



DANIEL LIMA DE OLIVEIRA
EDUARDO SANTOS COSTA

Comparação de custo e viabilidade técnica de obras com parede de concreto em relação a obras de alvenaria e estrutural.

GUARATINGUETA

2011

DANIEL LIMA DE OLIVEIRA
EDUARDO SANTOS COSTA

Comparação de custo e viabilidade técnica de obras com parede de concreto em relação a obras de alvenaria e estrutural.

Projeto Integrado apresentado na Disciplina Projeto Integrado II do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Wanderley Terni

GUARATINGUETÁ

2011

O482c	Oliveira, Daniel Lima de Comparação de custo e viabilidade técnica de obras com parede de concreto em relação a obras de alvenaria estrutural/ Daniel Lima de Oliveira, Eduardo Santos Costa – Guaratinguetá : [s.n], 2011. 62 f. : il. Bibliografia : f. 62 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011. Orientador: Prof. Dr. Antonio Wanderley Terni 1. Alvenaria 2. Teoria das estruturas 3. Concreto – Parede I. Costa, Eduardo Santos II. Título CDU 693.2
-------	---

Comparação de custo e viabilidade técnica de obras com parede de concreto em relação a obras de alvenaria e estrutural.

DANIEL LIMA DE OLIVEIRA
EDUARDO SANTOS COSTA

ESTE PROJETO INTEGRADO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. Sílvio Jorge Coelho Simões
Coordenador

BANCA EXAMINADORA.


Prof. Dr. ANTONIO WANDERLEY TERNI
Orientador/UNESP - FEG


Prof. Dr. YZUMI TAGUTI
UNESP - FEG


Prof. Dr. JOSÉ BENTO FERREIRA
UNESP - FEG

Dezembro de 2011.

Agradecimentos

Aos meus pais, José Mendes e Maria de Fátima, que sempre me incentivaram e deram a oportunidade de cursar a faculdade.

Aos meus amigos, especialmente os moradores da república Ama-zonas que durante 6 anos foram a minha segunda família.

A minha namorada Bruna que teve paciência enquanto estive longe.

Ao meu grande amigo Eduardo Costa que também batalhou para que este trabalho fosse realizado.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica.

(DANIEL LIMA DE OLIVEIRA)

Agradecimentos

Quero agradecer à Deus, que me deu a vida e sempre incentivou minha fé para que eu acreditasse que podia chegar onde quisesse,

agradeço imensamente aos meus pais *Walter Cícero Pereira da Costa e Vera Lucia Santos Costa*, por todo o amor, toda a força e toda a dedicação dados à mim, me enchendo de coragem para sempre ir atrás dos meus sonhos mesmo que isso significasse o sacrifício dos deles,

agradeço ao meu irmão *Fernando* que faz com que eu batalhe cada vez mais para servir de exemplo para ele,

agradeço também à todos os meus familiares que sempre acreditaram em mim, em especial meus tios *Xaxá e Edna* e minha querida avó *Rosália*,

agradeço à minha namorada *Lissandra*, por toda a dedicação e amor à mim dados, me incentivando e fazendo importante papel na minha formação profissional e pessoal,

agradeço ao meu grande amigo *Bruno*, que considero um verdadeiro irmão, que sempre esteve ao meu lado e que sem ele minha trajetória se dificultaria muito mais,

agradeço aos meus queridos amigos de faculdade que certamente levarei para a vida toda, *Maíra, Madeira, Dani, Vitrola*, que deu muito de si para que este trabalho acontecesse, *PVC, Popey* e todos meus irmãos da *República Vamointão*.

(EDUARDO COSTA)

*“Escolhe um trabalho de
que gostes e não terás que
trabalhar nem um dia na tua
vida.”*

(Confúcio)

COSTA, E.S.; LIMA, D.O. Comparação de custo e viabilidade técnica de obras com parede de concreto em relação a obras de alvenaria e estrutural. 2011. 62 f. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

Resumo

Estão sendo lançados no mercado da construção civil no Brasil empreendimentos chamados “Super 6”. Esses empreendimentos vendem a promessa de entrega do apartamento em seis meses após o lançamento do empreendimento.

Para atender esse prazo está sendo implantado o método construtivo de paredes de concreto utilizando-se formas de alumínio. Esse sistema consiste basicamente em concretar as lajes e as paredes de uma só vez, ou seja, montam-se as formas de parede e laje juntas. Nas paredes são utilizadas telas metálicas, com reforços em vãos e quinas de paredes e a essas telas são amarradas as caixas elétricas e conduítes. Para cada torre é utilizado o chamado jogo de “meia forma”, ou seja, o jogo de forma é suficiente para montar meio pavimento.

Utilizando um concreto que possa ser deformado no dia seguinte é possível levantar um pavimento a cada dois dias com passagens elétricas e hidráulicas prontas e sem necessidade de rebocar a parede fazendo apenas pequenas correções nas imperfeições após a concretagem.

Com esse sistema ganha-se uma incrível velocidade na construção da estrutura reduzindo em quase um terço a duração da obra.

Esse trabalho tem por objetivo comparar em termos de custo - benefício os sistemas de alvenaria estrutural e esse novo sistema de parede de concreto chamado de “Super 6”.

Para esse comparativo será utilizado como parâmetro os valores utilizados para a realização do empreendimento Portal das Rosas da construtora Tenda que é um dos primeiros a utilizar o sistema de parede de concreto. Esse empreendimento consiste basicamente de sete torres de seis pavimentos cada e será orçado o custo desse projeto caso fosse realizado em alvenaria estrutural.

A partir desses dados será possível fazer uma comparação sobre o real benefício ao se adotar esse sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Parede de concreto, Alvenaria Estrutural.

COSTA, E.S.; LIMA, D.O. Comparison of cost and technical feasibility of works with concrete wall and structural masonry. 2011. 62 f. Graduation thesis in Civil Engineering – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

Abstract

Are being released in the construction market in Brazil ventures called "Super 6". These businesses sell the promise of delivery of the apartment in six months after the launch of the venture.

To meet this deadline are being deployed the constructive method of concrete walls using aluminum shapes. This system basically consists of pouring slabs and walls once, i.e. building up the wall shapes and slab joints. On the walls are used cloth, with reinforcements in vain and corners of walls and on these screens are tied the electrical boxes and conduits. For each tower is used the so-called system of "half way", i.e. the system so it is sufficient to mount the Middle deck.

Using a concrete which can be deformed in the next day you can lift one deck every two days with ready electric and hydraulicsystem, without having to tow the wall doing only minor fixes in the imperfections after concrete.

With this system won an incredible speed in the construction of the structure reducing in almost one-third the length of the work.

This work aims to compare in terms of cost-benefit of masonry structural systems and this new concrete wall system called "Super 6".

For this comparison will be used as parameter values used for the achievement of the Enterprise Portal of Roses of constructor Tenda which is one of the first to use concrete wall system. This project basically consists of seven towers of six floors each and will be budgeted the cost of this project if it were held in structural masonry.

From these data it will be possible to make a comparison about the actual beneficial to adopt this system.

KEY-WORDS: Structural Masonry, Concrete Wall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Obra Portal das Rosas Construtora Tenda.....	17
Figura 2 - Residencial Brink (Gafisa S/A).....	18
Figura 3 - Residencial Vale Verde Cotia	19
Figura 4 - Montador fazendo os fechamentos das formas	20
Figura 5 - Entulho em obras de alvenaria estrutural	20
Figura 6 - Acabamento das Paredes	21
Figura 7 - Estucagem da fachada	21
Figura 8 - Prensa hidráulica instalada na obra	22
Figura 9 - Gráfico de pressão na forma durante a concretagem	24
Figura 10 - Painéis de forma de alumínio	25
Figura 11 - Painéis padrões	26
Figura 12 - Detalhe do canto das formas	27
Figura 13 - Peça interna do canto das paredes	27
Figura 14 - Encaixes em T, em cruz e em L das formas.....	28
Figura 15 - Peça da “cabeça” da forma.....	28
Figura 16 - Corte da parede com a peça de ajuste de pé direito.....	29
Figura 17 - Peça chamada de “tapa” utilizada para fechamento de vãos.....	29
Figura 18 - Detalhe da peça que fixa o painel da laje na parede.....	30
Figura 19 - Corbatas.....	30
Figura 20 - “Camisinha”	31
Figura 21 - Pinos e cunhas	31
Figura 22 - Grapas em painéis de laje.....	32
Figura 23 - Alinhadores verticais e horizontais	32
Figura 24 - Tensor de vão	33
Figura 25 - Aprumadores de parede.....	33
Figura 26 - Espaçador plástico	34
Figura 27 - Linha de marcação da parede	34
Figura 28 - Armação das paredes.....	35
Figura 29 - Forma pronta para ser concretada	36
Figura 30 - Residencial Vale Verde Cotia	37
Figura 31 - Hotel Excalibur, em Las Vegas, EUA – Constituído por quatro torres, 28 pavimentos cada e 1008 apartamentos por torre	40

Figura 32 - Esquema de elevação de alvenaria estrutural não armada	43
Figura 33 - (a) Alvenaria estrutural armada com treliças e (b) Alvenaria estrutural armada com vergalhões	43
Figura 34 - Ilustração de Alvenaria Estrutural parcialmente armada: detalhe para a prumada que se encontra armada, mostrando o elemento de armadura passiva	44
Figura 35 - Execução da alvenaria estrutural protendida.....	45
Figura 36 - Bloco estrutural cerâmico.....	46
Figura 37 - Tipos de bloco estrutural de concreto.....	46
Figura 38 – Bloco (canaleta) estrutural Sílico-calcáreo	46
Figura 39 - Bloco maciço de concreto	47
Figura 40 - Tijolo Maciço	47
Figura 41 - Aplicação de argamassa de assentamento, com bisnaga de napa.....	48
Figura 42 - Aplicação de groute.....	49
Figura 43 - Alvenaria estrutural já com o groute aplicado.....	49
Figura 44 - Planta da Forma do pavimento tipo.....	51
Figura 45 - Planta do pavimento tipo em alvenaria estrutural	52
Figura 46 - Detalhe dos cantos.....	53
Figura 47 - Detalhe dos encontros	53
Figura 48 - Detalhe da ligação das paredes.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões e peso dos painéis	26
Tabela 2 - Custos Alvenaria Estrutural	55
Tabela 3 - Custos Alvenaria Estrutural	56
Tabela 4 - Custo Parede de Concreto	56
Tabela 4 - Custo Parede de Concreto	57
Tabela 4 - Custo Parede de Concreto	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo de custos entre os dois métodos.....	59
Gráfico 2 - Porcentagem de mão-de-obra nos dois métodos	59
Gráfico 3 - Produção de unidades por semestre.....	60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Considerações iniciais.....	15
1.1.1 Objetivo.....	16
1.1.2 Metodologia	16
1.1.3 Estrutura do trabalho	16
2 SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO	17
2.2 Materiais	21
2.2.1 Concreto	21
2.2.2 Transporte e descarga na obra	22
2.2.3 Forma	24
2.2.4 Montagem da forma	33
2.3 Homologação do sistema	36
2.4 Empresas que utilizam o sistema	37
3 SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL	38
3.1 Definição.....	38
3.2 Histórico.....	38
3.2.1 A Alvenaria Estrutural no mundo	38
3.2.2 A Alvenaria Estrutural no Brasil.....	40
3.3 Características	42
3.4 Classificação	42
3.4.1 Alvenaria estrutural não armada	42
3.4.2 Alvenaria estrutural armada	43
3.4.3 Alvenaria Parcialmente Armada	44
3.4.4 Alvenaria Estrutural Protendida.....	44
3.5 Componentes da Alvenaria Estrutural	45
3.5.1 Blocos.....	45
3.5.2 Argamassa	47
3.5.3 Groute.....	48
3.5.4 Armadura.....	48
3.5.5 Mão de Obra	49

4. ESTUDO DE CASO	50
4.1 A obra	50
4.2 Comparação de custos	54
4.3 Análise dos dados	58
5 CONCLUSÃO.....	60
6 BIBLIOGRAFIA	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Nos últimos anos o governo federal vem investindo no programa habitacional “Minha casa minha vida”. O programa tem por objetivo construir 1 milhão de novas moradias para famílias de baixa renda. O dinheiro do programa virá do FGTS e o total de moradias será divida de acordo com a renda, poderão participar do programa famílias com renda entre um a dez salários mínimos e as condições de pagamento e benefícios serão distribuídos favorecendo sempre as famílias com menos renda. (MINHACASAMINHAVIDA, 2011)

Com a grande demanda de moradias populares as principais construtoras do país tiveram que buscar novas alternativas que aproximassem a construção civil de um método construtivo mais industrializado.

