rendimento da mão de obra (HOFFMANN *et al.*, 2012).
- Produtividade: Uma das principais vantagens que a Alvenaria Estrutural possui é a melhoria da produtividade. Pesquisas mostram que o prazo para execução de uma obra em alvenaria estrutural pode ser de até duas vezes menor comparada a obra em concreto armado (HOFFMANN *et al.*, 2012).

2.5 Desvantagens

Apesar de trazer vários benefícios, o sistema construtivo de Alvenaria Estrutural também apresenta alguns pontos negativos. Ramalho e Corrêa (2003) apontam as principais desvantagens deste método:

- A dificuldade de se adaptar a um novo projeto depois de finalizada: tendo as paredes com funções estruturais na edificação, não é possível realizar modificações arquitetônicas futuras, pois isso poderá afetar tecnicamente a segurança da obra. Sendo assim, vista como desvantagem.
- Interferência entre projetos de estruturas/arquitetura/instalações: devido ao fato de não poder fazer furos nas paredes sem um controle minucioso, isso interfere de forma direta nos projetos de instalações hidráulicas e elétricas. Uma solução encontrada para essa interferência é o uso de *shaft*, que ajuda a melhorar a união entre os projetos sem a necessidade de furar as paredes.
- A necessidade de uma mão de obra bem qualificada: a equipe responsável pelo levantamento da estrutura em alvenaria deve possuir uma boa qualificação e treinamento para os processos de execução e para o domínio das ferramentas utilizadas, devido ao alto grau exigido na execução de alvenaria estrutural. Caso a equipe não possua qualificação adequada pode-se gerar custos, maior demanda de tempo para a execução e pode aumentar as chances de falhas que possam comprometer a estrutura.

2.6 Custos

Segundo Rocha Lima (1993), as características de uma habitação se concentram na relação entre preço e qualidade, e é através dessa análise que os consumidores escolhem os produtos de construção.

O custo de uma edificação é definido pela forma de sua criação; cada traçado projetado representa um elemento que, por sua vez, irá consumir diferentes tipos de insumos durante a obra (MASCARÓ, 1998).

Em um mundo tão competitivo, o não conhecimento adequado sobre orçamento e honorários pode acarretar graves problemas, podendo ser gerados orçamento com valores muito elevados que fogem da realidade e perder clientes, ou dar um preço insuficiente para cobrir os custos e ter grandes prejuízos, podendo resultar até em falência da empresa (TISAKA, 2006).

Sendo assim, quanto mais tempo durar a obra, maiores serão os custos e por consequência pode haver diversos problemas, como prejuízo elevado, perda de materiais e até a inviabilização do empreendimento. Neste contexto, a alvenaria estrutural possui grande vantagem, pois uma obra cujo projeto foi criado corretamente, o tempo de construção será menor de acordo com as habilidades da equipe. Outra vantagem também dela é a racionalização do método construtivo, ela tende a ter menos desperdício de materiais e menos tempo de ociosidade dos trabalhadores (OLIVEIRA, 2019).

3 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foram realizadas análises, interpretações e aplicações de ferramentas. Após o estudo teórico foi realizado um estudo em um projeto da Canção Nova, que irá conceber mais de mil habitações para os seus fiéis, este empreendimento utilizou a alvenaria estrutural como sistema construtivo para a execução de suas torres residenciais.

A partir das plantas arquitetônicas e estruturais das edificações, obtidas junto a Construtora Simão e Simão Ltda., foi realizado o estudo do Projeto e das etapas de construção.

A pesquisa realizada é exploratória e descritiva, onde objetiva-se uma busca por mais conhecimento para tornar as técnicas mais claras e descreve as características do projeto no estudo de caso, a fim de tornar o estudo mais profundo e aumentar o conhecimento.

3.1 Etapas do trabalho

A primeira fase compreendeu na pesquisa bibliográfica em livros, monografias, artigos e manuais, sendo consultados diversos autores sobre o tema em alvenaria estrutural e suas características.

A segunda fase consistiu na coleta de dados junto à Construtora Simão e Simão Ltda. para a realização de uma análise detalhada do projeto.

E a terceira fase foi destinada a elaboração do estudo de caso, descrevendo as etapas construtivas e materiais empregados na construção, observando todas as particularidades do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural.

