



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CONSTRUÇÃO CIVIL

Dissertação de Pós Graduação

A VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL NA
PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS.

Autor: Patrícia Gerolde Falcao
Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes

Janeiro/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL

“A VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS.”

Patrícia Gerolde Falcão

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de “Especialista em Avaliações e Perícias na Construção Civil”.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Abdias Magalhães Gomes
DEMC/UFMG – (Orientador)

Belo Horizonte, 31 de Janeiro de 2010

Patrícia Gerolde Falcao

“A VIABILIDADE DA ALVENARIA ESTRUTURAL NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS.”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Área de Concentração: Materiais de Construção Civil

Orientador: Prof. Abdias Magalhães Gomes

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2010

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido em um momento muito especial da minha vida, uma fase de grandes transformações e amadurecimento, e a conclusão dessa dissertação só foi possível com o apoio e incentivo de pessoas especiais como meu marido, mãe e sogra, a elas o meu sincero agradecimento e carinho, através delas tive a tranquilidade e calma necessária para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

Questiona-se a viabilidade econômica do processo construtivo em alvenaria estrutural em relação ao processo construtivo em concreto armado. Este trabalho de pesquisa teve o objetivo de comparar o custo da construção de dois prédios. Os dois prédios são de quatro pavimentos, com quatro apartamentos por andar e cada apartamento com área aproximada de 53 m². Um prédio construído no processo construtivo em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos e o outro com o processo construtivo em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos. A metodologia adotada foi aplicada em um estudo de caso de empreendimentos localizados na cidade de Guarulhos, SP. Obtiveram-se os dados da pesquisa por meio planilhas apuradas nas duas obras executadas nos processos construtivos estudados. No estudo de caso, avaliaram-se somente os custos diretos envolvidos no processo, tal como o custo dos materiais, equipamentos e mão-de-obra. O custo dos materiais e equipamentos utilizados nas obras foi obtido a partir do custo apurados na segunda quinzena de Outubro de 2008. O custo da mão-de-obra foi avaliado por meio da quantidade de horas e dos operários em obra. Conclui-se que o processo em alvenaria em blocos cerâmicos apresentou melhores resultados com relação à economia, sendo o processo em concreto armado o mais desfavorável.

ABSTRACT

The work deals with the economic feasibility of the constructive process in structural masonry comparing with reinforced concrete buildings. The investigation was carried out on two types of building, all of them with the same architectural plan. The buildings were four storeys high with four apartments per floor, each apartment measured approximately 53 m². One of the buildings was on reinforced concrete structure and other on structural masonry. The methodology adopted was applied in a study of case of enterprises located in the city of Guarulhos, SP. Were obtained data from the search through spreadsheets found in the two works executed in constructive processes studied. The costs evaluated were those regarding to building material, equipment and labor. The cost of materials and equipment used in the works, were obtained from the cost recorded in the second half of October 2008. The cost of labor was evaluated by the number of hours and workers at work. It follows that the process in masonry blocks in ceramic showed better, results with regard to economy, a process in reinforced concrete the worst.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	04
RESUMO.....	05
ABSTRACT.....	06
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE FOTOS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE QUADROS.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 CONCRETO ARMADO.....	17
2.1.1 Histórico.....	18
2.1.2 Histórico no Brasil.....	20
2.1.3 Principais Vantagens.....	21
2.1.4 Principais desvantagens.....	22
2.1.5 Fundações.....	22
2.1.5.1 Escolha do tipo de fundações.....	23
2.1.5.2 Fundação superficial.....	25
2.1.5.3 Fundação Profunda.....	26
2.1.5.4 Estacas.....	26
2.1.6 O Concreto.....	28
2.1.6.1 Agregado.....	29
2.1.6.2 Cimento Portland.....	31
2.1.7 Armaduras.....	32
2.1.8 Alvenaria de Vedação.....	33
2.1.8.1 Blocos Cerâmicos.....	33
2.1.8.2 Blocos de Concreto.....	36
2.1.8.3 Argamassa.....	36

2.2	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	37
2.2.1	Histórico.....	37
2.2.2	Histórico no Brasil.....	38
2.2.3	Principais Vantagens.....	39
2.2.4	Principais desvantagens.....	40
2.2.5	Racionalização.....	40
2.2.6	Fundação para alvenaria estrutural.....	41
2.2.7	Unidades da Alvenaria estrutural.....	45
2.2.7.1	Blocos estruturais de concreto.....	45
2.2.7.2	Material.....	45
2.2.7.3	Dimensões.....	45
2.2.7.4	Resistência.....	47
2.2.8	Blocos estruturais cerâmicos.....	48
2.2.8.1	Material.....	48
2.2.8.2	Dimensões.....	48
2.2.8.3	Resistência.....	50
2.2.9	Argamassa de Assentamento.....	52
2.2.9.1	Definição.....	52
2.2.9.2	Características.....	52
2.2.9.2.1	Trabalhabilidade.....	52
2.2.9.2.2	Espessura da junta.....	53
2.2.9.2.3	Resistência a compressão.....	54
2.2.9.3	Graute.....	55
2.2.10	Armadura.....	56
2.2.11	Modulação.....	57
2.2.11.1	Modulação horizontal.....	57
2.2.11.2	Modulação Vertical.....	58
2.2.12	Instalações elétricas.....	59
2.2.13	Instalações Hidráulicas.....	59

3.	ESTUDO DE CASO.....	60
3.1	Procedimentos.....	60
3.2	Levantamento de Dados.....	62
3.2.1	Fundações.....	62
3.2.1.1	Estacas.....	62
3.2.1.2	Baldrames.....	64
3.2.2	Estrutura.....	67
3.2.2.1	Estrutura da Obra ALVEST.....	67
3.2.2.2	Estrutura da Obra CONARM.....	70
3.2.3	Lajes e Escadas.....	73
3.2.4	Revestimento Interno.....	74
3.2.5	Materiais e serviços não quantificados.....	74
3.3	Avaliação dos dados obtidos.....	75
3.3.1	Análise Final dos Dados.....	75
3.4	Tempo de Execução das Obras.....	76
4.	CONCLUSÃO.....	77
	BIBLIOGRAFIA.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bloco de coroamento.....	27
Figura 2 – Parede em alvenaria estrutural.....	42
Figura 3 - Distribuição das cargas numa parede de alvenaria estrutural.....	43
Figura 4 - O tipo de juntas.....	54
Figura 5 - Exemplo d modulação horizontal.....	58
Figura 6 - Exemplo de modulação vertical.....	58
Figura 7 - Utilização de um shaft p/ passagem dos dutos em dois banheiros..	60