Esses métodos buscam a produção em grande escala construindo mais rápido e com custos reduzidos.

Um dos métodos que vem sendo adotado é de parede de concreto, que vem sendo utilizado há mais de dez anos para solucionar o problema de déficit de habitação no México.

Utilizando formas de alumínio, esse método permite concretar as paredes da casa já com as instalações elétricas e hidráulicas já embutidas o que reduz em mais da metade o tempo de execução desta casa.

A pioneira no Brasil a utilizar esse método construtivo no Brasil foi a Rodobens que em 2006 trouxe essa tecnologia em caráter experimental em 2006 e hoje constrói mais de 26 projetos para o “Minha casa minha vida”. A Rodobens possui atualmente 57 jogos de forma que custam entre R\$500.000,00 a R\$600.000,00 reais cada e permitem concretar aproximadamente 4 casas por semana.

Outra vantagem do sistema é a padronização que diferentemente da alvenaria independe de fatores como mão-de-obra e material.

Com velocidade e redução de custos os desperdícios que são muito altos na construção civil são minimizados, além de eliminar as fases de chapisco, reboco e redução de formação de entulho.

Após a desforma as casas de parede de concreto estão prontas para serem pintadas.

O “Minha casa, minha vida” criou a necessidade de se desenvolver novas técnicas construtivas capazes de atender a essa demanda e um dos métodos que podem suprir essa necessidade é o de parede de concreto, que é indicado para construção em escala, tendo seus pontos fortes a padronização, racionalização e alta produtividade. Esse método deu certo no México e também é muito difundido na América do Sul, principalmente no Chile e Colômbia. (JUSTUS, 2009; ABCP, 2007)

1.1.1 Objetivo

Comparar o sistema de parede de concreto com o sistema de alvenaria estrutural e mostrar que esse novo sistema pode ser vantajoso em relação aos sistemas que já estão no mercado.

O trabalho se desenvolveu da seguinte forma:

- Detalhar o sistema de parede de concreto
- Especificação de vantagens do sistema em relação aos demais métodos.
- Exemplificação e utilização do sistema através de empreendimentos que utilizaram esse método.
- Mostrar um estudo de caso comparando o sistema de parede de concreto com o sistema apresentado de alvenaria estrutural.

1.1.2 Metodologia

O seguinte trabalho é composto de uma introdução teórica baseada nas bibliografias estudadas com objetivo de inserir o leitor no contexto do trabalho. Uma segunda parte onde é apresentado um estudo de caso utilizando como referência a obra Residencial Portal das Rosas que foi construído utilizando o método parede de concreto e é orçado o mesmo projeto em alvenaria estrutural, comparando apenas o custo da estrutura que é o diferencial entre esses dois sistemas.

1.1.3 Estrutura do trabalho

O seguinte trabalho está dividido em cinco capítulos mostrados a seguir:

- a) Introdução;
- b) Sistema construtivo de parede de concreto;
- c) Sistema construtivo de alvenaria estrutural;
- d) Estudo de caso: Comparação entre os métodos;
- e) Conclusão;

2 SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE DE CONCRETO

O sistema de parede concreto consiste basicamente em montar as formas no local onde será construído o pavimento e concretá-las já com ferragens e com as passagens para instalações hidráulicas e elétricas embutidas nas paredes e pisos.



Figura 1 - Obra Portal das Rosas Construtora Tenda
Fonte: Autor

Esse sistema é utilizado quando há necessidade de se construir em alta escala e devido a diferentes possibilidades de modulação, pode-se fazer diferentes tipologias com um mesmo jogo de forma.

Optar por este sistema requer um estudo detalhado de custos para se definir se é vantajoso ou não.

O sistema permite construir desde casas térreas até edifícios de mais de 18 andares de alto padrão como é o caso do residencial Brink da Construtora Gafisa.



Figura 2 - Residencial Brink (Gafisa S/A)

Fonte: <http://cidadesaopaulo.olx.com.br/brink-campo-limpo-65m-96m-r-235-000-morumbi-sul-fone-6111-3482-fernandes-iid-282037603>

Porém o sistema tem seu diferencial quando a obra possui uma grande quantidade de unidades, pois sua cadeia produtiva funciona de forma industrial com alto grau de padronização, que vai desde a mão-de-obra até os materiais integrados que permitem o mesmo padrão de qualidade independente da região onde se está construindo.

Já que no Brasil apenas grandes obras comerciais e galpões de fábrica se preocupavam em construir de maneira industrial, a qualidade em obras de projetos habitacionais não era priorizada, pois devido à falta de recursos não havia obras que visavam construir uma grande quantidade de unidades. Mas devido ao aumento de crédito no país e criação de programas de habitação este cenário mudou. Com isso grandes empresas vêm se estruturando para atender as exigências desse mercado promissor. Assim tem-se atualmente condições de construir com velocidade, qualidade e economia (ABCP, 2007).

Essas vantagens colocam o sistema de parede concreto à frente da alvenaria estrutural quando o assunto é construção em alta escala.



Figura 3 - Residencial Vale Verde Cotia

Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/165/imprime205544.asp>

O sistema evita trabalhos manuais na obra diminuindo o número de colaboradores na obra e ao mesmo tempo aumenta a produção.

Os principais cuidados que devem ser tomados são durante a armação e montagem das formas, deve-se manter um encarregado para cada atividade, pois se uma única caixa elétrica for esquecida demandará um trabalho redobrado para colocá-la com a parede já concretada (ABCP, 2007).

Outra vantagem do sistema é que os operários não necessitam de treinamento especial, e são divididos em duas funções: os armadores e os montadores. Esses dois tipos são responsáveis por todas as etapas do processo, desde a marcação das paredes até a desforma após a concretagem (Figura 4).

Esses fatores implicam em um maior controle de qualidade, velocidade de execução, garantia e redução e mão-de-obra não especializada. Sendo que este último acarreta em diminuição significativa dos custos indiretos.

Em relação à alvenaria convencional o sistema também possui um ganho quando pensa-se em desperdício, posto que no método convencional é necessário quebrar as paredes já prontas para embutir as passagens hidráulicas e elétricas o que gera desperdício, retrabalho e custos com remoção de entulho. No sistema de parede de concreto a redução entulhos pode chegar a até 80% em relação à alvenaria estrutural (D'AMBROSIO, 2009). (figura 2.5).



Figura 4 - Montador fazendo os fechamentos das formas
Fonte: Autor



Figura 5 - Entulho em obras de alvenaria estrutural
Fonte: Autor

No que diz respeito ao acabamento, a parede de concreto não necessita de chapisco, emboço e reboco. Assim que é feita a parede recebe um acabamento de espessura mínima chamado de “estuque”. O estuque corrige pequenas imperfeições que ficam após a concretagem. E geralmente essa correção é feita nas emendas dos painéis das formas e nos buracos das gravatas que travam as formas.

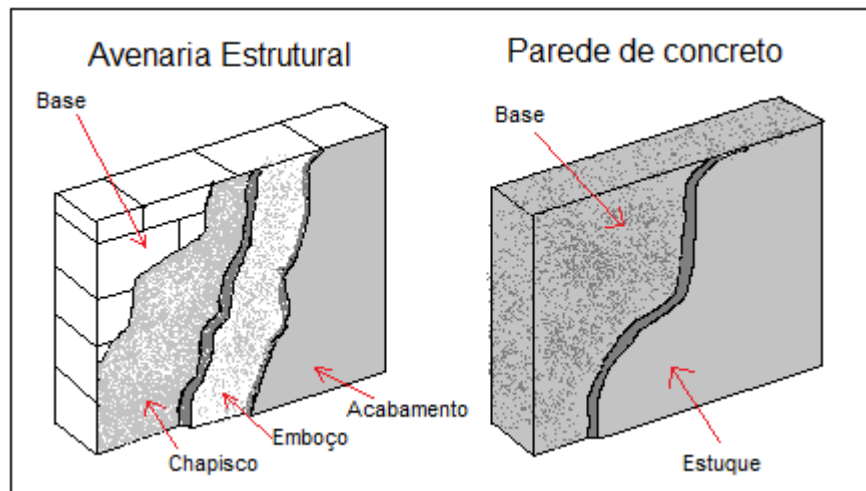


Figura 6 - Acabamento das Paredes
Fonte: Autor



Figura 7 - Estucagem da fachada
Fonte: Autor

2.2 Materiais

2.2.1 Concreto

O concreto é o principal material que compõe a estrutura por isso esse elemento requer rigoroso controle de qualidade dentro da obra.

Em obras de parede de concreto geralmente loca-se o laboratório de controle de qualidade do concreto dentro da obra. Isso facilita a velocidade de recebimento dos resultados e também é necessário se fazer o rompimento do corpo de obra 13 horas após a concretagem para que desforma seja feita no dia seguinte. Adota-se 3 MPa como resistência mínima, este valor de resistência é atingido aproximadamente após 13 horas da concretagem.



Figura 8 - Prensa hidráulica instalada na obra
Fonte: Autor

No Brasil são utilizados basicamente 4 tipos de concreto para uso nesse sistema.

- Concreto celular;
- Concreto com alto teor de ar incorporado – até 9%;
- Concreto com agregados leves ou com baixa massa específica e
- Concreto convencional ou auto adensável.

A concretagem e todas as tarefas que a sucedem são de suma importância para que a estrutura atinja o desempenho desejado.

O concreto usinado é o mais recomendado, pois possui maior controle de qualidade recebendo a garantia da concreteira de que atenderá aos padrões de qualidade especificados em projeto. (MISURELLI; MASSUDA, 2009)

2.2.2 Transporte e descarga na obra

O tempo de transporte é contado a partir da adição de água na mistura ainda na usina até o momento em que o concreto chega à obra. O cálculo do tempo de transporte é muito

importante para que o fim do adensamento não ocorra após o início de pega do concreto. Caso isso não ocorra, haverá riscos de formação de juntas secas na estrutura.

“O tempo decorrido entre o início da mistura e a entrega do concreto no canteiro deve ser inferior a 90 minutos; e o tempo decorrido entre o início da mistura na central de produção e o final da descarga do concreto na obra não deve ultrapassar 150 minutos”. (MISURELLI; MASSUDA, 2009)

O lançamento do concreto deve ser feito respeitando o plano de concretagem que leva em consideração o layout da forma, a geometria do canteiro e o tipo de concreto que é lançado.

A concretagem deve ser feita de maneira anelar, ou seja, primeiro deve-se concretar as paredes e depois a laje.

Geralmente utilizam-se tipos de concreto distintos para parede e laje, onde para a primeira utiliza-se um concreto com maior slump, aditivo de fibra e menor diâmetro do agregado. Isso com objetivo de obter um melhor acabamento das paredes evitando assim retrabalhos durante a fase de acabamento. O lançamento do concreto deve ser feito com bomba e não deve haver paradas de concreto superiores a 30 minutos para evitar a formação de juntas de dilatação não previstas em projeto.

Deve-se atentar também a utilização de mangote vibrador para que não haja segregação do concreto nas paredes.