4 ESTUDO DE CASO

Objetivando agregar informações sobre Sistema em Alvenaria Estrutural à presente pesquisa, realizou-se o presente estudo de caso, onde serão abordadas informações relevantes à cerca da construção de um condomínio de edifícios de apartamentos situados na cidade de Cachoeira Paulista em São Paulo. Trata-se de um condomínio construído em Alvenaria Estrutural, constituído por cinco torres de 14 pavimentos, sendo duas torres compostas por oito apartamentos com área privativa de 44,17m² por andar e três torres compostas por 24 apartamentos com área privativa de 28,80m², perfazendo um total de 1008 unidades habitacionais, além de áreas destinadas a salão de festas, pista de caminhada, capela, dentre outros. O empreendimento possui área real total construída de 68.118,31m², edificado em terreno com 27.760,89m².



Figura 11 – Localização do empreendimento
Fonte: Google Maps (2020).

O condomínio foi criado com o intuito de receber os fiéis residentes de outros

estados e cidades que chegam ao município de Cachoeira Paulista com a finalidade de frequentar as atividades oferecidas pela comunidade católica Canção Nova.

A obra teve início em 30 de agosto de 2019, com data prevista para término em agosto de 2021, com custo inicial estimado em R\$60.000.000,00 (sessenta milhões de reais). Fizeram parte dessa obra aproximadamente 140 funcionários diretos.



Figura 12 – Placa de informações do projeto
Fonte: Condomínio da fé (2019).



Figura 13 – Projeto Condomínio Santa Fé
Fonte: Condomínio da Fé (2020).

4.1 Descrição das Etapas Construtivas

A obra teve início com a realização dos serviços de terraplenagem realizada por meio de escavadeira de esteira, patrol, motoniveladora e rolo compactador vibratório, conforme mostrado na Figura 14.



Figura 14 – Terraplenagem no terreno
Fonte: Condomínio da Fé (2019).

Paras as fundações do projeto Condomínio da Fé, foi adotado o sistema de tubulão a céu aberto (Figura 15), executado em quatro etapas distintas: perfuração do fuste, alargamento da base, montagem da armadura e concretagem. Este tipo de fundação geralmente é empregado quando as camadas superficiais do solo não apresentam características necessárias de resistência e de deformabilidade compatíveis com o mapa de cargas do Projeto Estrutural.

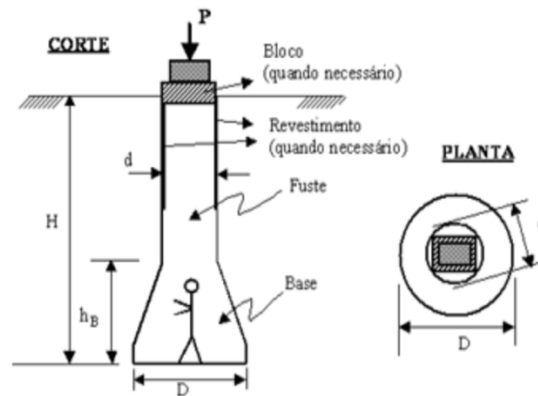


Figura 15 – Identificação do Tubulão em planta
 Fonte: Projeto Condomínio Santa Fé (2019).

Os blocos A, B, C, D e E foram construídos por meio de Tubulões, cada um com suas dimensões definidas em projeto. As armaduras têm seu concreto preenchido com resistência a compressão de 20 MPa. O cobrimento da armadura foi de 3,0 cm e os aços utilizados nas armaduras tiveram resistência a tensão de escoamento de 500 Mega Pascal e 600 MPa, CA 50 e o CA 60.



Figura 16 – Execução da fundação
 Fonte: Condomínio da Fé (2020).

Os caixões da fundação profunda são instalados através de escavação interna sendo concretados na superfície do terreno, conforme Figuras 17 e 18.



Figura 17 – Concretagem dos caixões
Fonte: Condomínio da Fé (2020).



Figura 18 – Formação dos caixões
Fonte: Condomínio da Fé (2020).

O térreo das duas torres de apartamentos é composto de sete apartamentos, uma lavanderia, um cubículo elétrico e dois elevadores. As demais torres são compostas por 22 apartamentos, uma lavanderia e um cubículo elétrico, três elevadores (Figura 19) e uma escada de emergência. O empreendimento possui escadas de concreto em “U” em todas as torres, utilizadas como escadas de emergência (Figura 20).



Figura 19 – Elevadores torre de apartamentos de 28,80m²
Fonte: Condomínio da Fé (2020).



Figura 20 – Escada de emergência
Fonte: Condomínio da Fé (2020).