LISTA DE FOTOS

Foto 1- Cúpula do Panteão de Roma.....	20
Foto 2- Macroestrutura do concreto.....	28
Foto 3- Barras de aço.....	33
Foto 4- Fios de aço.....	33
Foto 5- Muralha da China.....	37
Foto 6- Brocas para sapata corrida.....	43
Foto 7- Radier.....	44
Foto 8- Aplicação da argamassa.....	53
Foto 9- Aplicação do graute.....	56
Foto 10- Perfuração hélice contínua.....	63
Foto 11- Parte da alvenaria executada.....	67
Foto 12- Parte da alvenaria estrutural executada em ponto de laje.....	68
Foto 13- Edifício em concreto armado.....	70
Foto 14- Escada fundida no local.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resistência média à compressão de rochas ígneas brasileiras utilizada normalmente como agregado para concreto.....	30
Tabela 2: Resistência média à compressão de rochas norte-americanas utilizada normalmente como agregado para concreto.....	30
Tabela 3: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação.....	35
Tabela 4: Dimensões nominais dos blocos de concreto.....	36
Tabela 5: Dimensões padronizadas.....	46
Tabela 6: Espessura mínima das paredes dos blocos.....	46
Tabela 7: Requisitos para fbk,est – Valores mínimos.....	47
Tabela 8: Dimensões nominais de blocos de vedação.....	49
Tabela 9: Resistência à compressão.....	50
Tabela 10: Valores da eficiência parede-bloco.....	51
Tabela 11: Peso da estrutura em função da área construída.....	62
Tabela 12: Custo de perfuração das estacas hélice-contínua.....	63
Tabela 13: Custo do concreto utilizado nas estacas.....	64
Tabela 14: Custo da ferragem montada utilizada nas estacas.....	64
Tabela 15: Custo total das estacas.....	64
Tabela 16: Custo da sapata corrida da obra ALVEST.....	65
Tabela 17: Custo do baldrame e sapatas da obra CONARM.....	66
Tabela 18: Custo total da fundação.....	67
Tabela 19: Custo total da alvenaria estrutural.....	69
Tabela 20: Custo da alvenaria de vedação.....	71
Tabela 21: Custo dos pilares e vigas.....	72
Tabela 22: Revestimento interno ALVEST.....	74
Tabela 23: Revestimento interno CONARM.....	74
Tabela 24: Totalização dos valores apurados.....	75
Tabela 25: Custo total das duas obras.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens do concreto armado.....	21
Quadro 2 – Vantagens da alvenaria estrutural.....	39
Quadro 3 – Desvantagens da alvenaria estrutural.....	40

1 INTRODUÇÃO

Os antigos utilizavam muito a pedra como material de construção, seja para edificar suas moradias, seja para construir fortificações, para vencer vãos de rios, seja para construir templos onde se recolhiam para tentar buscar o apoio de seus deuses. Uma coisa ficou clara: a pedra era ótima material de construção, era durável e resistia bem aos esforços de compressão, quando usava como pilares.(BOTELHO, 2008, p. 7).

Antigamente a pedra era usada como viga para vencer vãos de médio porte, a pedra se rompia. Por causa disso, eram limitados os vãos que se podiam vencer com vigas de pedra. Para vencer grandes vãos, os antigos eram obrigados a usar múltiplos arcos. Vê-se que essas eram limitações da construção em pedra.

Quando o homem passou a usar o concreto (que é uma pedra artificial através de ligação pelo cimento, de pedra, areia e água), a limitação era a mesma. Em média, o concreto resiste à compressão dez vezes mais que à tração, com esses dados veio à idéia de usar uma mistura de material bom para compressão na parte comprimida e um bom para tração na parte tracionada. Essa é a idéia do concreto armado. Na parte tracionada do concreto, mergulha-se aço (que resiste bem a tração) e, na parte comprimida, deixa-se só concreto. Assim temos a idéia do concreto armado.

O sistema construtivo em concreto armado é, certamente, o mais empregado no Brasil.

Utilizando barras de aço, armaduras, inseridas no concreto moldado “in loco”, em formas de madeira, tal sistema permite a obtenção de estruturas aptas a resistir a qualquer tipo de carga.

Para isso, no entanto, é necessário que elas sejam convenientemente calculadas por Engenheiro; especialistas que elaborarão o projeto estrutural. Nesse processo serão definidas, em função das cargas a que estará

submetido o edifício, entre outras, as dimensões de pilares, vigas e lajes, bem como as correspondentes armaduras como o concreto a ser utilizado.

Quanto à alvenaria estrutural inicialmente, deve-se ressaltar que a utilização deste método, para os edifícios residenciais, parte de uma concepção bastante interessante que é de transformar a alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura. Dessa forma, pode-se evitar a necessidade da existência dos pilares e vigas que dão suporte a uma estrutura convencional.

Por definição, alvenaria é toda obra constituída de elementos como pedras naturais, tijolos ou blocos de concreto, ligados ou não por argamassas. O termo alvenaria vem de alvenel ou alvanel, que significa pedreiro de alvenaria. Em suas formas primitivas a alvenaria foi constituída tipicamente com tijolos de barro de baixa resistência ou de pedra, sendo o projeto baseado em métodos empíricos.

Quando se fala em alvenaria geralmente se pensa em paredes, mas a alvenaria também é usada em blocos de fundação, muros de arrimo e colunas, sem falar de obras estruturais como arcos e abóbadas, como se utilizava na antiguidade, ou seja, antes do concreto armado.

Muitas igrejas foram construídas com alvenaria estrutural em arco estrutural e/ou arco botante e estão lá, firmes e fortes, há séculos. Isto porque a parede de alvenaria satisfaz plenamente as condições de resistência e durabilidade por si só, desde que utilizados de forma que as cargas sobre ela sejam só de compressão, sem flexão ou cisalhamento.

O processo construtivo em alvenaria estrutural foi introduzido no Brasil na década de 60, um edifício com quatro pavimentos. No início dos anos 80, foi muito utilizado em conjuntos habitacionais populares. Esse uso foi um dos fatores para denegrir este sistema construtivo inovador, ficando assim conhecido como um processo construtivo para baixa renda.

Algumas obras foram ao longo do tempo, derrubando a teoria de que este processo construtivo seja somente para obras populares. Já temos exemplos de edifícios com até 18 andares construídos, com o uso do sistema construtivo em alvenaria estrutural. Nesta obra, o sistema trouxe bastantes benefícios,

como redução de tempo de execução, diminuição nos custos e menor índice de desperdícios nos canteiros.

De acordo com Roman (1999, p.9) a resistência na adoção da alvenaria estrutural por profissionais e construtores reside, na maioria das vezes, no desconhecimento das técnicas construtivas próprias do sistema e no receio de abandonar as relacionadas ao concreto armado, já plenamente dominadas e universalmente aceitas.

A construção civil vive uma renovação nos processos construtivos, na busca de métodos mais racionalizados, propiciando maior rapidez, qualidade na execução, minimização absoluta de desperdícios, tendo assim uma redução de custos com aumento de produtividade. Um método que tem mostrado, grande potencial de racionalização dos materiais e mão de obra, é a construção de casas e edifícios em alvenaria estrutural.

Sempre que se fala de um novo sistema construtivo, é imprescindível que se discutam os aspectos técnicos envolvidos. Isso significa considerar, para cada um desses sistemas construtivos, as vantagens e desvantagens desse sistema. Para tanto, faz-se necessário uma abordagem das principais características da alvenaria estrutural, isoladamente falando, como também, desenvolver uma série de comparações com o processo convencional de produção de edifícios de concreto armado.