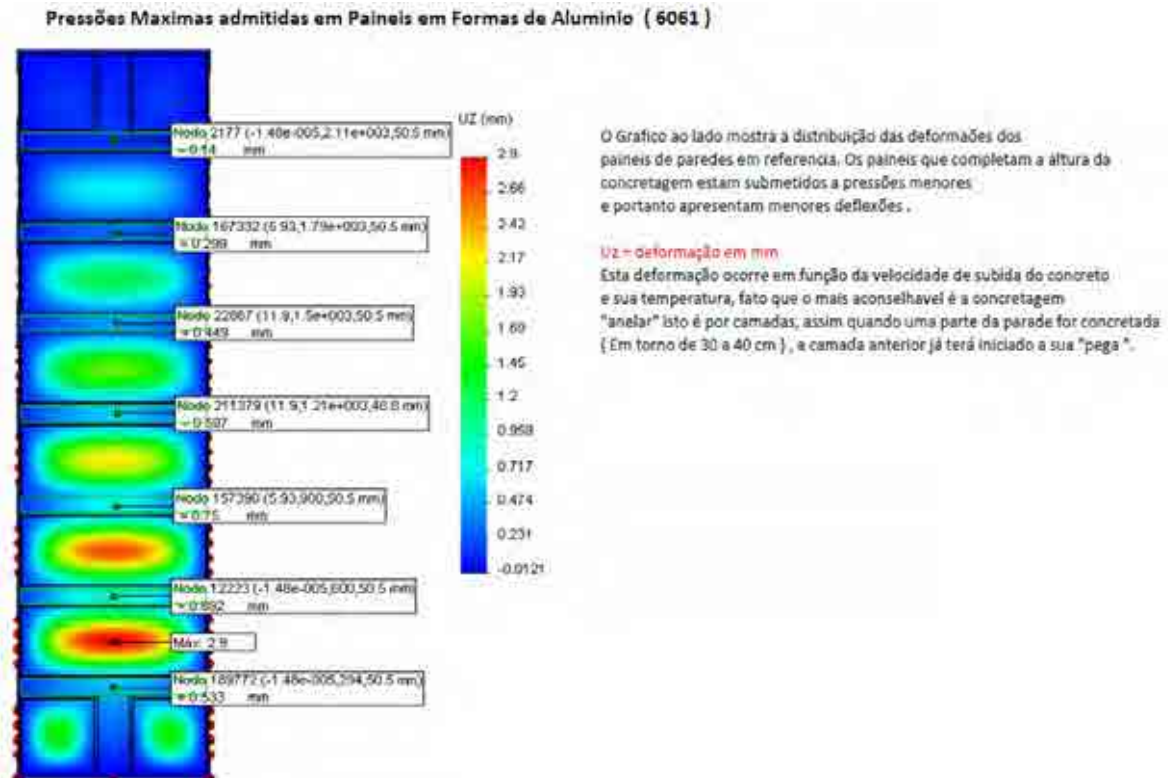


Figura 9 - Gráfico de pressão na forma durante a concretagem
Fonte: Autor

Outra tarefa importante durante a concretagem e que evita segregação do concreto é martelar os painéis da forma utilizando marreta de borracha para não danificar a forma.

2.2.3 Forma

A forma mais utilizada para esse tipo de sistema são as formas metálicas de alumínio.

Em estruturas prediais é necessário possuir um jogo completo da chamada “meia forma”, pois são os painéis necessários para montagem de meio pavimento tipo mais peças que servem para adaptar pavimentos com layout diferente, como pavimento térreo e pavimentos que possuem apartamentos adaptados para deficientes físicos.



Figura 10 - Painéis de forma de alumínio
Fonte: Autor

Uma das grandes vantagens da forma de alumínio é sua reutilização. Estas formas são projetadas para terem 1000 reutilizações (PINI, 2009).

Por isso é necessário projetá-las de maneira que possam ser utilizadas em diversas tipologias, requerendo o mínimo de modificação nas peças. Por esse motivo as peças são fabricadas em tamanhos padrões com uma pequena quantidade de peças específicas. Assim, quando termina-se a obra a estrutura é necessário comprar apenas as peças especiais para utilizá-la em outra obra, mesmo que essa possui uma tipologia completamente diferente da primeira obra onde as formas foram utilizada.

Deve-se atentar ao fato da quantidade de utilizações da forma quando se decide usar esse tipo de sistema, pois pelo alto valor das formas elas se tornam vantajosas quando a construção se dá por escala utilizando a forma para construir diversas unidades iguais.

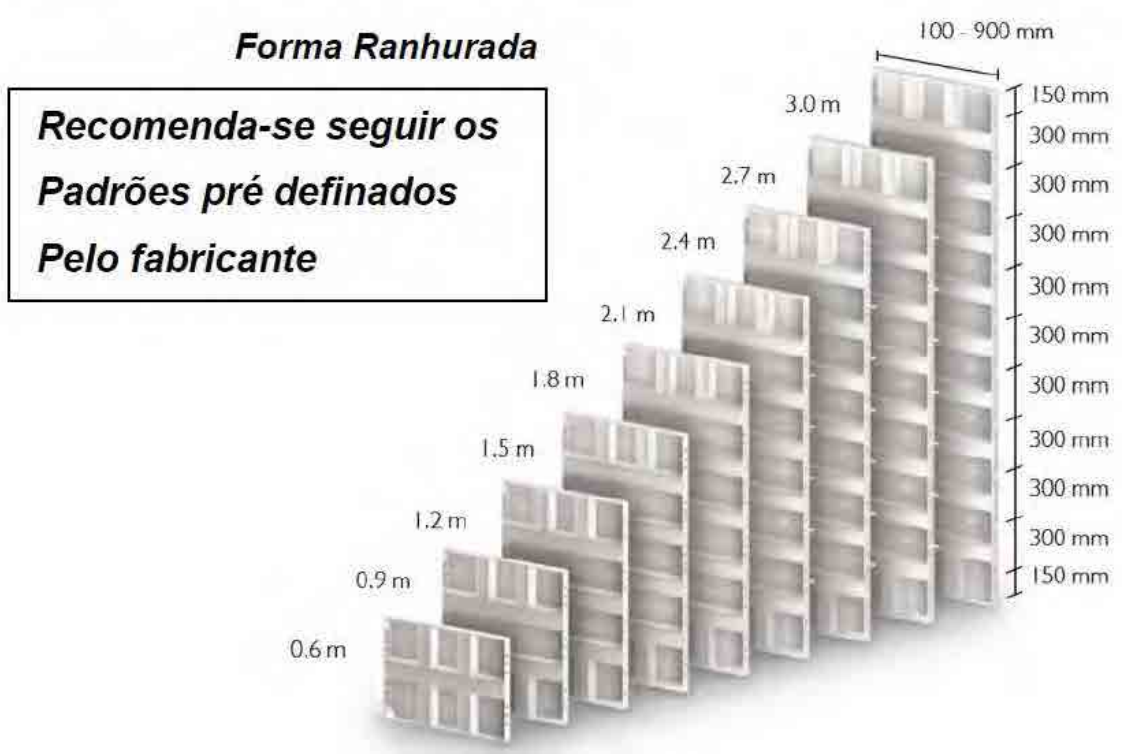


Figura 11 - Painéis padrões
Fonte: Autor

Tabela 1 - Dimensões e peso dos painéis

Largura (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
Altura (cm)	90	5.13	5.41	5.68	5.95	6.22	7.56	8.44	9.09	10.05	10.70	11.56	12.53	13.57	14.22	15.18	15.83	16.90	Peso (kg)
	120	6.84	7.20	7.55	7.91	8.27	10.06	11.02	11.88	13.17	14.03	15.11	16.39	17.64	18.51	19.79	20.65	21.94	
	150	8.55	8.99	9.43	9.87	10.31	12.55	13.60	14.68	16.28	17.36	18.65	20.25	21.72	22.80	24.40	25.48	26.98	
	180	10.25	10.78	11.31	11.83	12.36	15.05	16.18	17.47	19.40	20.69	22.19	24.12	25.80	27.09	29.02	30.31	32.02	
	210	11.96	12.57	13.18	13.79	14.40	17.54	18.76	20.26	22.51	24.02	25.73	27.98	29.88	31.38	33.63	35.13	37.06	
240	13.67	14.36	15.06	15.75	16.45	20.04	21.34	23.06	25.63	27.34	29.27	31.84	33.95	35.67	38.24	39.96	42.10		



Figura 12 - Detalhe do canto das formas
Fonte: Autor

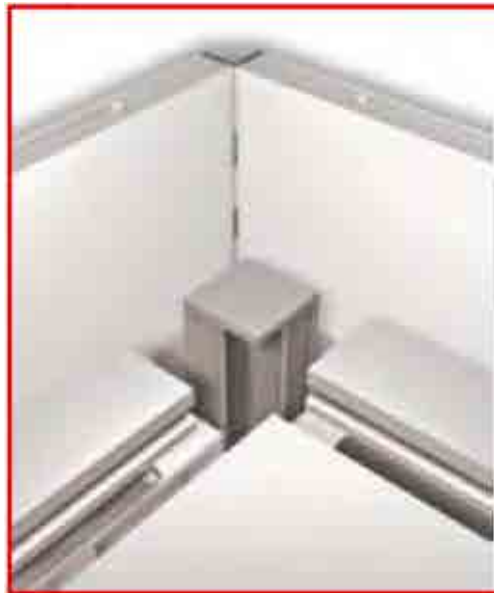


Figura 13 - Peça interna do canto das paredes
Fonte: Autor

Para facilitar a desforma das paredes e a união parede-laje, a altura total dessa cantoneira se divide em duas seções de forma que a parte inferior possa ser desformada, quando retirada das fôrmas de parede, para utilização na próxima concretagem. A parte superior é retirada após a união parede-laje.



Figura 14 - Encaixes em T, em cruz e em L das formas
Fonte: Autor

O encaixe em cruz é formado por quatro cantoneiras de parede. É acoplado com passadores e cunhas, como em todo o restante do painel.

O encaixe em “T” se forma sempre com três peças:

- Duas cantoneiras de parede.
- Uma fôrma de parede de largura igual à espessura da parede . Estas peças são acopladas com passadores e cunhas.

O encaixe ou canto em “L” é composto por quatro peças:

- Uma cantoneira de parede.
- Um ângulo exterior.



Figura 15 - Peça da “cabeça” da forma
Fonte: Autor

- Duas fôrmas de largura igual à espessura da parede mais a cantoneira de parede. Estas peças são acopladas com passadores e cunhas.

A chamada peça da cabeça (figura 16) da forma serve para fazer o ajuste do pé direito.

Com essa peça é possível adequar a forma a diversas normas regionais que exigem um pé direito diferente para cada município do país.

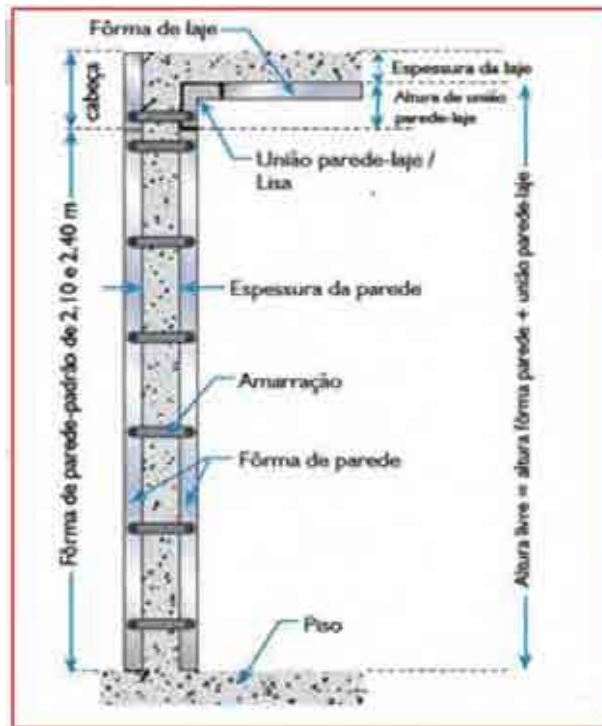


Figura 16 - Corte da parede com a peça de ajuste de pé direito

Fonte: Autor



Figura 17 - Peça chamada de “tapa” utilizada para fechamento de vãos

Fonte: Autor

O perfil de alumínio de 3/8" de espessura é utilizado como fechamento de paredes (como vãos de janelas e Paredes). Encaixa-se como os painéis (com passadores e cunhas) e, em determinadas ocasiões, se a configuração não é padrão, pode-se utilizar grapas (figura 22).

Para paredes com espessura maior que 12 cm, é reforçado com perfis de ângulo ou tubulares e essas peças são chamadas de “tapas” (figura 17).



Figura 18 - Detalhe da peça que fixa o painel da laje na parede
Fonte: Autor

O jogo de forma possui diversos acessórios geralmente utilizados para fixar e alinhar os painéis.

Essas peças são de suma importância para montagem do conjunto e requerem um cuidado especial para que não haja aberturas dos painéis e consequentemente vazamento do concreto durante o preenchimento da forma.



Figura 19 - Corbatas
Fonte: Autor

As corbatas (figura 19) são as peças responsáveis por evitar que as formas abram e seu tamanho determina a espessura da parede.



Figura 20 - “Camisinha”
Fonte: Autor

O saco de EP conhecido como “camisinha” (figura 20), é usado como separador do concreto e a “corbata” (figura 19), este fica preso dentro do concreto após a concretagem.