As lajes maciças foram moldadas no local (Figura 21), não havendo desperdício de materiais, sendo considerada uma Produção Enxuta, tornando o processo construtivo mais racionalizado e podemos observar a laje sendo concretada na Figura 23.



Figura 21 – Laje moldada
Fonte: Condomínio da Fé (2020).



Figura 22 – Concretagem da Laje
Fonte: Condomínio da Fé (2018).

As paredes foram construídas utilizando blocos estruturais de 14x19x39 cm, 14x19x19 cm considerados os $\frac{1}{2}$ blocos e 14x19x9 cm os compensadores, sendo as paredes estruturais de espessura de 14 cm (Figura 23 – 26). Do pavimento térreo ao 2º

pavimento, foram utilizados blocos com resistência característica a compressão de 14 MPa. Do 3º ao 5º pavimento, blocos de característica de 12 MPa. Do 6º ao 8º pavimento, blocos de 10 MPa. Do 9º ao 11º, blocos de 8 MPa e do 12º em diante blocos com característica de 6 MPa.



Figura 23 – Paredes e alvenaria
Fonte: Condomínio da Fé (2019).



Figura 24 – Paredes e alvenaria
Fonte: Condomínio da Fé (2019).



Figura 25 – Paredes e alvenaria
Fonte: Condomínio da Fé (2019).



Figura 26 – Paredes e alvenaria
Fonte: Condomínio da Fé (2019).

As Figuras 27 e 28 mostram o acabamento final das torres de apartamentos do empreendimento Condomínio da Fé.



Figura 27 – Torre de apartamentos de 28,80m²
Fonte: Condomínio da Fé (2020).



Figura 28 – Torre de apartamentos
Fonte: Condomínio da Fé (2020).

4.2 Análise Comparativa

Por meio desse empreendimento, pode-se realizar a estimativa de custo da obra. Um dos meios mais utilizados para fazer orçamento de uma edificação é através do custo unitário por m² da construção. O custo corresponde a um padrão especificado, onde se calcula através da área equivalente ou também se pode estimar conforme os principais itens de construção.

Segundo informações obtidas pela empresa construtora do empreendimento, a referida obra teve seu custo final em noventa e cinco milhões de reais bem acima do previsto anteriormente.

A título de comparação, tomou-se como base a Tabela de Custo Unitário básico – CUB (Figura 29), com data base novembro/2020, que indica o custo global de R\$1.521,93/m² para construção de edificação habitacional do tipo prédio com elevador, padrão médio alto, cujas características equivalentes ao edifício utilizado no estudo de caso, porém, em estrutura de concreto armado. Aplicando o valor de referência ao empreendimento em estudo, se fosse executado em estrutura de concreto armado, considerando a área de 68.118,31m², o mesmo alcançaria o valor final de aproximadamente R\$103.671.299,54.

Setor de Economia



Boletim Econômico - Novembro de 2020(desonerado)

Custo da construção residencial no Estado de São Paulo, padrão R8-N, índice base nov/13=100

Data	Global				Mão-de-obra				Material				Administrativo			
	Índice	Variação (%)			Índice	Variação (%)			Índice	Variação (%)			Índice	Variação (%)		
		Mês	Ano	12 meses		Mês	Ano	12 meses		Mês	Ano	12 meses		Mês	Ano	12 meses
nov/19	129,86	0,10	4,39	4,48	137,62	0,12	4,75	4,75	119,30	0,10	4,01	4,23	137,42	0,00	2,88	2,88
dez/19	129,87	0,01	4,40	4,40	137,62	0,00	4,75	4,75	119,32	0,02	4,02	4,02	137,42	0,00	2,88	2,88
jan/20	130,32	0,34	0,34	4,15	138,22	0,43	0,43	4,39	119,61	0,24	0,24	3,90	137,42	0,00	0,00	2,88
fev/20	130,30	-0,01	0,33	3,82	138,22	0,00	0,43	4,39	119,58	-0,03	0,21	3,06	137,42	0,00	0,00	2,88
mar/20	130,43	0,09	0,43	3,74	138,22	0,00	0,43	4,39	119,86	0,24	0,45	2,85	137,42	0,00	0,00	2,88
abr/20	129,90	-0,41	0,02	3,07	137,03	-0,86	-0,43	3,49	120,15	0,24	0,69	2,48	137,42	0,00	0,00	2,88
mai/20	130,12	0,17	0,19	3,18	137,03	0,00	-0,43	3,49	120,67	0,43	1,13	2,75	137,42	0,00	0,00	2,88
jun/20	131,77	1,27	1,46	2,75	139,82	2,04	1,60	2,77	120,88	0,17	1,30	2,85	138,84	1,03	1,03	1,37
jul/20	133,09	1,00	2,48	2,90	141,45	1,16	2,78	2,90	121,82	0,78	2,10	3,01	139,64	0,58	1,62	1,62
ago/20	133,96	0,65	3,15	3,50	141,45	0,00	2,78	2,90	123,88	1,69	3,82	4,56	139,64	0,00	1,62	1,62
set/20	136,27	1,73	4,93	5,16	141,77	0,23	3,01	3,13	128,94	4,08	8,06	8,50	139,64	0,00	1,62	1,62
out/20	137,92	1,21	6,20	6,32	142,05	0,20	3,22	3,34	132,47	2,74	11,02	11,15	139,64	0,00	1,62	1,62
nov/20	139,24	0,95	7,21	7,22	142,05	0,00	3,22	3,22	135,57	2,34	13,62	13,64	139,64	0,00	1,62	1,62