Dessa forma pretende-se situar a alvenaria estrutural em relação às estruturas convencionais de concreto armado, um sistema construtivo bastante disseminado e muito conhecido, facilitando-se assim o entendimento de algumas características, mas marcantes do sistema em análise.

A alvenaria estrutural tem a dupla função de servir de vedação e suporte para a edificação, o que é, em princípio, muito bom para a economia. Entretanto, a alvenaria neste caso, precisa ter sua resistência perfeitamente controlada, de forma a se garantir a segurança da edificação. Essa necessidade demanda a utilização de materiais mais caros e também uma execução mais cuidadosa, o que evidentemente aumenta o seu custo de produção em relação à alvenaria de vedação.

O objetivo geral deste trabalho é verificar se o processo construtivo de uma edificação em alvenaria estrutural, influencia no custo da construção. O objetivo específico é comparar com a edificação em estrutura de concreto armado.

Para tanto, na metodologia de pesquisa, será analisado a comparação de custos dois prédios semelhantes, com 4 apartamentos por andar e sendo cada um com área aproximada de 53 m². Um deles utilizando alvenaria estrutural executada com bloco cerâmico e outro com o processo construtivo em concreto armado e as paredes executadas em blocos cerâmicos de vedação.

2.1 CONCRETO ARMADO

Denomina-se concreto um material formado pela mistura de cimento, água, agregado graúdo (brita ou cascalho) e agregado miúdo (areia). O concreto fresco tem consistência plástica, podendo ser moldado, na forma e dimensões desejadas, colocando-se a massa no interior de fôrmas de madeira ou outro material adequado.

O concreto endurecido tem elevada resistência à compressão (da ordem de 20 a 50 MPa), porém sua resistência à tração é baixa (da ordem de 10% da resistência à compressão). Com essas características, o concreto pode ser utilizado, em substituição à alvenaria de pedra, em obras onde o material trabalha à compressão, a saber: muros de arrimo de peso, barragens de peso, arcos abóbadas etc. A resistência à tração do concreto, além de ser baixa, é pouco confiável. A secagem do concreto produz retração volumétrica, a qual, muitas vezes, provoca fissuras superficiais com maior ou menor penetração na massa do material. Nessas condições o concreto simples não pode ser empregado em peças solicitadas à tração.

Denomina-se concreto armado o material misto obtido pela colocação de barras de aço no interior do concreto. As armaduras são posicionadas, no interior da fôrma, antes do lançamento, nas mesmas, do concreto plástico. Este envolve as barras de aço, obtendo-se, após endurecimentos, uma peça de concreto armado. As armaduras são também utilizadas para absorver tensões de cisalhamento, provocados por esforços cortantes ou momentos de torção, podendo ainda auxiliar o concreto a resistir às tensões de compressão

O trabalho conjunto desses dois materiais diferentes (concreto e aço) é possível graças à feliz coincidência de duas propriedades físicas essenciais:

- os dois materiais oferecem grande aderência recíproca:
- seus coeficientes de dilatação são aproximadamente iguais.
- A aderência impede o escorregamento entre as armaduras e o concreto, e transmite esforços de um para outro material, sendo a propriedade fundamental para o trabalho conjunto dos mesmos.

Se o aço e o concreto tivessem coeficientes de dilatação muito diferentes, as variações de temperatura provocariam deslocamentos recíprocos entre os dois materiais, o que destruiria a aderência, tornando impossível o trabalho conjunto dos dois materiais.

2.1.1 Histórico

O concreto armado é um processo construtivo inventado na Europa em meados do século XIX. Ele consiste na combinação do concreto – uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a Antigüidade – com uma armadura de aço. A novidade está justamente na reunião da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos, e alcançar alturas extraordinárias, além o concreto, é um material plástico moldável, ao qual é possível impor os mais variados formatos.

Inicialmente empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas, a partir de fins do século XIX o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações. Junto com o aço e o vidro, ele constitui o repertório dos chamados “novos materiais” da arquitetura moderna, que são produzidos em escala industrial e viabilizam arranha-céus, pontes, silos, estações ferroviárias ou, em suma, aqueles novos objetos arquitetônicos característicos do cenário do mundo modernizado do século XX (BENEVOLO, 1976, p.42).

Contudo, em nenhum país desse mundo modernizado a tecnologia do concreto armado foi tão predominante quanto no Brasil. Ele é o material estrutural absolutamente hegemônico nas construções das cidades brasileiras, sejam elas formais ou informais.

Segundo Vasconcelos (1985, p. 11) o surgimento do concreto foi, é claro, condicionado à descoberta de um agente aglomerante cimentício. Dessa forma, pode-se considerar como o início do concreto o século II AC, quando surgiu o primeiro aglomerante conhecido. Era um tipo especial de areia vulcânica chamada ‘pozolana’, encontrada apenas na região sul da Itália, na baía de Nápoles, próximo a Pozzuoli, de onde o nome se originou. Foi bastante

usada pelos romanos em sua argamassa, dando origem a diversas construções, das quais a mais antiga de que se tem notícia é o Pórtico Amélia, construída em 193 AC.

A pozolana é na verdade uma 'areia' especial, que reage quimicamente com cal e água, para endurecer formando uma pedra artificial, resistente mesmo quando submersa. Esse material era usado com pedras de diferentes tamanhos, mantendo-as unidas e formando um tipo rudimentar de concreto (VASCONCELOS, 1985, p.11).

Este mesmo material foi usado em pontes, aquedutos e galerias de águas pluviais, mas na verdade guarda pouca semelhança com o concreto atual, e apesar de muito usado na região entre Roma e Nápoles, não é encontrado no norte da Itália nem em nenhum outro lugar do Império Romano. Não era plástico, e não poderia fluir nas fôrmas, tendo que ser construído em camadas, utilizando argamassa amassada à mão, juntamente com pedras de diversos tamanhos, e usando tijolos como fôrmas.

Para Vasconcelos (1985, p. 11), talvez o mais conhecido exemplo dessa técnica construtiva seja o Panteão (foto 1), estrutura datada do século II DC, onde o concreto ficava inteiramente coberto por tijolos. A compreensão do comportamento mecânico da estrutura já se fazia notar, principalmente na utilização de agregados de alta densidade nos níveis mais baixos, e de valores de densidade progressivamente menores nas paredes e cobertura, numa clara tentativa de reduzir o peso total da estrutura e melhorar o seu comportamento. O vão livre alcançado foi de 43,282m, valor significativo para a época. Entretanto, como a pozolana não era disponível no resto do mundo, a maioria das construções continuou utilizando alvenaria de pedra e tijolos ainda durante muitos séculos.

Foto 1. Cúpula do Panteão de Roma



fonte: Ibracon

De acordo com Mark (1993, pg. 16), nos tempos modernos, o concreto surgiu novamente no século XVIII, na França, onde François Cointereaux, um pedreiro de Lyon, quis fazer paredes à prova de fogo usando argamassa cimentícia combinada com terra batida. Mas foi só em 1824 que Joseph Aspdin, um pedreiro inglês, patenteou um cimento que foi chamado Portland, porque parecia uma pedra encontrada na ilha de Portland, que a utilização do concreto realmente se disseminou.