Figura 21 - Pinos e cunhas
Fonte: Autor

Pinos e cunhas são as peças que fazem o travamento dos painéis das formas e “corbatas” (figura 19).

Outra peça responsável pelo travamento dos painéis são as “grapas” (figura 22), estas são utilizadas quando não é possível utilizar os pinos, como em painéis de laje e “tapas” de janela.



Figura 22 - Grapas em painéis de laje
Fonte: Autor

Existem também os alinhadores horizontais, responsáveis por manter os painéis alinhados e no prumo. Os tensores de vão, que servem para que não ocorra fechamento do vão de porta durante a concretagem e os aprumadores que impedem que as paredes da forma saiam do prumo.

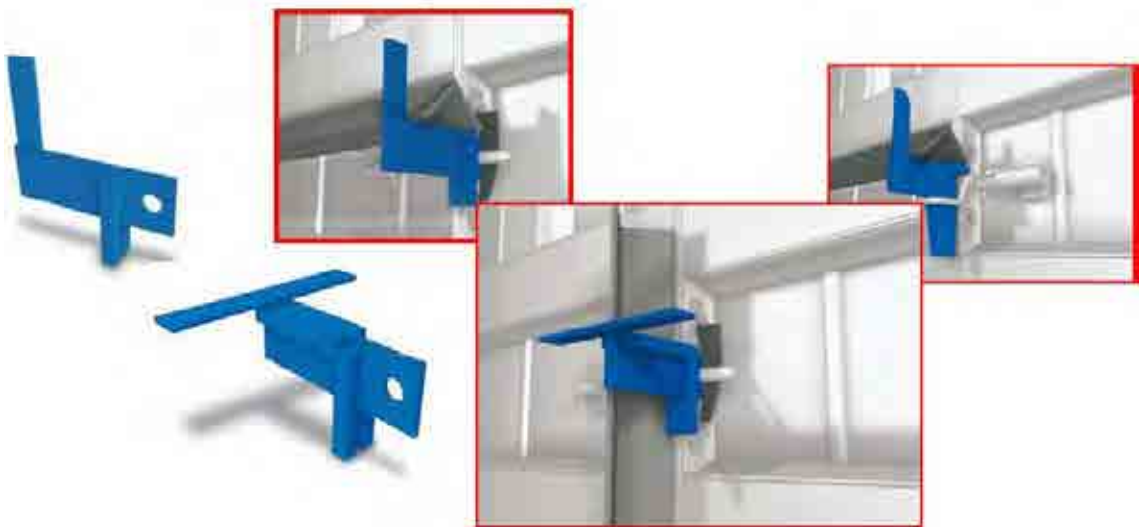


Figura 23 - Alinhadores verticais e horizontais
Fonte: Autor



Figura 24 - Tensor de vão
Fonte: Autor

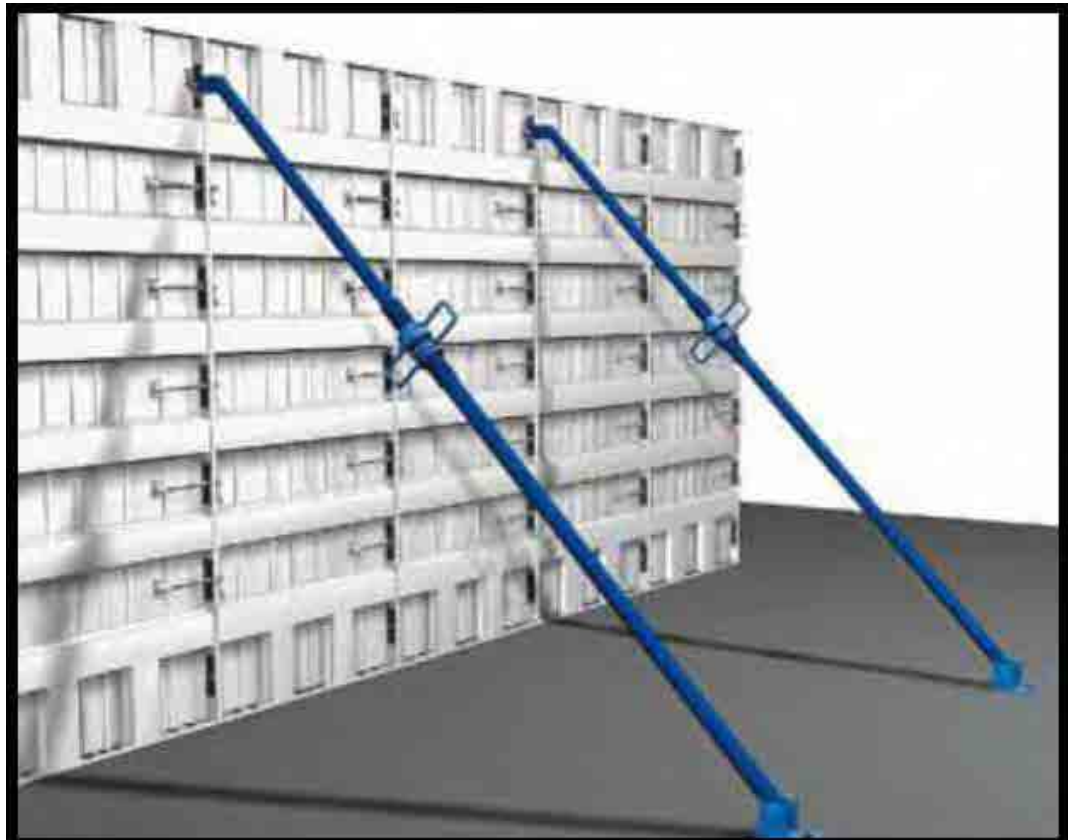


Figura 25 - Aprumadores de parede
Fonte: Autor

2.2.4 Montagem da forma

O primeiro passo da montagem é a marcação das paredes, que é feita através de linha, onde é marcada a linha de eixo das paredes. Após a marcação das paredes, são fixados na laje

os espaçadores plásticos (Figura 26), que servem para determinar a posição correta dos painéis de parede na laje. Os espaçadores são fixados na laje através de uma pistola fincapino.



Figura 26 - Espaçador plástico
Fonte: Autor



Figura 27 - Linha de marcação da parede
Fonte: Autor

O passo seguinte é armação das paredes que são montadas com tela metálica (figura 28) e a colocação das passagens elétricas e hidráulicas que ficam embutidas nas paredes.



Figura 28 - Armação das paredes

Fonte: Autor

O último passo da montagem é a colocação e fechamento dos painéis de parede e laje. Todas as etapas são realizadas pela mesma equipe de montagem que é dividida entre armadores, montadores e ajudantes.

É importante ressaltar que não é necessário treinamento especial para equipe de campo, pois com pouco tempo de trabalho consegue-se uma equipe bem organizada e rápida na montagem.

Após o término da montagem da forma, apenas três a quatro funcionários são necessários para fazer a concretagem.

É necessária uma equipe para sarrafear e alisar o concreto através da alisadora giratória.



Figura 29 - Forma pronta para ser concretada
Fonte: Autor

2.3 Homologação do sistema

Os tipos de concreto utilizados no sistema foram testados e aprovados no que se refere ao desempenho pelas normas da ABNT NBR 15.575. Os tipos de concreto foram testados para os seguintes itens:

- Desempenho térmico desempenho acústico;
- Desempenho luminístico;
- Segurança estrutural;
- Segurança contra incêndio;
- Estanqueidade;
- Uso e operação conforto;
- Durabilidade;
- Saúde;
- Funcionalidade;

- Antropodinâmico;
- Adequação ambiental. (WENDLER, 2009)

2.4 Empresas que utilizam o sistema

A primeira empresa a utilizar esse sistema no Brasil foi a Rodobens que iniciou suas operações em 2006. A empresa utilizou como parâmetro a tecnologia adotada no México, no qual a Homex utiliza esse sistema a mais de 20 anos.

A princípio, o objetivo era fazer uma casa completa em 7 dias. (D'AMBROSIO, 2009)

A empresa possui mais de 50 jogos de forma por todo país, cada jogo de forma custa em média de R\$500.000,00 a R\$ 600.00,00.

Os principais fornecedores de forma no país são a Forsa, empresa que possui suas fabricas na Colômbia e Uruguai e mais recentemente, a Mills que atua também na área de cimbramentos.

Outra empresa que possui forte atuação no mercado imobiliário e utiliza o sistema de parede de concreto é a Bairro Novo, uma empresa que pertence ao grupo Odebrecht.

Recentemente a Bairro Novo construiu o residencial Vale Verde Cotia com aproximadamente 112 torres e 300 casas todas em parede de concreto, sendo o empreendimento um dos maiores construídos com esse tipo de tecnologia no país.



Figura 30 - Residencial Vale Verde Cotia

Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/165/imprime205544.asp>

A construtora Tenda é outra empresa que vem apostando forte no mercado popular com a tecnologia da parede de concreto. Esta empresa pertencente ao grupo Gafisa, começou a

utilizar essa tecnologia quando assumiu o empreendimento Vale Verde cotia da construtora Bairro Novo. A Tenda tem a intenção de realizar apenas empreendimentos com esse tipo de tecnologia.

3 SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

3.1 Definição

A alvenaria estrutural é o processo construtivo onde a própria alvenaria desempenha a função estrutural, onde a mesma é projetada, dimensionada e executada de forma racional, a fim de evitar o máximo de desperdício na execução. (MANZIONE, 2004)

3.2 Histórico

3.2.1 A Alvenaria Estrutural no mundo

Entre os mais antigos métodos construtivos utilizados pelo homem está a alvenaria estrutural. A história diz que as primeiras alvenarias foram feitas em tijolo seco ao sol ou em pedra. Diante do não conhecimento de práticas mais aprimoradas e do comportamento dos materiais utilizados, os resultados eram, por exemplo, paredes de grandes espessuras, onde se se fizemos uma análise comparativa entre os materiais utilizados na época e as técnicas de hoje, considerando a solicitação sofrida pela estrutura, tem-se uma considerável diminuição na espessura e certamente no consumo dos materiais. Mas ainda assim a alvenaria estrutural fez um importante papel no desenvolvimento da construção civil e seu desenvolvimento, inicialmente, deu-se pela prática adquirida pelos então construtores.

De tais métodos construtivos, foram surgindo novas técnicas de construção, aliados aos estudos relacionados ao desenvolvimento técnico e econômico.

Viu-se a construção em alvenaria estrutural passar por alvenaria de pedra ou tijolo cerâmico queimado, assentados com barro, até o que se vê atualmente, os blocos assentados com argamassas de cal, pozolana e cimento Portland.

No final do século 19, o uso da alvenaria estrutural entrou em uma fase de queda, pois as técnicas construtivas relacionadas a tal sistema passaram a ser consideradas precárias diante dos novos sistemas que envolviam aço.

As estruturas metálicas passaram a atrair as construtoras, pois o ganho de vãos mais amplos e livres, a leveza das estruturas, que passaram a ser mais esbeltas, e a resistência por elas apresentadas mostravam-se mais viáveis.

Além das estruturas metálicas, também se deu início ao uso do concreto armado, pois o aprimoramento do uso do cimento e o domínio do aço fizeram com que se pudesse alcançar maiores vãos livres com custos mais baixos, viabilizando este sistema construtivo e tornando a alvenaria estrutural quase obsoleta, devido à predominância de grandes espessuras de paredes, que ocasionava em significativas perdas de área útil no empreendimento. Após a primeira metade do século 20, novos estudos foram apresentados em torno do uso da alvenaria estrutural e normas que permitiam seu uso baseado em cálculos mais racionais foram criadas. Na Europa ressurgiu o uso de alvenaria estrutural em edificações, de modo que foram construídos uma enorme diversidade de prédios consideravelmente altos e mais esbeltos.

Após anos em contínuo desenvolvimento, atualmente pode-se dizer que há diversas opções de uso para a alvenaria estrutural, como muros de arrimo, reservatórios, hospitais, escolas, prédios de alta e de baixa estatura, comerciais ou residenciais, entre outros.

Tudo isso se deu graças ao grande volume de pesquisas desenvolvidas neste ramo, em países como EUA, Inglaterra e Alemanha, visando otimizar o uso da AE, onde alcançou-se um alto nível na técnica de dimensionamento e execução, compatíveis com os utilizados em estruturas de concreto armado, levando à consideráveis proporções de diminuição do bloco de alvenaria estrutural e resultando em um maior aproveitamento da área construída.