Custo unitário básico no Estado de São Paulo, padrão R8-N, novembro de 2020

	R\$/m²	Participação (%)
Mão-de-obra (com encargos sociais)*	792,55	55,62
Material	587,09	41,20
Despesas Administrativas	45,30	3,18
Total	1.424,94	100,00

(*) Encargos Sociais: 145,67%

Custo unitário básico no Estado de São Paulo*, novembro de 2020 em R\$/m²

	Padrão Baixo		Padrão Normal		Padrão Alto			
	Custo m²	% mês	Custo m²	%mês	Custo m²	% mês		
R-1	1.400,45	0,77	R-1	1.717,96	0,72	R-1	2.072,43	0,71
PP-4	1.297,40	0,98	PP-4	1.629,58	0,90	R-8	1.677,90	0,95
R-8	1.238,48	1,11	R-8	1.424,94	0,95	R-16	1.811,68	1,06
PIS	958,82	0,79	R-16	1.382,48	0,99			

(*) Conforme Lei 4.591 de 16 de dezembro de 1964 e disposto na NBR 12.721 da ABNT. Na formação do Custo Unitário Básico não foram incluídos os itens descritos na seção 8.3.5 da NBR 12.721/06

Custo da construção comercial, industrial e popular no Estado de São Paulo, novembro de 2020 em R\$/m²

CAL (comercial andares livres) e CSL (comercial - salas e lojas), GI (galpão industrial) e RP1Q (residência popular)

	Padrão Normal		Padrão Alto		
	Custo m²	% mês	Custo m²	% mês	
CAL-8	1.650,20	1,02	CAL-8	1.749,56	1,01
CSL-8	1.426,81	1,04	CSL-8	1.539,56	1,03
CSL-16	1.903,66	1,06	CSL-16	2.051,37	1,05
RP1Q	1.521,93	0,77			
GI	808,24	1,14			

(*) Conforme Lei 4.591 de 16 de dezembro de 1964 e disposto na NBR 12.721 da ABNT. Na formação do Custo Unitário Básico não foram incluídos os itens descritos na seção 8.3.5 da NBR 12.721/06

Figura 29 – Custo Unitário Básico (CUB)
Fonte: Secon/SindusCon-SP

5 CONCLUSÃO

O presente estudo buscou demonstrar a evolução do Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural, desde o seu surgimento até os dias atuais, bem como descrever todas as etapas de execução e os custos unitários de um empreendimento denominado Condomínio da Fé, situado na cidade de Cachoeira Paulista, São Paulo.

Ao concluir este estudo, evidencia-se que este tipo de Sistema Construtivo se tornou mais atrativo ao longo do tempo, face às melhorias introduzidas no processo construtivo, tais como o custo reduzido, a agilidade na execução perante ao método de concreto armado, a facilidade em se obter a matéria prima e a redução nos desperdícios de materiais, sendo atualmente um dos sistemas mais utilizados na Construção Civil Brasileira.

Contudo, remenda-se para trabalhos futuros, a realização de uma análise de viabilidade econômica para o empreendimento considerando o sistema construtivo adotado e uma investigação quanto aos avanços tecnológicos na execução do sistema.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCETTI, K. M. **Contributions to the structural design of masonry buildings**. São Carlos. 247 p. 1998. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da Construção Industrializada: Conceitos e etapas**, v.1 2015.