Inicialmente, o concreto tinha aplicação apenas industrial, não sendo tão bem aceito para outros tipos de utilização quanto o tijolo e a pedra (VASCONCELOS 1985, p. 12).

2.1.2 Histórico no Brasil

A história do concreto armado no Brasil começou em 1904, no Rio de Janeiro, com a construção de um conjunto de seis prédios pela Empresa de Construções Civas, sob responsabilidade do engenheiro Carlos Poma. À época, o material era denominado cimento armado.

Outro prédio pioneiro na utilização de concreto no País é a Estação Ferroviária de Mairinque. Não se trata de concreto armado, pois a estrutura é metálica, tendo sido executada com trilhos de trem. O concreto apenas reveste os perfis, protegendo contra corrosão. O engenheiro Arnaldo Forti Battagin, da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), conta que os primeiros prédios altos brasileiros foram construídos nas décadas de 1920 e 1930, sendo respectivamente, os edifícios A Noite, na região portuária do Rio de Janeiro, e o Martinelli, no Centro de São Paulo.

Segundo Isaia (1988, p. 12) até a década de 1950, o concreto não mudou muito. "Embora obras notáveis tenham surgido, o material em si não experimentou grandes inovações tecnológicas", afirma Battagin. Ele explica que, apesar do surgimento do reforço com fibras e do CCR (concreto compactado com rolo), as inovações mais significativas vieram com o CAD (concreto de alto desempenho), o concreto de alta resistência, o concreto com polímeros e, especialmente, o CAA (concreto auto-adensável).

2.1.3 Principais vantagens

Quadro 1: Vantagens do concreto armado.

- materiais econômicos e disponíveis com abundância no globo terrestre.
- grande facilidade de moldagem, permitindo adoção das mais variadas formas.
- emprego extensivo de mão-de-obra não qualificada e equipamentos simples.
- elevada resistência à ação do fogo.
- elevada resistência ao desgaste mecânico.
- grande estabilidade. Sob ação das intempéries, dispensando trabalho de manutenção.
- aumento de resistência à ruptura, com tempo.
- facilidade e economia na construção de estruturas contínuas, sem juntas.

2.1.4 Principais desvantagens

Segundo Leonhardt (1982, p. 12) uma das maiores desvantagens do concreto armado é a sua massa específica elevada (2,5t/m³). Em obras com grandes vãos, as solicitações de peso próprio se tornam excessivas, resultando numa limitação prática dos vãos das vigas em concreto armado a valores da ordem de 30m a 40m.

A utilização de agregados leves permite reduzir o peso do concreto em cerca de 40%, porém esses agregados não são geralmente disponíveis em condições competitivas, Além do peso próprio elevado, devemos citar a menor proteção térmica e também as reformas e demolições são trabalhosas e caras.

2.1.5 Fundações

A função da fundação é suportar com segurança as cargas provenientes do edifício. Convencionalmente, o projetista estrutural repassa ao projetista de fundação as cargas que serão transmitidas aos elementos de fundação. Confrontando essas informações com as características do solo onde será edificado, o projetista de fundações calcula o deslocamento desses elementos e compara com os recalques admissíveis da estrutura, ou seja, primeiro elabora-se o projeto estrutural e depois o projeto de fundação (ARAUJO 2004, p. 26).

Segundo Leonards (1962, p.525), as sapatas são o modo mais antigo de fundações. As sapatas isoladas, abordadas neste texto, surgiram durante a idade média, com o desenvolvimento da arquitetura gótica e, conseqüentemente, das colunas individuais. Nenhuma regra de projeto era seguida. A largura da sapata freqüentemente era determinada a partir da resistência do solo. Portanto, para solos mais resistentes, empregavam-se sapatas com áreas menores do que para solos de maior resistência. Raramente se associava o tamanho da sapata à ação que essa iria receber, e sim ao espaço disponível e à forma da coluna ou parede que ela suportava. Na ocorrência de falhas, alargavam-se as fundações afetadas. Os recalques de tais fundações com freqüência eram grandes.

Ainda de acordo com Leonards (1962, p.526), até meados do século XIX, muitas sapatas eram construídas de alvenaria. A evolução da arquitetura, com projetos cada vez mais arrojados trouxe os edifícios altos e de grande peso próprio, resultando, portanto, em difíceis casos de fundações, despertando maior interesse em projeto nessa área. As sapatas, para suportarem maiores ações, tornaram-se mais largas, profundas e, portanto, com maior peso próprio, contribuindo com uma grande parte do peso da estrutura.

Para Neville (1982, p.49), a solução encontrada para o problema do peso das fundações foi à construção de grelhas, construídas em camadas perpendiculares entre si, de madeira ou aço. As sapatas convencionais de alvenaria eram construídas sobre estas grelhas. Utilizadas primeiro em Chicago (EUA), no final do século XIX, essas grelhas, principalmente as de aço, representaram um importante avanço na diminuição de peso e profundidade das sapatas.

2.1.5.1 Escolha do tipo de fundações

A qualidade e o comportamento de uma fundação dependem de escolha, que melhor concilie os aspectos técnicos e econômicos de cada obra. Qualquer insucesso nessa escolha pode representar, além de outros inconvenientes, grandes custos de recuperação ou até mesmo o colapso da estrutura ou do solo.

O engenheiro de fundações, ao planejar e desenvolver o projeto precisa obter todas as informações possíveis, atinentes ao problema; estudar as diferentes soluções e variantes; analisar os processos construtivos; prever suas repercussões; estimar os custos e, então, decidir sobre as viabilidades técnica e econômica.

Segundo Alonso (1983, p. 29), os fatores que influenciam na escolha do tipo de fundação são analisados a seguir:

- Relativos à superestrutura

Precisam ser analisados aspectos como o tipo de material que compõe a superestruturas, por exemplo, concreto armado ou protendido, estrutura pré-fabricada, estrutura de madeira, metálica ou alvenaria estrutural; a função da edificação, edifício residencial, comercial, galpão industrial, ponte, silos; e as ações atuantes, como grandeza, natureza, posição e tipo.

- Propriedades mecânicas do solo

As investigações geotécnicas são primordiais e muito importantes para a definição do tipo de fundação mais adequado. Delas obtêm-se dados do solo, tais como: tipo de solo, granulometria, cor, posição das camadas, resistência, compressibilidade, etc.

- Posição e propriedades do nível de água

Dados a respeito do lençol freático são importantes para o estudo de um possível rebaixamento. Consideráveis variações do nível de água podem ocorrer por causa das chuvas. Um poço de reconhecimento muitas vezes é uma boa solução para observação dessas possíveis variações.

- Aspectos técnicos dos tipos de fundações

Muitas vezes surgem algumas limitações a certos tipos de fundações em função da resistência, equipamentos disponíveis, restrições técnicas, tais como: nível de água, matacões, camadas muito resistentes, efeitos na estrutura de prováveis recalques, etc.