Sendo assim, devido a tal desenvolvimento técnico, em muitos casos passou-se a dar preferência para o uso da AE ao invés do CA, até mesmo em face de empreendimentos que comumente se usava estruturas metálicas, pois tal sistema construtivo, para determinados casos, ganha no quesito econômico, primordial para sua escolha. Por se tratar de um sistema construtivo competitivo economicamente, sem falar na questão de execução, onde também possui seu valor, chamou a atenção de diversos países, entre eles o Brasil.



Figura 31 - Hotel Excalibur, em Las Vegas, EUA – Constituído por quatro torres, 28 pavimentos cada e 1008 apartamentos por torre

Fonte: <http://www.lasvegsgateway.com/excalibur-hotel.html>

3.2.2 A Alvenaria Estrutural no Brasil

A alvenaria estrutural é utilizada no Brasil desde o período colonial, com a técnica de terra socada, constituída de tijolo de barro cru, pedra e taipa de pilão, sepultada já a partir de 1850 pelo uso de tijolo de barro cozido. O uso de tijolo de barro cozido, marca a história do desenvolvimento da AE no Brasil, pois a partir dele viu-se o estreitamento das estruturas, um significativo ganho nos vãos e uma crescente resistência à ação das águas, que costumavam causar grandes problemas quando se tratava do barro cru. Tal avanço tecnológico foi pouco notado diante da deslumbrante potencialidade apresentada pelas estruturas metálicas que se encontravam em ascensão neste mesmo período na Europa, não só por ser mais prático e mais rentável, mas também por já se tratar de uma época em que a importação era facilitada.

A entrada de tal técnica no país pode ser vista ainda nos dias de hoje, em exemplos como a Estação da Luz em São Paulo, que marcou a entrada das estruturas metálicas em grandes obras nacionais. Logo na sequência pôde-se assistir a entrada das estruturas de concreto armado que pelas mesmas questões, onde o ganho de maiores vãos, estruturas mais esbeltas, menores tempos de execução, alto nível de qualidade, eram os pontos-chaves, teve decretado seu domínio no Brasil, até mesmo sobre as metálicas.

O domínio nacional da estrutura de concreto armado é firmado logo após a primeira guerra mundial, quando o Brasil assistiu à implementação da indústria de cimento Portland, que deu volume à produção de concreto e permitiu a construção de edifícios de até 30 andares, como o Edifício Martinelli, também em São Paulo. A alvenaria estrutural, por sua

vez, foi quase extinta, permanecendo apenas para o uso de vedação, sem exercer a função de estrutura. Porém como sempre foi objeto de estudos, a alvenaria estrutural não perdeu completamente seu espaço para alguns países e técnicas de uso de maneira rentável passaram a surgir e o quadro da alvenaria estrutural no Brasil começou a ser revertido.

Diante de normas desenvolvidas por europeus e norte americanos, por volta da década de 60, o Brasil começou a enxergar novas possibilidades para a AE e passou a utiliza-la em prédios de até 4 pavimentos, compostos com blocos de concreto vazados. Assim, surgiram também, blocos sílico-calcários, blocos cerâmicos e começaram a ser utilizados, no estado de São Paulo, em princípio, e a AE retomou sua importância diante do mercado nacional da construção civil.

Hoje pode se notar que a AE está mais compatível com nossa cultura de construção, seja pela adequação ao sistema ou pela sua absorção. Tanto que não é mais raro se deparar com obras habitacionais de até 20 pavimentos em São Paulo, Minas Gerais e Goiás, assim como a criação de normas regulamentadoras sobre o assunto, que se pode ver nas normas da ABNT, para cálculo e toda e qualquer tipo de atividade envolvida na execução de AE que possa comprometer na qualidade, durabilidade, trabalhabilidade e rentabilidade do sistema. Esta última tem sido crucial para o crescente uso da AE, principalmente por se adequar ao quadro de déficit habitacional do Brasil, existente, segundo Cavalheiro, pela falta de uma política habitacional mais duradoura. Desta maneira, as próprias condições que o sistema político do Brasil faz com que a questão de habitação seja adaptada e busque métodos que sejam de rápida resolução, e assim vê-se a AE ser desenvolvida e ganhar cada vez mais seu espaço no cenário nacional.

O desenvolvimento da alvenaria estrutural, fez com que tal sistema passe a ser atrelado à rapidez de execução, segurança e qualidade do produto final e hoje vê-se que tal sistema tem atraído os olhares até mesmo de obras de alto padrão e com o crescente interesse do mercado de uma maneira geral, está resultando em um novo problema nacional.

Ainda, com todo o crescimento do uso da AE, somente é possível o sistema crescer de maneira acentuada se o próprio sistema possui a estruturação necessária para suportar tal crescimento e os itens que são o bom sistema de controle e de execução e profissionais gabaritados em cálculo, estão em deficiência em nosso país.

Hoje, fabricantes de blocos estruturais têm iniciado suas instalações em território nacional e passaram a incendiar ainda mais o uso da AE, complementando as já existentes qualidades do novo sistema em ascensão com modernas tecnologias incitadas por grupos de pesquisa que apostam na infinidade de vantagens da construção em alvenaria estrutural.

Sendo assim é fundamental, para que não tem-se uma nova queda neste sistema, que tem atingido alta qualidade, apesar da simplificada maneira de execução, a criação da obrigatoriedade do estudo de tal importante item da construção, nos cursos de Engenharia Civil, ou até mesmo como matéria específica, mas que de alguma maneira seja dado ao estudante de engenharia à possibilidade de se interessar pelo assunto, pois ainda é grande o desconhecimento deste método no país, e sendo assim, ineficaz, se comparado ao o que poderia ser a produção em nossos canteiros de obra.

3.3 Características

Alvenarias são construções constituídas por blocos de vários tipos de materiais que mediante a cálculo específico, pode sofrer solicitações de esforços tanto de compressão única como combinados e que são unificados no comportamento estrutural pelo preenchimento de argamassa entre os blocos e dependendo do tipo de solicitação podem até serem constituídas de armadura, horizontal e vertical, envoltas de argamassa ou concreto. Esta última exerce função estrutural, pois além do próprio peso, suporta esforços provindos das cargas aplicadas na estrutura como um todo. De acordo com Franco (1992), alvenaria estrutural pode ser considerada quando se têm em um sistema construtivo, paredes e lajes como o principal sistema de absorção das cargas solicitantes.

3.4 Classificação

3.4.1 Alvenaria estrutural não armada

Como o próprio nome diz, este tipo de alvenaria estrutural não possui qualquer tipo de armação de cunho estrutural, sendo apenas para evitar patologias. Utiliza-se de blocos mais resistentes que podem ser de cerâmica, concreto, concreto celular, sílico-calciários ou até de tijolos maciços. Se usado de maneira bem planejada considerando a modulação dos blocos a alvenaria estrutural não armada pode trazer significativas diminuições nos custos de determinada obra.

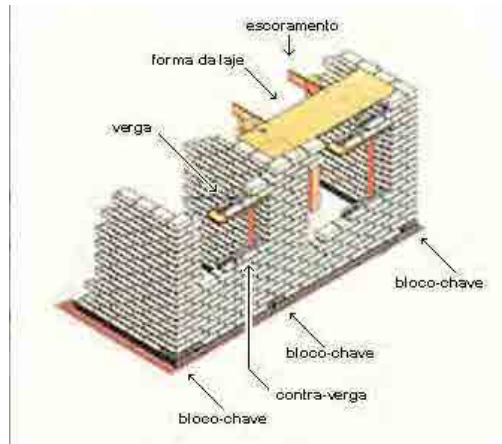


Figura 32 - Esquema de elevação de alvenaria estrutural não armada
 Fonte: <http://www.catep.com.br/dicas/alvenaria%20estrutural%20nao%20armada.htm>

3.4.2 Alvenaria estrutural armada

Neste caso, a alvenaria estrutural possui maior capacidade de dissipação de energia e maior resistência, pois a presença do aço passa a ter função estrutural e absorve parte das solicitações. Desta maneira a alvenaria estrutural armada passa a ter resistência à tração, isto devido à maneira em que posicionada por entre as células horizontais ou até mesmo nas juntas verticais, onde ganha adesão ao conjunto de blocos com o preenchimento com argamassa ou groute.

Para que tal serviço seja executado de maneira compensatória é importante que os blocos sejam projetados de forma a facilitar a entrada das armaduras e dar condições de preenchimento total do espaço existente entre armadura e bloco, atingindo um ideal de espaçamento, criando uma aderência entre os materiais em trabalho.

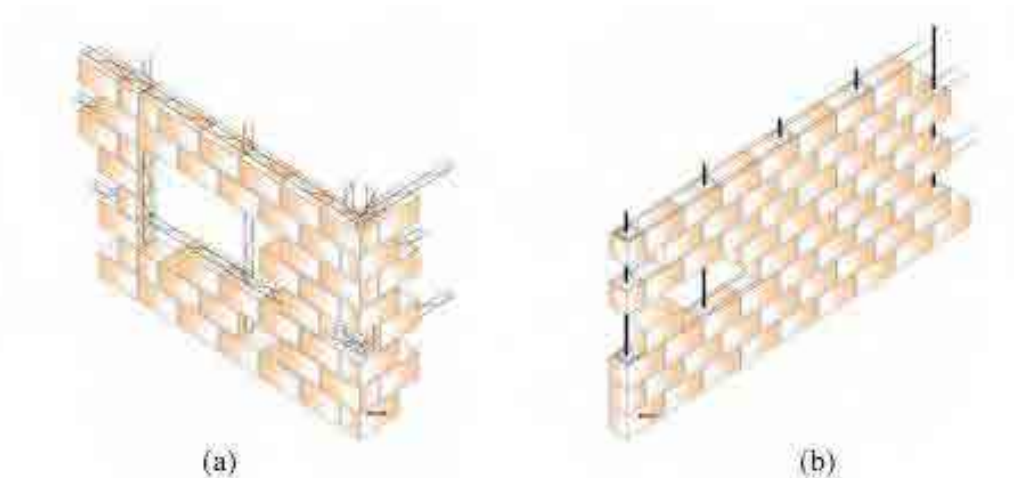


Figura 33 - (a) Alvenaria estrutural armada com treliças e (b) Alvenaria estrutural armada com vergalhões

Fonte: http://www.civil.uminho.pt/alvenaria/docs/103_128.pdf

3.4.3 Alvenaria Parcialmente Armada

É uma definição utilizada somente no Brasil, a alvenaria estrutural, parcialmente armada, é um processo construtivo em que apenas alguns elementos são projetados como armados e outros não, sendo assim, apenas alguns blocos possuem armação passiva, exercendo função estrutural.

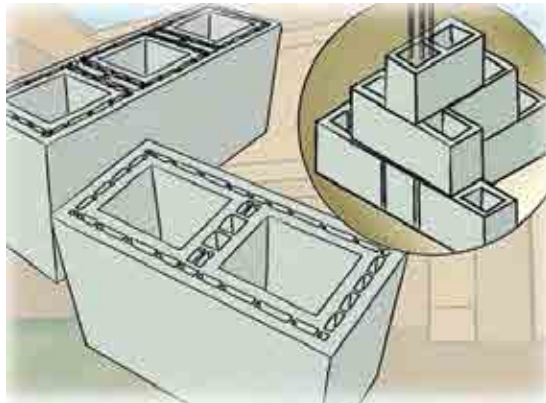


Figura 34 - Ilustração de Alvenaria Estrutural parcialmente armada: detalhe para a prumada que se encontra armada, mostrando o elemento de armadura passiva

Fonte: <http://www.cec.com.br/dicas-reforma-alvenaria-e-tijolos?id=241>

3.4.4 Alvenaria Estrutural Protendida

Neste caso tem-se o que se denomina de armadura ativa, onde é utilizado sistema de protensão similar ao usado em elementos de concreto. A figura 35 abaixo mostra esquema de protensão de alvenaria estrutural.