AMORIM, S. R. L. **Tecnologia, Organização e Produtividade na Construção**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Práticas recomendadas de alvenaria com blocos de concreto**, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual Técnico de Alvenaria**. São Paulo: ABCI, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural: requisitos**. Rio de Janeiro, 2014.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10837 – Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15270-2 - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1989.

AVELLAR, L. A. A. M.et al. Alvenaria estrutural na construção civil. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 11, n. 2, p. 16-22, 2018.

AZEREDO, H. A. de. O edifício até sua cobertura. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

BOTELHO, P. M. S. et al. Estudo comparativo do custo benefício entre estrutura de concreto armado e alvenaria estrutural em obras da cidade de vitória da conquista: um estudo de caso. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 10, n. 1, 2017.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. UNESP. Ilha Solteira, SP, Brasil. 2006.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual**. Salvador: Jornal da ANICER - Edição Especial, 1999.

CLIVATTI, F. A. **Planejamento e controle de produção na Alvenaria estrutural**. 2014. Monografia (Graduação) – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

DELATORRE, L. A. **Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional**. 2019. Monografia (Graduação). Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

FEIJO, C. C.; FRANÇA; S. L. B.; CAETANO, F. B. F. Análise de técnicas construtivas sustentáveis para indústria de construção civil. Estudo de caso em serviço de edifício residencial. In: **IX Congresso Nacional de Excelência em gestão**, 2013. Disponível em: <https://www.inovarse.org/sites/default/files/T13_0574_3534.pdf>. Acesso: em 17 de ago. 2020.

FREITAS JR., J. de A. **Construção Civil II (TC-025): Alvenaria Estrutural**. Ministério da Educação Universidade Federal do Paraná Setor de Tecnologia. 2013.

HOFFMANN, L. G. et al. Alvenaria estrutural: um levantamento das vantagens, desvantagens e técnicas utilizadas, com base em uma pesquisa bibliográfica nacional. In: **III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana**, 2012.

KALIL. S. M. B. Alvenaria Estrutural. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. 2 ed. São Paulo, O Nome da Rosa, 2007.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 2ª Ed. Revisão Ampliada. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

MELLO, L. C. B. B. **Modernização das pequenas e médias empresas de Construção Civil: impactos dos programas de melhoria da gestão da qualidade**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil, Universidade Federal Fluminense. Niterói/RJ, 2007.

MELLO, L. C. B. de B.; AMORIM, S. R. L. de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Production**, v. 19, n. 2, p. 388-399, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132009000200013&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 15 ago.2020.

MOHAMAD, G. et al. Desenvolvimento de uma nova concepção geométrica para os blocos de concretos não modulares para alvenaria estrutural. **Ambiente construído**, v. 15, n. 2, p. 127-152, 2015.

OLIVEIRA, I. S. **Comparativo de custos de uma edificação de pequeno porte em alvenaria estrutural e em concreto armado na cidade de Paulo Afonso – Bahia**. 2019. Monografia (Graduação) – Engenharia civil. Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2019.

PORTELLA, R. P. **Fator de eficiência prisma/bloco cerâmico de parede vazada – Rio Grande do Sul**. 2015. Dissertação (mestrado) – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria, 2015.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. **Projetos de edifícios de Alvenaria estrutural**. 1.ed. 3. Tiragem. São Paulo: Pini, 2003.

RIZZATTI, E.; ROMAN, H.R.; MOHAMAD, G.; NAKANISHI, E.Y.; **Revista Matéria**, v. 16, n. 2, pp. 730 – 746, 2011.

ROCHA LIMA, J. **Planejamento do produto no mercado habitacional**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1993.

SANTOS, R. de A. **Controle da Qualidade da Execução da Alvenaria Estrutural**. 69 f. 2010. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SANTOS, E. de B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. Monografia (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO A MICRO E PEQUENA EMPRESA MINAS GERAIS- SEBRAE-MG. Minas Gerais. **Perfil Setorial da Construção Civil**, 2005. Disponível em < <http://www.sebrae-mg.com.br> > Acesso em 14 set. 2020.

SISTEMA FIRJAN. **Construção civil: desafios 2020**. 2014.

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

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

VILLA, S. B. et al. Habitar vertical: avaliação da qualidade espacial e ambiental de edifícios de apartamentos. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 519-538, 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212018000100519&lng=en&nrm=iso>. Acesso: em 18 ago. 2020.

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