- Edificações na vizinhança

Estudo da necessidade de proteção dos edifícios vizinhos, de acordo com o conhecimento do tipo e estado de conservação dos mesmos; como também a análise da tolerância aos ruídos e vibrações são indispensáveis.

- Custo

Depois da análise técnica é feito um estudo comparativo entre as alternativas tecnicamente indicadas. De acordo com as dificuldades técnicas que possam elevar os custos, o projeto arquitetônico poderá ser modificado. Um outro ponto relativo ao custo é o planejamento inicial e de construção, pois, algumas vezes, uma fundação mais cara, garante um retorno financeiro mais rápido do investimento.

- Limitações dos tipos de fundações existentes no mercado

Determinadas regiões optam pela utilização mais freqüente de alguns poucos tipos que se firmaram como mais convenientes localmente, o mercado torna-se limitado, sendo, portanto, necessária uma análise da viabilidade da utilização de um tipo de fundação tecnicamente indicada, mas não existente na região. A escolha de um tipo de fundação deve satisfazer aos critérios de segurança, tanto contra a ruptura (da estrutura ou do solo), como contra recalques incompatíveis com o tipo de estrutura.

Muitas vezes um único tipo impõe-se desde o início, e, então, a escolha é quase automática. Outras vezes, apesar de raras, mais de um tipo é igualmente possível e de igual custo.

Segundo Junior (1993, p. 14), as ações atuantes na edificação devem ser transmitidas à camada resistente do solo por meio dos elementos estruturais de fundação. Pode-se considerar dois grupos principais de fundações.

2.1.5.2 Fundação superficial (ou rasa ou direta)

Elemento de fundação em que a ação é transmitida predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e quando a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação.

Segundo Botelho (2008, p.413), se o solo, em profundidades próximas ao rés-do-chão é bastante resistente e nele pudermos apoiar a sapata, então teremos fundações rasas. Se, ao contrário, tivermos que apoiar em solos mais distantes e profundos, temos então as fundações profundas. As fundações em

estacas são exemplo de utilização de solos mais profundos. As sapatas que são, em essência, um alargamento da base do pilar, são exemplo de fundações não profundas, ou seja, fundação rasa.

Como a área de uma sapata é, muitas vezes, maior do que a área do pilar a tensão no solo usando-se sapatas é muito menor. A boa norma é escolher-se uma área de sapata, tal que a tensão no solo não ultrapasse a tensão admissível do solo, tensão essa fixada por um profissional especialista de fundações ou baseadas em experiência com solos semelhantes.

2.1.5.3 Fundação profunda:

Elemento de fundação que transmite as ações ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e no mínimo 3m, por intermédio de estacas.

2.1.5.4 Estacas

Segundo Fernandes (1997, p. 19), estacas são elementos estruturais esbeltos que colocados no solo por cravação ou perfuração do mesmo, tem a finalidade de receber cargas ou compactar o solo.

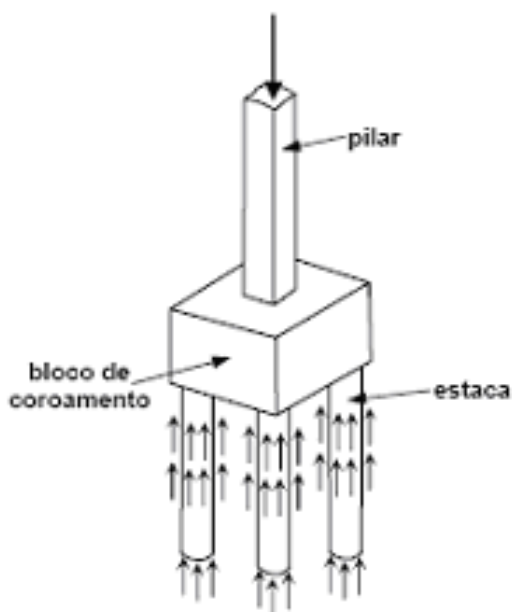
As estacas podem ser pré-moldadas ou moldadas in loco. As pré-moldadas podem ser de madeira, de aço, ou de concreto armado ou protendido e seu afundamento no solo se faz por percussão, por perfuração do solo, por aparafusamento ou por prensagem. As moldadas in loco podem ser de concreto armado ou concreto simples.

Ainda segundo Fernandes (1997, p. 19), os tipos de estacas moldadas in loco são:

- Estacas Straus: com diâmetros de 20cm a 70cm para cargas de serviço de 15tf a 150 tf para uma tensão de compressão no concreto de 30 a 40 Kgf/cm² em serviço;
- Estacas Franki: com base alargada e diâmetros do fuste de 35 cm a 60 cm para uma carga de serviço de 55 tf a 170tf para uma tensão no concreto de 60kgf/cm² em serviço;
- estacas Franki mistas: com fuste pré-moldado ancorado em uma base alargada executada pelo processo Franki comum;
- estacas Franki tubada: com o fuste em parte ou em todo revestido por um tubo metálico e com base alargada;
- estacas Simplex e Duplex: com diâmetros de 40 cm e 54 cm e cargas de trabalho de 50 tf e 100 tf, respectivamente, para uma tensão de compressão no concreto de 40 Kgf/cm² em serviço (FERNANDES, 1997, p.9).

As cabeças estacas de uma mesma fundação são solidarizadas pelo bloco de coroamento (fig. 10), que são maciços de concreto armado, no caso em que a fundação é constituída por uma única estaca, serve de elemento intermediário entre estaca e pilar.

Figura 1: Bloco de coroamento



Fonte :ABCP

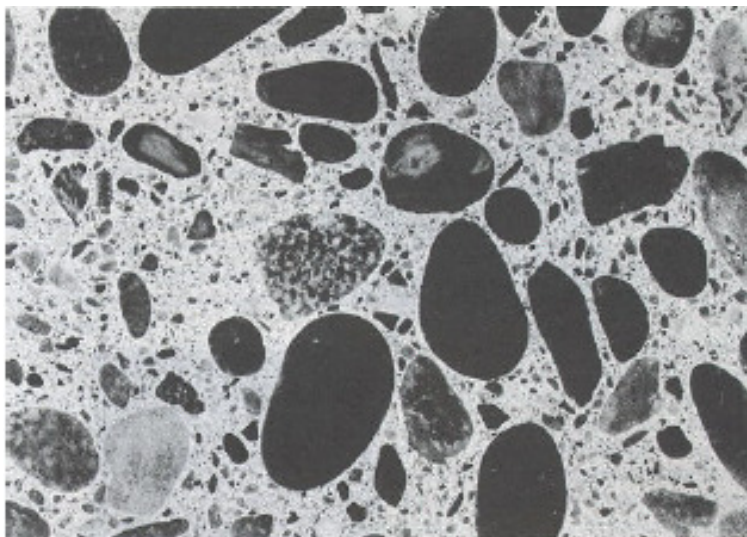
2.1.6 O concreto

Segundo Pfeil (1985, p. 13) os concretos, de emprego usual nas estruturas, são constituídos de quatro materiais: cimento portland, água, agregado fino e agregado graúdo. O cimento e a água forma a pasta, que enche a maior parte dos espaços vazios entre os agregados.

Algum tempo depois de misturado o concreto, a pasta endurece, formando um material sólido.