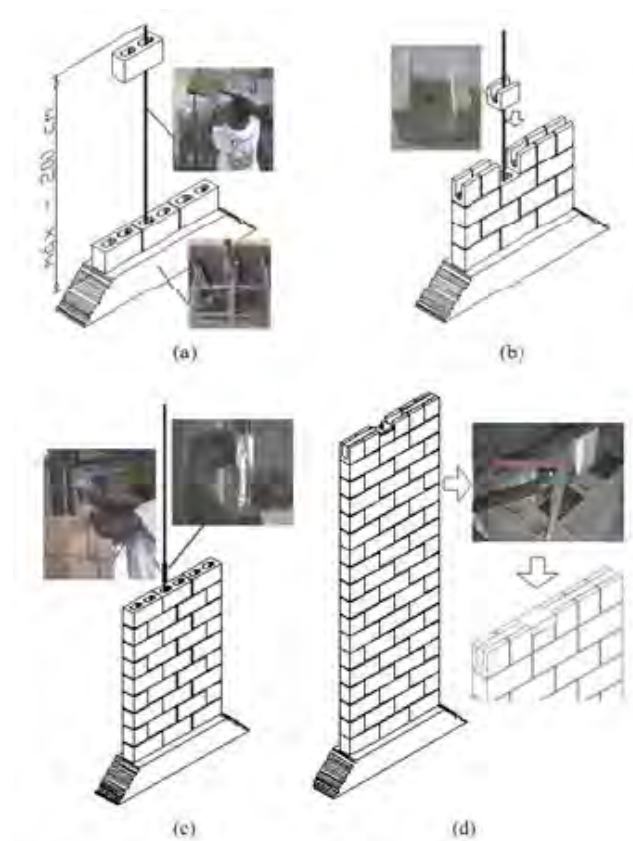


Figura 35 - Execução da alvenaria estrutural protendida
 Fonte: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT312.pdf>

3.5 Componentes da Alvenaria Estrutural

3.5.1 Blocos

Para a execução de alvenaria estrutural usa-se, no Brasil, blocos dos seguintes tipo:

- Cerâmicos;
- De concreto;
- Sílico-calcareos.

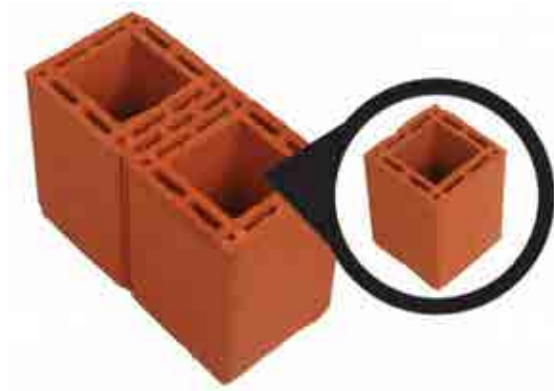


Figura 36 - Bloco estrutural cerâmico

Fonte: http://www.blococeramica.com.br/?id=blocos_ceramicos_e_canaletas

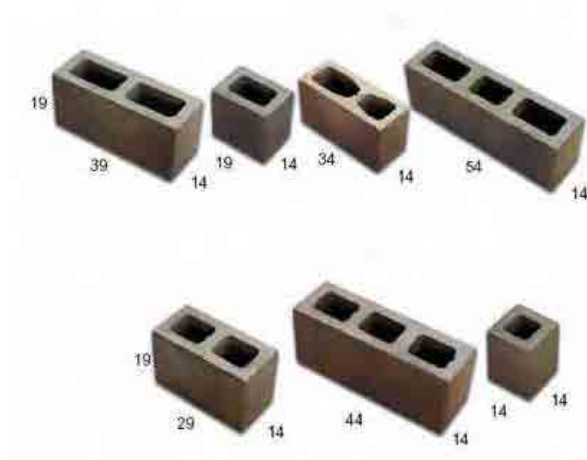


Figura 37 - Tipos de bloco estrutural de concreto

Fonte: http://www.fazfacil.com.br/reforma_construcao/paredes_blocos_3.html



Figura 38 - Bloco (canaleta) estrutural Silico-calcáreo

Fonte: <http://www.lojajccampos.com/products/bloco-de-siuco-calcario/>

Além da classificação quanto ao tipo, pode-se também classificar quanto a forma maciça ou vazada, sendo as maciças denominadas por tijolos e as vazadas por blocos e que

contenha, segundo definição 3.1 da NBR 6136, uma área líquida de no máximo 75% da área bruta.



Figura 39 - Bloco maciço de concreto

Fonte: <http://concreartecaxias.net/page8.php?view=preview&image=1&category=0>



Figura 40 - Tijolo Maciço

Fonte: <http://tijoloecologicoautentico.blogspot.com/2010/06/tijolos-macicos-de-solo-cimento.html>

Também a NBR 6136 também determina os limites característicos de resistência à compressão para os blocos e seus usos, como:

$f_{bk} \geq 6$ MPa: blocos em paredes externas sem revestimento;

$f_{bk} \geq 4,5$ MPa: blocos em paredes internas ou externas com revestimento.

Usualmente, usa-se apenas blocos de concreto com resistência característica de no mínimo 4,5 MPa.

3.5.2 Argamassa

A argamassa de assentamento é composta por cimento, areia, cal e água.

Tem a função de solidarização e uniformização das tensões dos blocos, absorção de pequenas deformações e prevenção da entrada de água e vento por através da alvenaria.

Forma, assim, entre os blocos uma junta, ou cordão, de argamassa endurecida, intercalada e aderente aos blocos ou tijolos, garantindo um conjunto monolítico.

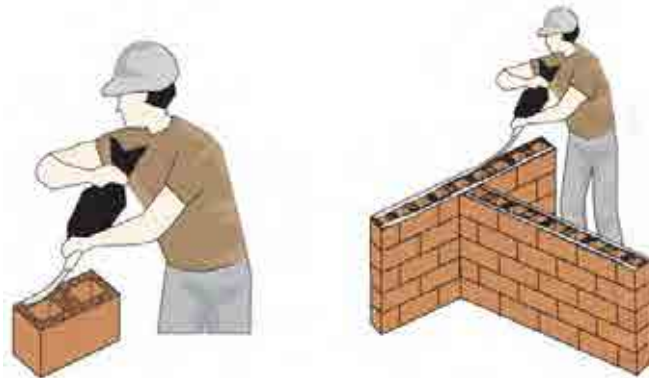


Figura 41 - Aplicação de argamassa de assentamento, com bisnaga de napa
Fonte: http://www.selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_24.html

3.5.3 Groute

Utilizado, geralmente, para o preenchimento de vazios estruturais nos blocos, o grout, é um concreto composto por agregados de dimensões abaixo dos agregados dos concretos convencionais. Por isso, sua consistência fluida tem a capacidade de promover a adesão entre a armadura interna e bloco estrutural e ainda assim ter a função de absorver, em conjunto com os outros dois elementos, as solicitações de cargas, tornando real a condição de alvenaria estrutural, ou mesmo, de paredes portantes.

A NBR 10837 pede que o groute possua resistência característica à compressão maior ou igual a duas vezes a própria resistência característica do bloco.

3.5.4 Armadura

A armadura é a mesma utilizada comumente nas estruturas de concreto e, como dito acima, é envolta, para o caso de alvenaria estrutural, sempre pelo groute, que por ser um concreto, trabalham em perfeita harmonia.



Figura 42 - Aplicação de groute

Fonte:

http://www.usinafortaleza.com.br/produto/detalhes/30/argamassas_para_ancoragem/grout_fort



Figura 43 - Alvenaria estrutural já com o groute aplicado

Fonte: <http://festaviva.uol.com.br/escc/Edicoes/37/imprime100845.asp>

3.5.5 Mão de Obra

O sistema construtivo de alvenaria estrutural é um sistema basicamente artesanal e, desta maneira, a mão de obra envolvida em sua execução é uma condicionante para a qualidade final.

Durante a execução das paredes portantes, os cuidados que, comumente, se toma na execução de paredes convencionais (vedação) são os mesmos, mas as tolerâncias admitidas para tal são ainda menores.

De todos os fatores relacionados à execução de alvenaria estrutural, os principais são o controle do traço de argamassa, a espessura das juntas, o assentamento e o prumo.

O controle do traço da argamassa serve para manter o traço da argamassa de assentamento durante todo o processo para uma maior homogeneidade da estrutura ou para respeitar especificações de projeto diante de certas variações.

As juntas, principalmente as horizontais, devem ser mantidas o mais uniforme possível, para manter a homogeneidade da estrutura e dar a adesão necessária entre os blocos.

Elas não podem ser muito espessas, pois a argamassa em si tem função de unificar os blocos e não de resistência.

Desta maneira, uma grande espessura pode ocasionar em um “elo” fraco em meio a parede portante.

Também não podem ser muito finas, pois não trariam a adesão necessária, possibilitando o aparecimento de fissuras devido ao movimento relativo entre os blocos.

Para o assentamento é importante que se tome certos cuidados, para se evitar abalos ou perturbações logo após sua efetuação, pois tal resulta no enfraquecimento da adesão entre o bloco e a argamassa.

Por fim, o prumo das paredes deve ser garantido, pois seguidas paredes em desaprumo resultam em solicitações não previstas em projeto devido à excentricidades geradas pelo acúmulo destes.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 A obra

A obra, objeto deste estudo, é o residencial Portal das Rosas que foi construída em parede de concreto e faz parte do programa “Minha casa, minha vida”.

A obra é constituída de sete torres com cinco pavimentos, cada um com quatro apartamentos por andar. Os apartamentos possuem entre 40 m² e 94 m². Todas as dependências da obra foram construídas em parede de concreto, inclusive o salão de festas, a guarita e os centros de medição.

A obra fica localizada na cidade de Osasco, próximo a Rodovia Raposo Tavares e foi iniciada em novembro de 2010 e concluída em julho de 2011.

Para fazer uma comparação mais próxima da realidade, usou-se a planta do pavimento tipo da obra Portal das Rosas em parede concreto e a simulação em alvenaria estrutural.

Para simplificar os cálculos é considerado apenas o valor da estrutura já que os demais serviços de acabamento são iguais nos dois métodos.

Os valores dos custos de material e mão-de-obra são os mesmos pagos pela Construtora Tenda para os respectivos serviços. Por motivos de política de divulgação de informações da Construtora Tenda, os nomes dos fornecedores que praticam esses valores no mercado não são revelados.

São necessários aproximadamente 60 m³ de concreto para concretar cada pavimento.

A concretagem é feita em duas etapas finalizando um pavimento a cada dois dias.

A equipe de montagem e armação da forma é composta por 33 homens divididos entre armadores e montadores.

Não há distinção salarial entre os funcionários da equipe de forma. O custo por torre da forma foi calculado através do rateio do valor total do jogo de forma pelo número de reuso, foi dividido o valor total da forma por mil (número de usos da forma) e multiplicado pela quantidade de concretagens necessária para concluir a torre (13 vezes).

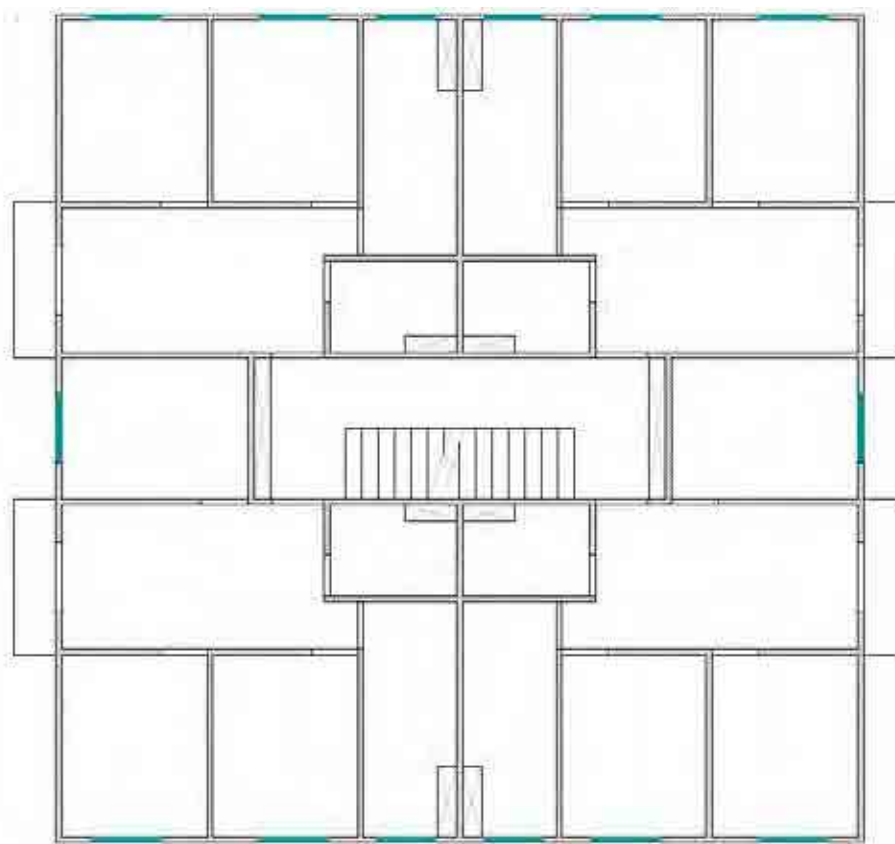


Figura 44 - Planta da Forma do pavimento tipo
Fonte: Autor

Baseado na forma do pavimento tipo modelou-se a mesma planta utilizando-se alvenaria estrutural. Os detalhes dos encontros da parede foram feitos com base em projetos já existentes de alvenaria estrutural. Com base na planta de alvenaria estrutural é feito o levantamento de quantidades e o valor da estrutura por torre.