Para Mehta e Monteiro (1994, p. 12), o concreto de cimento Portland é um material poroso, com uma estrutura bastante heterogênea e complexa. Analisando sua macroestrutura (foto 2) identificamos dois constituintes principais: a pasta de cimento endurecida e partículas de agregado. Entretanto, analisando sua microestrutura com o auxílio de microscópio, distinguimos que a pasta de cimento em contato com o agregado graúdo, possui características diferentes do restante da pasta, podendo ser considerada mais um componente do concreto.

Foto 2: Macroestrutura do concreto



Fonte: Mehta e Monteiro (1994)

Os agregados são considerados materiais inertes, enquanto a pasta (cimento + água) constitui o material ligante que junta as partículas dos agregados em

uma massa sólida. Para os agregados, em geral se empregam materiais de elevada resistência mecânica, de modo que a qualidade do concreto depende principalmente das propriedades da pasta de cimento.

As propriedades ligantes da pasta são produzidas por reações químicas entre o cimento e a água. A quantidade de água necessária para a reação é pequena, porém se usa uma quantidade superior para obter trabalhabilidade, permitindo também a inclusão de maior quantidade de agregado. A adição de água, entretanto, diminui a resistência da pasta, sendo necessário empregar uma proporção adequada entre as quantidades de água e cimento para se obter um concreto satisfatório.

2.1.6.1 Agregado

Os agregados miúdo e graúdo são obtidos diretamente da natureza, como a areia; da britagem de rochas, como a brita; de processos industriais, como escória de alto forno e concreto reciclado. A fase agregado é a principal pela massa unitária, módulo de elasticidade e estabilidade dimensional do concreto. Desta forma as características mais importantes de um agregado são sua massa específica, textura, granulometria, resistência à abrasão e sanidade. A composição química da rocha matriz, quando não são detectados elementos reativos como o cimento ou meio ambiente, é menos importante que suas características físicas.

Como os agregados constituem uma porcentagem elevada do concreto, a sua escolha tem grande importância. Os agregados devem atender a três condições:

- serem estáveis nas condições de exposição do concreto, não contendo matérias com efeitos prejudiciais:
- apresentarem resistência à compressão e ao desgaste:
- serem graduados, de modo a reduzir o volume da pasta, que deve encher os espaços entre os agregados.

A distribuição granulométrica do agregado influencia, o empacotamento dos grãos e, como resultado pode alterar a fração volumétrica de agregado a ser

incorporada em uma mistura de concreto. A fração volumétrica esta relacionada principalmente ao módulo de deformação do concreto e à demanda de água da mistura.

Deve-se notar que a resistência requerida do agregado deve ser consideravelmente superior à resistência normal do concreto, pois as tensões reais nos pontos de contato das partículas individuais com o concreto podem ser bem maior que a tensão nominal de compressão aplicada (NEVILLE, 1988, p.48).

Tabela 1: Resistência média à compressão de rochas ígneas brasileiras utilizadas normalmente como agregado para o concreto

Rochas ígneas	Resistência à compressão Mpa
Granito (Serra da Cantareira, SP).	154
Granito (Rio, RJ).	120
Basalto	150

Fonte: (BAUER, 1994)

Tabela 2: Resistência media à compressão de rochas norte-americanas utilizadas normalmente como agregado para o concreto

Rocha	Resistência à Compressão MPa
Granito	181
Felsite	324
Trap	283
Rocha calcária	159
Arenito	131
Mármore	117
Quartzito	252
Gnaisse	147
Schist	170

Fonte: (NEVILLE, 1988)

Analisando as tabelas 1 e 2 verificamos que nos concretos de massa específica normal (entre 2.400 e 2.500 kg/m³) com resistência característica à compressão aos 28 dias de até aproximadamente 50 Mpa, o agregado pouco

influi na resistência final do concreto, pois é muito mais resistente que os demais elementos da mistura.

2.1.6.2 Cimento Portland

De acordo com Petrucci (1993, p. 330), o cimento Portland é um material em forma de pó, constituído de silicatos e aluminatos de cálcio. Estes materiais ao serem misturados com água hidratam-se, endurecendo a massa e tendo por consequência uma elevada resistência mecânica.

Este cimento resulta da moagem do clínquer, obtido através de uma mistura de calcário e argila, convenientemente dosada e homogeneizada, aquecida até a fusão incipiente (30% de fase líquida), de tal forma que toda a cal se combine com os materiais argilosos, não resultando cal livre em quantidade prejudicial.

Após esta queima, adiciona-se sulfato de cálcio (gesso), cujo teor de sulfato não deve ultrapassar a 3%, a fim de regularizar o tempo de início das reações químicas do cimento. Como matéria prima para a fabricação deste composto tem-se, então, o calcário, argila e o gesso.

O processo de fabricação pode ser por via úmida ou por via seca, representando no primeiro caso um método mais caro porém de melhor qualidade e controle de poluição, enquanto no segundo se inverte a situação. No processo por via úmida o calcário é britado, moído proporcionado e misturado a argila em forma de lama. Posteriormente são colocados em silos de homogeneização e armazenamento. Na via seca o é britado, misturado e secado. Logo a seguir é dosado, moído conduzidos a silos de homogeneização para estocagem, onde pode haver correções de sua composição.

A hidratação do cimento consiste na transformação de compostos anidros mais solúveis em compostos hidratados menos solúveis, ocorrendo na hidratação à formação de uma camada de gel em torno dos grãos dos compostos anidros.

Para que ocorra a reação química completa (estequeométrica) entre a água e os compostos anidros é necessário cerca de 22 a 32% de água em relação à massa do cimento. Para a constituição do gel é necessária uma quantidade adicional em torno de 15 a 25%. Em média, uma relação água/cimento de

aproximadamente 0,40 é suficiente para que o cimento se hidrate completamente.

2.1.7 Armaduras

Aço é uma liga metálica composta principalmente de ferro e de pequenas quantidades de carbono (em torno de 0,002% até 2%). Os aços estruturais para construção civil possuem teores de carbono da ordem de 0,18% a 0,25%. Entre outras propriedades, o aço apresenta resistência e ductilidade, muito importantes para a Engenharia Civil.

Como o concreto simples apresenta pequena resistência à tração e é frágil, é altamente conveniente a associação do aço ao concreto, obtendo-se o concreto armado.

Este material, adequadamente dimensionado e detalhado, resiste muito bem à maioria dos tipos de sollicitação. Mesmo em peças comprimidas, além de fornecer ductilidade, o aço aumenta a resistência à compressão.

De acordo com Leonhardt (1978), a armadura do concreto com barras de aço, tem por finalidade vários objetivos:

- A armadura de aço deve absorver os esforços de tração em peças estruturais sollicitadas à flexão e à tração. As armaduras, portanto, têm por finalidade contribuir para a capacidade resistente ou para estabilidade da estrutura.
- Tem a função de limitar a abertura de fissuras devido a estados de tensão produzidos por efeito de coação.
- Em peças comprimidas, a armadura tem por função aumentar a capacidade resistente do concreto à compressão ou a segurança de peças comprimidas esbeltas contra a flambagem.

De acordo com Fusco (1995, p.15), as armaduras utilizadas em concreto armado são de três tipos:

- Barras: Produtos obtidos por laminação a quente, de seção circular simples ou com deformações superficiais. As barras são fornecidas com comprimentos

de 11m a 12m, podendo, entretanto obter-se comprimentos de 18m a 20m por encomenda especial e com vários diâmetros (foto 3).

- Fios: Produtos de diâmetro inferior ou igual a 10mm, obtidos por trefilação, que consiste em puxar o aço, sucessivas vezes, através de fieiras, reduzindo cada vez mais o seu diâmetro. Os fios têm em geral superfície lisa, podendo, entretanto receber deformações superficiais, em operação suplementar (foto 4).

- Malhas ou Telas: Produtos formados por fios de aço soldados entre si, por caldeamento, nos pontos de cruzamento.

Foto 3: Barras de aço



Foto 4: Fios de aço



Fonte: www.gerdau.com.br

2.1.8 Alvenaria de Vedação

2.1.8.1 Blocos cerâmicos

A grande vantagem do tijolo furado, é seu peso, (cerca de 0,5Kg/u) que faz com que ele seja muito usado como alvenaria de vedação, em estruturas de

concreto armado, pela economia que determina na fundação e na estrutura propriamente dita (ANEXO A).

Como suas dimensões são maiores que as do tijolo comum, o consumo da argamassa para assentamento é menor, ressaltando-se, ainda, a inexistência de argamassa na junta vertical. Sendo equivalente aproximadamente a 3 tijolos comuns, o rendimento da mão-de-obra, no caso do tijolo comum, é bem maior (ANEXO A).

As ranhuras existentes nas faces do tijolo furado, originadas de seu processo de fabricação, são insuficientes para permitir a aderência da argamassa de regularização (emboço).

Na (tabela 3) temos as medidas dos blocos de vedação cerâmicos regulamentados pela NBR: 15.270 de 2005.

Tabela 3: Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M=10cm	Larg. cm	Altura cm	comprimento	comprimento	
			Bloco principal	1/2 bloco	
(1M) x (1M) x (2M)	9	9	19	9	
(1M) x (1M) x (5/2M)			24	11,5	
(1M) x (3/2M) x (2M)			19	9	
(1M) x (3/2M) x (5/2M)		14	14	24	11,5
(1M) x (3/2M) x (3M)				29	14
(1M) x (2M) x (2M)				19	9
(1M) x (2M) x (5/2M)		19	19	24	11,5
(1M) x (2M) x (3M)				29	14
(1M) x (2M) x (4M)				39	19
(5/4M)x(5/4M)x(5/2M)	11,5	11,5	24	11,5	
(5/4M)x(3/2M)x(5/2M)		14	24	11,5	
(5/4M)x(2M)x(2M)		19	19	9	
(5/4M)x(2M)x(5/2M)			24	11,5	
(5/4M)x(2M)x(3M)		19	29	14	
(5/4M)x(2M)x(4M)			39	19	
(3/2M)x(2M)x(2M)	14	19	19	9	
(3/2M)x(2M)x(5/2M)			24	11,5	
(3/2M)x(2M)x(3M)			29	14	
(3/2M)x(2M)x(4M)			39	19	
(2M)x(2M)x(2M)	19	19	19	9	
(2M)x(2M)x(5/2M)			24	11,5	
(2M)x(2M)x(3M)			29	14	
(2M)x(2M)x(4M)			39	19	
(5/2M)x(5/2M)x(5/2M)	24	24	24	11,5	
(5/2M)x(5/2M)x(3M)			29	14	
(5/2M)x(5/2M)x(4M)			39	19	

Fonte: ABNT - NBR: 15270

2.1.8.2 Blocos de concreto

Peças regulares e retangulares, fabricadas com cimento, areia, pedrisco, pó de pedra e água, com tamanhos diversos (tabela 4). O equipamento para a execução dos blocos é a prensa hidráulica. O bloco é obtido através da dosagem racional dos componentes, e dependendo do equipamento é possível obter peças de grande regularidade e com faces e arestas de bom acabamento. Em relação ao acabamento os blocos de concreto podem ser para revestimento (mais rústico) ou aparentes (ANEXO B).

Os blocos de concreto nem sempre possuem as características evidenciadas, pois, sendo de fabricação bastante simples, (podem ser feitos, inclusive, no próprio canteiro) existem, no mercado, blocos de baixa qualidade, onde principalmente a impermeabilidade é prejudicada (pouco cimento e maior quantidade de agregado fino).

Tabela 4 - Dimensões nominais dos blocos de concreto

dimensões	a		b		c	peso		a		b		c	peso
*	09	x	19	x	39	10kg		09	x	19	x	19	4,8kg
	11	x	19	x	39	10,7kg	1/2 tijolo	14	x	19	x	19	6,7kg
	14	x	19	x	39	13,6kg		19	x	19	x	19	8,7kg
	19	x	19	x	39	15,5kg							

*quantidade de blocos por m² : 12,5un

Fonte: ABNT- NBR 7184

2.1.8.3 Argamassa

A argamassa usada no assentamento da alvenaria de vedação no sistema de construção em concreto armado é o mesmo do sistema construtivo em alvenaria estrutural onde será abordado.

2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

2.2.1 Histórico

O uso da alvenaria como elemento estrutural é uma das mais antigas formas de construção. Patrimônios históricos da humanidade como as Pirâmides em Gese no Egito, a Muralha da China (foto 5), o Colizeu em Roma, o Taj Mahal na Índia, são construções em alvenaria estrutural, dimensionadas a partir de bases empíricas. As paredes eram executadas com espessuras excessivas, pois não se tinha segurança da resistência de sua estrutura. Sua técnica baseava-se nas experiências das construções anteriores. O Monadnock Building construído em Chicago entre 1889 e 1891 é um exemplo marcante, com 16 andares, 65m de altura, com paredes de 1,80 m de largura no andar térreo (VASCONCELOS 1985, p. 10).

Foto 5: Muralha da China.



Fonte: www.jacarandanet.com.br

Por alguns anos foram construídos prédios de pequeno porte com paredes portantes, mas sem que tivessem seus projetos baseados em uma técnica com sustentação teórica. Estas construções feitas com blocos, ou tijolos sem o

controle de qualidade adequado e demais materiais escolhidos e aplicados conseqüentemente, foram responsáveis por inúmeros acidentes.

Segundo Cavalheiro (1999, p. 13), por falta de conhecimentos técnicos disponíveis e, com o desenvolvimento do concreto armado, da indústria do aço, as construções em alvenaria estrutural não tiveram avanços. Relacionado com o objetivo de desenvolver e realizar novas técnicas de construções, a partir de 1950, na Europa, houve um fortalecimento das pesquisas na área. Iniciaram-se as novas teorias baseadas em experimentos, com desenvolvimento de métodos de cálculo, progresso na fabricação de materiais e técnicas de execução que confirmaram a segurança e economia deste processo construtivo. A partir daí, edifícios cujas paredes tinham espessuras exorbitantes abriram espaço para edifícios com paredes mais esbeltas e igualmente portantes.