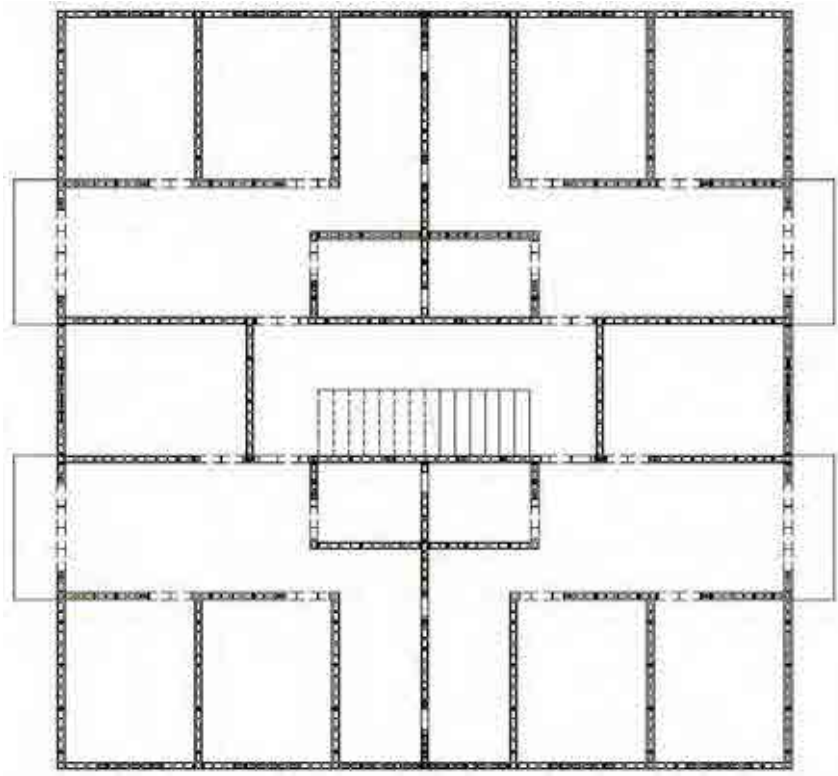


Figura 45 - Planta do pavimento tipo em alvenaria estrutural
Fonte: Autor

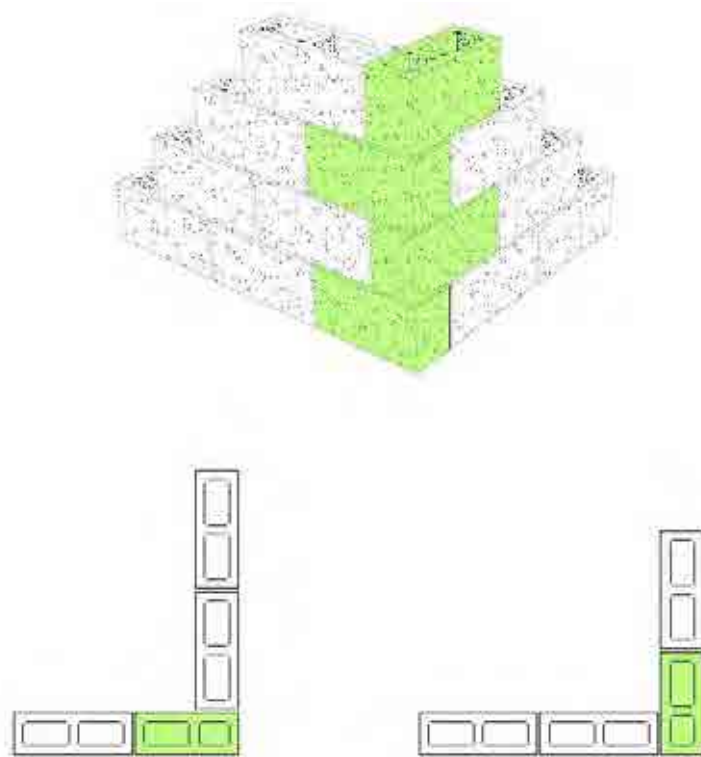


Figura 46 - Detalhe dos cantos
Fonte: Autor

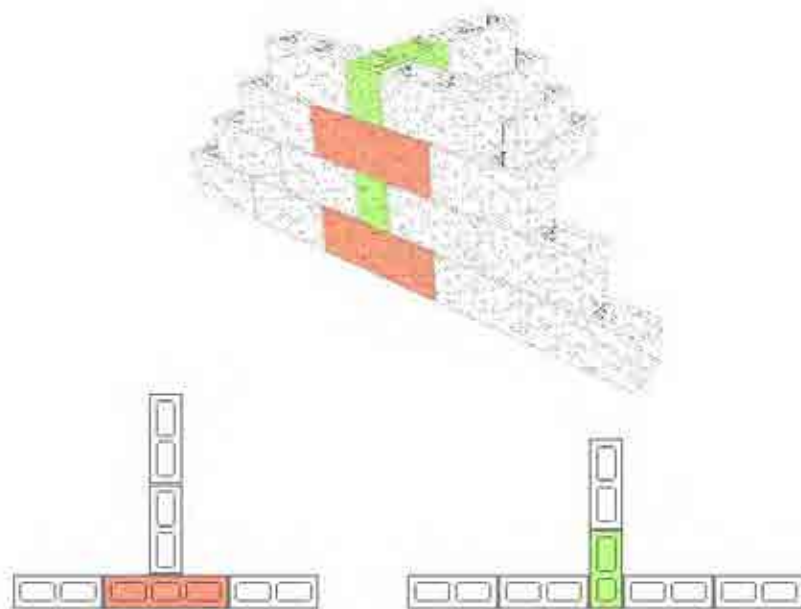


Figura 47 - Detalhe dos encontros
Fonte: Autor

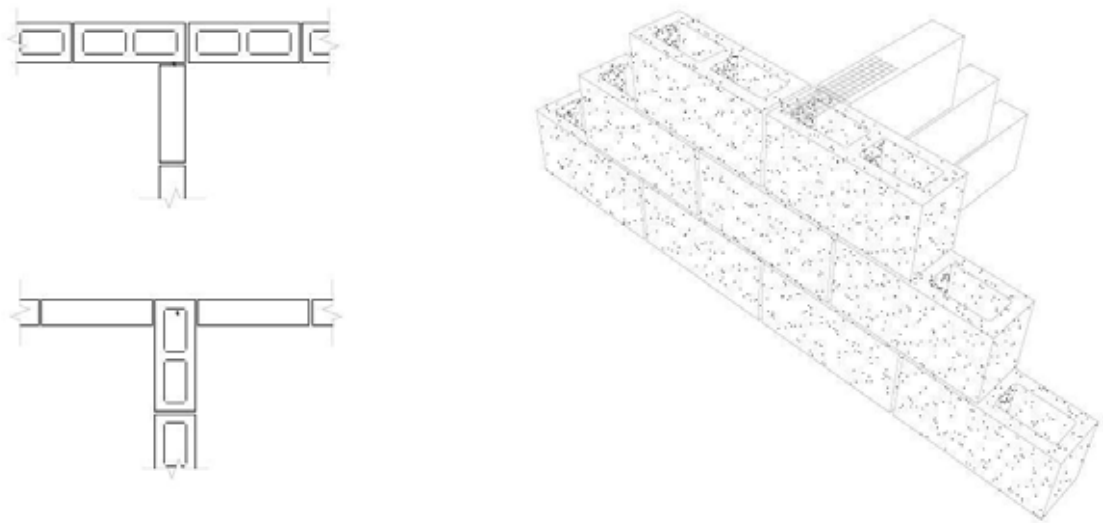


Figura 48 - Detalhe da ligação das paredes
Fonte: Autor

4.2 Comparação de custos

Com os dados apresentados no item 4.1, parte-se para a comparação de custos dos dois sistemas, Parede de Concreto e Alvenaria Estrutural. É importante reafirmar que tal comparação é feita apenas para a execução das paredes autoportantes e lajes, pois os demais serviços, para ambos os casos, podem ser considerados de mesmo valor.

Na obra Portal das Rosas a equipe de montagem da forma possuía trinta e três homens que realizavam uma torre a cada treze dias, ou seja, uma média de duas torres por mês.

De acordo com dados obtidos da obra Parque Ipê também da construtora Tenda, que possui a tipologia semelhante a do Portal das Rosas, são necessários 12 homens para finalizar a estrutura e emboço da torre em aproximadamente dois meses.

Todos os valores e quantidades de materiais foram obtidos diretamente das obras. A seguir são apresentados os custos das estruturas nas tabelas dos dois métodos discutidos no presente trabalho (Tabela 2, Tabela 3).

Tabela 2 - Custos Alvenaria Estrutural

SUPRA ESTRUTURA	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total (R\$)
Lajes maciças				
Forma de Madeirit plastificado 14 mm	m²	916,78	29,52	27.063,23
Aço CA-50 6,3mm Corte e dobra - consumo de 5,25 kg/m²	kg	2750,33	5,16	14.191,69
Concreto estrutural dosado em central - traço bombeável f _{ck} =25MPa	m³	128,60	292,26	37.584,64
Bombeamento de concreto - mínimo 30 m³	m³	128,60	37,45	4.816,07
Escoramento metálico misto padrão ETENAS	m²	916,78	10,35	9.488,63
Acabamento super nível zero (lajes moldadas in loco)	m²	916,78	6,50	5.959,04
			total do item	99.103,30
AVENARIA DE VEDAÇÃO	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total (R\$)
Bloco de concreto de vedação				
14X19X39	m²	1.623,43	31,80	51.625,16
MDO alvenaria de blocos de concreto	m²	2.029,29	16,00	32.468,65
Aço alvenaria estrutural				
Aço CA-50 8,0mm Corte e dobra - CONSUMO DE 1,40 kg/m² DE ALVENARIA	kg	1.217,57	4,81	5.856,53
Concreto / Graute				
Micro concreto rodado na obra - Graute - Fck=20MPa	m³	16,23	353,65	5.741,27
			total do item	95.691,61

Tabela 3 - Custos Alvenaria Estrutural

REVESTIMENTO	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total (R\$)
Chapisco (Paredes)	m²	107,18	3,42	366,56
Emboço (Paredes)	m²	107,18	12,55	1.345,11
Chapisco (Externo)	m²	1.273,16	4,25	5.410,93
Emboço (Externo)	m²	1.273,16	16,52	21.032,61
			total do item	28.155,21
Custo da estrutura				R\$ 222.950,12

Tabela 4 - Custo Parede de Concreto

ESTRUTURA DE CONCRETO	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total(R\$)
ESTRUTURA DE CONCRETO - Laje Convencional				
Concreto fck 25 Mpa - slump 8 + 1	m³	128,60	285,00	36.650,47
ESTRUTURA DE CONCRETO - Parede de Concreto				
Concreto fck 25 com fibra - slump 20+-3 - PAREDE	m³	207,62	285,00	59.171,12
TAXA DE BOMBEAMENTO	m³			
Taxa de Bomba		336,22	31,50	10.590,81
ACESSÓRIOS				
Espaçador de PVC para apoio das ferragens	Unid.	4,76	50,00	237,89
LAJE ACABADA - LAJE ZERO				
Acabamento de Laje Nível Zero - Mão de obra empreitada (sobre solo)	m²	916,78	6,00	5.500,68
			total do item	112.150,96
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO GLOBAL				
Mão de Obra Verticalizada (Paredes de Concreto)	m³	317,19	268,51	85.166,33
			total do item	85.166,33

Tabela 5 - Custo Parede de Concreto

ARMAÇÃO	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total (R\$)
AÇO - PAREDE DE CONCRETO				
Aço CA50 ø 8,0 mm	kg	1.310,30	3,60	4.712,17
Aço CA50 ø 10,0 mm	kg	851,70	3,34	2.848,28
Aço CA50 ø 12,5 mm	kg	1.212,03	3,02	3.665,17
Aço CA50 ø 16,0 mm	kg	786,18	2,89	2.269,27
Aço CA50 ø 20,0 mm	kg	786,18	2,89	2.269,27
Aço CA50 ø 25,0 mm	kg	786,18	2,89	2.269,27
Aço CA50 ø 32,0 mm	kg	786,18	2,89	2.269,27
Tela Q 92	kg	32,76	3,20	104,77
AÇO - LAJE				
Aço CA50 ø 8,0 mm	kg	970,04	3,60	3.488,51
Aço CA50 ø 10,0 mm	kg	630,53	3,34	2.108,64
Aço CA50 ø 12,5 mm	kg	897,29	3,02	2.713,40
Aço CA50 ø 16,0 mm	kg	582,02	2,89	1.679,98
Aço CA50 ø 20,0 mm	kg	582,02	2,89	1.679,98
Aço CA50 ø 25,0 mm	kg	582,02	2,89	1.679,98
Aço CA50 ø 32,0 mm	kg	582,02	2,89	1.679,98
Tela Q 92	kg	240,25	3,20	77,56
			Total do item	35.515,50

Tabela 6 - Custo Parede de Concreto

FORMA	Unid.	Qtde.	Preço unit (R\$)	Total (R\$)
FORMA METÁLICA - FORSA (RATEIO)	m ²		total do item	14.675,83
Forma metálica - paredes + lajes	Unid.	1,00	10.268,33	10.268,33
Luva para corbata	Unid.	9.577,76	0,07	670,44
Desmoldante para forma	Unid.	511,43	5,84	2.987,06
ESCORAMENTO METÁLICO Parede de Concreto				
Escoramento Metálico (250 escoras) - 4PP	m ²	3.750,00	0,20	750,00
			total do item	14.675,83
			Custo estrutura	247.508,63
			Custo estrutura (/m ²)	66,00

A tabela 4 tem apresenta todos os custos relacionados a Parede de Concreto, mostrando tanto os materiais e mão de obra, item a item, como respectivos valores unitários.

Um importante item dentro dos materiais relacionados a este sistema são os aços com bitolas grandes (20, 25 e 32 mm), ao levar-se em conta que a armação dos painéis autoportantes é feita apenas com telas de com espessuras abaixo destas. Estes vergalhões tem duplo papel. De acordo com o projeto de armação eles possuem a função estrutural de reforço de canto, considerando a movimentação relativa dos painéis e também fazem o papel construtivo, pois para obter-se firmeza nas telas quem compõe os painéis é necessário a existência espécie de “haste”.

Estas “hastes” são executadas de maneira contínua desde a fundação, possibilitando o aparecimento de uma terceira função para elas, a de para-raios.

4.3 Análise dos dados

Analisando apenas os valores totais da estrutura nos dois métodos, o sistema de alvenaria estrutural mostrou-se com um valor 10% mais baixo do que o sistema de parede de concreto.

Os dois sistemas tiveram porcentagem de mão-de-obra em relação ao custo total bem próximos, 37% na parede de concreto e 38% na alvenaria estrutural.

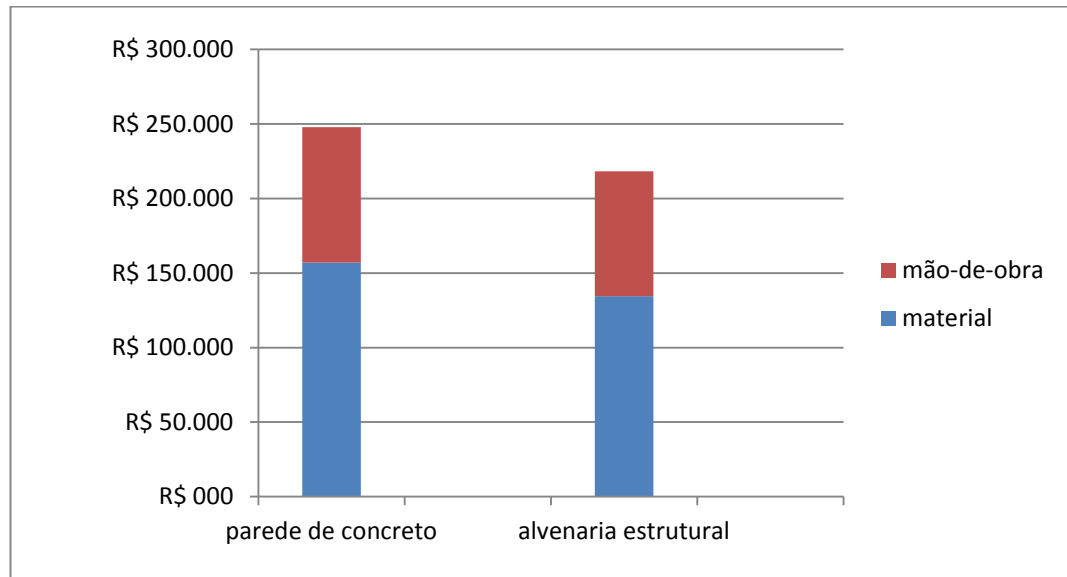


Gráfico 1 - Comparativo de custos entre os dois métodos

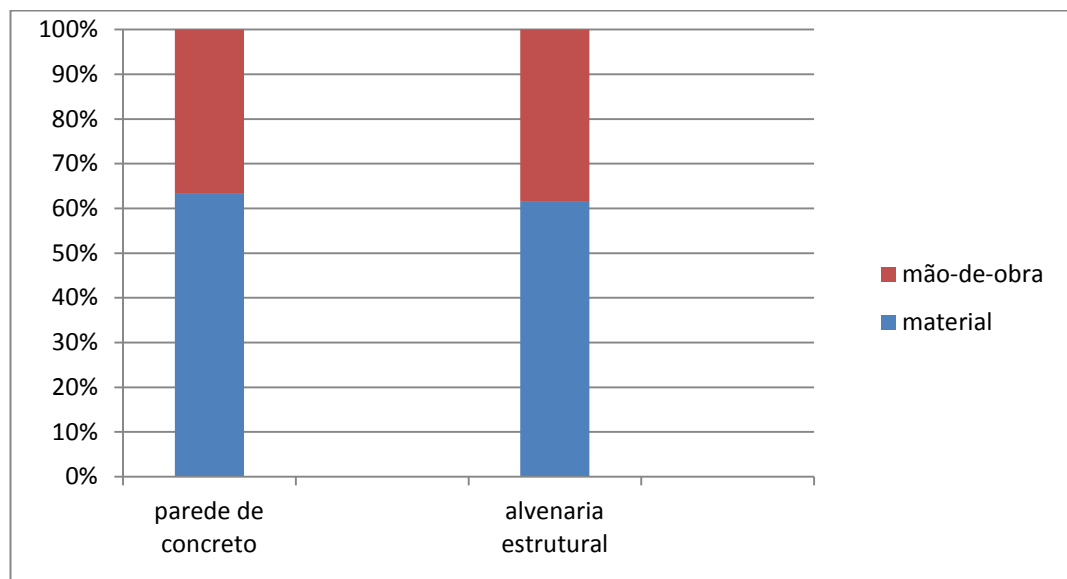


Gráfico 2 - Porcentagem de mão-de-obra nos dois métodos

Mesmo o sistema de alvenaria estrutural possuindo um custo total mais baixo que o custo do sistema parede de concreto, deve-se levar em conta o fator tempo.

Enquanto no sistema de alvenaria estrutural leva-se aproximadamente dois meses para se fazer a estrutura com emboço, no sistema de parede de concreto o tempo necessário é de 13 dias.

Logo o fator produtividade deve ser considerado.

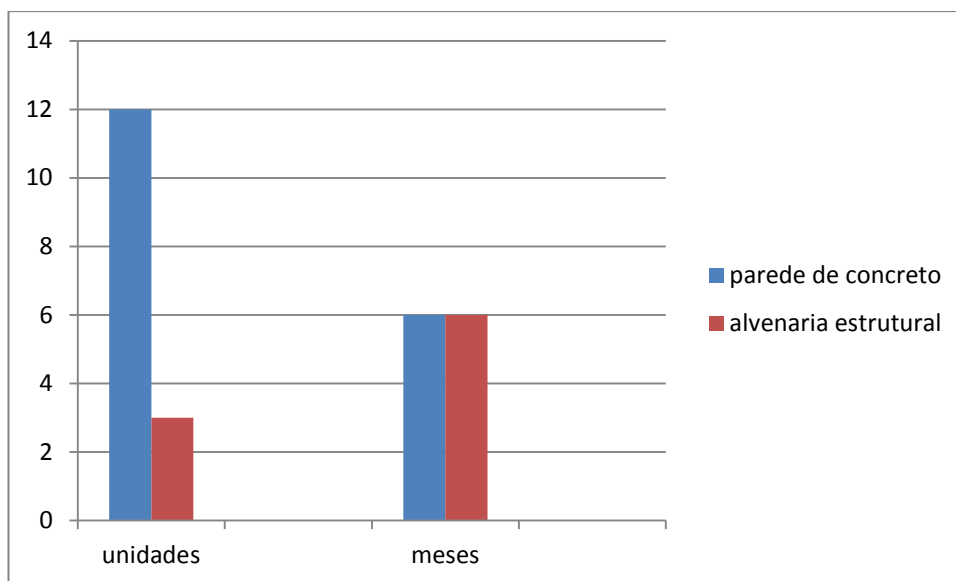


Gráfico 3 - Produção de unidades por semestre

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentadas vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos alvenaria estrutural e parede concreto.

Ficou comprovado que o sistema de parede de concreto se torna mais rentável quando são construídos unidades em escala, já que há a necessidade de se amortizar o custo da forma, além disso o tempo de construção se reduz em quase um terço, o que faz com que mais unidades sejam construídas em menos tempo.

Essas características tornam o sistema ideal para construção de unidades que se encaixam no programa do governo federal “Minha casa, minha vida”.

Por se tratar de um sistema pouco utilizado no Brasil houve grande dificuldade em encontrar literaturas que abordassem o tema. Porém com as informações obtidas diretamente de uma obra que utiliza o sistema pode-se alcançar resultados satisfatórios.

6 BIBLIOGRAFIA

ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland, 2010. Disponível em <http://www.abcp.org.br/conteudo/quem_somos/apresentacao/associacao-brasileira-de-cimento-portland> acesso em: 20 de julho 2011.

ABCP. Coletânea de ativos – Parede de concreto, 2007/2008.

CAVALHEIRO O. P., ALVENARIA ESTRUTURAL. Tão antiga e tão atual. Disponível em <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/cavalheiro1.pdf>> acesso em: 3 set. 2011.

D'AMBROSIO D. Sistema industrial chega à construção, 17 ago. 2009. Disponível em <<http://www.meujornal.com.br/para/jornal/materias/integra.aspx?id=991006>> acesso em: 2 ago. 2011.

JUSTUS P. Construção de casa entra na fôrma, O Estado de São Paulo, São Paulo, 17 ago. 2009. Disponível em <<http://www.solucoesparacidades.com.br/habitacao/construcao-de-casa-entra-na-forma>> acesso em: 2 ago. 2011.

MINHACASAMINHAVIDA. O programa, 2011. Disponível em <<http://www.minhacasaminhavid.gov.br>> acesso em: 5 maio 2011.

MISURELLI H.; MASSUDA C. Como construir parede de concreto. Revista Técnica, e. 147, p. 74-80, jun. 2009.

PINI. Parede de concreto X Alvenaria de blocos cerâmicos, 2009. Disponível em <<http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/108/parede-de-concreto-x-alvenaria-de-blocos-ceramicos-industrializacao177432-1.asp>> acesso em: 4 out. 2011.

TOP. ET.001. Parede e lajes de concreto armado em formas de alumínio, 2011.