2.2.2 Histórico no Brasil

Segundo Rosso (1980, p.8), em meados do século XX, com a necessidade do mercado em buscar novas técnicas alternativas de construção, a alvenaria foi, por assim dizer, redescoberta. A partir daí um grande número de pesquisas foram desenvolvidas em muitos países, permitindo que fossem criadas normas, e adotados critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados.

Segundo Franco (1992, p.12), o método construtivo, que foi introduzido pela primeira vez em 1966 no Brasil, com construção do Central Parque da Lapa, um edifício com quatro pavimentos. No início dos anos 80, foi muito utilizado em conjuntos habitacionais populares, notadamente em São Paulo. Este foi um dos fatores para denegrir o sistema construtivo inovador. É tida como processo para baixa renda.

Com a falta de normas para este método surgiram inúmeras patologias e no início dos anos 90, vieram as normas para este sistema construtivo. Nessa

mesma década se deu sua difusão pelo país, quando varias construtoras passaram a adotar o processo construtivo (ROMAN, 1997, p.14).

2.2.3 Principais vantagens

Quadro 2: Vantagens da alvenaria estrutural

- Rapidez e simplicidade de organização na execução da obra;
 - Economia no uso de madeira para formas;
 - Redução do uso de concreto e aço;
 - Possibilidade de se obter maior economia em relação aos prédios estruturados de modo convencional;
 - Limpeza e economia com a redução de entulho na obra e sua retirada;
 - Menos desperdício de materiais;
 - Ótima resistência ao fogo - não contribui para o inicio do incêndio ou propagação da chama, não produzindo gases tóxicos;
 - Excelentes características de isolamento termo-acústico,
 - Menor diversidade de mão-de-obra;
 - Facilidade de treinamento da mão-de-obra;
 - Projetos mais fáceis de detalhar;
 - Facilidade de supervisionar a obra;
 - Dimensões precisas;
 - Uso do furo dos blocos para as instalações elétricas evitando o rasgo nas paredes;
 - Flexibilidade e versatilidade arquitetônica pela variedade de blocos;
- Estrutura mais leve.

Fonte: (CAVALHEIRO, 1995, p. 18).

2.2.4 Principais desvantagens

Quadro 3: Desvantagens da alvenaria estrutural

- As paredes estruturais não podem ser removidas sem a análise e possível reforço;
- Juntas de dilatação a cada 15m;
- Necessidade de uma fiel execução do projeto não admitindo improvisações;
- Considerável aumento de custos para projetos com grandes vãos livres;
- Utilização de formas adequadas e repetitivas para a obtenção de maior economia;
- Alcance a um número de pavimentos limitado, e necessidade de armadura nos casos de mais pavimentos.

Fonte: (CAVALHEIRO, 1995, p. 18).

2.2.5 Racionalização:

De acordo Rosso (1989, p, 22), racionalização construtiva é um processo composto pelo conjunto de todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de recursos materiais, humanos, organizacionais, energéticos, tecnológicos, temporais e financeiros disponíveis na construção em todas as suas fases.

Busca-se a racionalização da produção de toda obra, porém isso não é fácil de ser alcançado. Sendo assim, uma alternativa viável é possuir a racionalização como meta e, gradativamente, envolver-se toda a produção da obra, desde a organização do canteiro até a racionalização construtiva de cada subsistema.

Hoje, devido às mudanças do contexto econômico e financeiro da produção de edificações, a redução do preço final do imóvel torna-se um fator decisivo para a sobrevivência das empresas. Este é um dos principais objetivos da racionalização de produtos e processos (CAVALHEIRO, 2001, p.32).

Para Melhado (2001, p. 19), para se ter um bom projeto a alvenaria estrutural não pode ser vista meramente como um conjunto de paredes superpostas, resistindo seu peso próprio e outras cargas adicionais. Deve ser compreendida como um processo construtivo racionalizado, projetado, calculado e construído em conformidade com as normas pertinentes, visando funcionalidade com segurança e economia.

Nota-se uma busca por parte das construtoras de edifícios, por novos sistemas que permitam reduzir o custo e o tempo de execução do empreendimento, o que implicara numa melhor condição para concorrer no mercado de imóveis, onde uma grande competição (ARAUJO, 2004).

Enquadram-se neste contexto a busca por materiais alternativos e por sistemas construtivos mais eficientes, e racionalizados e a alvenaria estrutural se enquadra nestes requisitos.

2.2.6 Fundação para alvenaria estrutural

Para Roman (1997, p.22), as dúvidas mais freqüentes a respeito do comportamento de edificações de alvenaria estrutural são aquelas ligadas à escolha da fundação mais adequada para esse sistema construtivo. Quando as edificações são executadas sobre pilotis, a questão que se apresenta está relacionada ao dimensionamento da estrutura de transição, mais particularmente à forma de introdução dos carregamentos provenientes dos pavimentos superiores nas vigas. Problema semelhante ocorre em relação às fundações das edificações sem a utilização de pilotis, quando então os carregamentos são aplicados diretamente sobre as vigas baldrame.

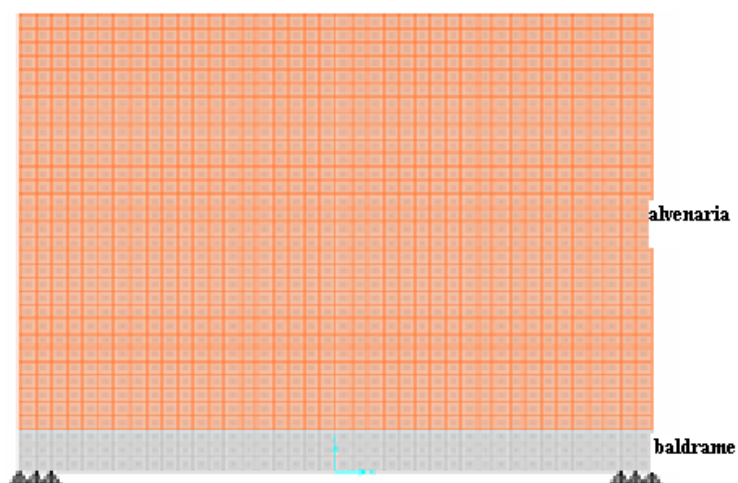
De acordo com Cavalheiro (1995, p. 33), uma das principais dificuldades está na correta avaliação da forma com que os carregamentos são introduzidos ao longo dos elementos de apoio das paredes estruturais. A tendência natural é que as cargas sejam conduzidas para os pontos de maior rigidez, ou seja, os apoios, que na estrutura de transição são constituídos pelos pilares e nas fundações pelos pontos de estacas, tubulões ou sapatas. Esse

encaminhamento aos pontos de apoio ocorre segundo a formação de um arco (efeito arco), que está diretamente ligado à rigidez da viga de apoio.

Na formação do efeito arco, existe naturalmente uma concentração de esforços na região dos apoios, fazendo com que a suposição inicial de que o carregamento esteja uniformemente distribuído sobre a parede estrutural não se verifique, tendo como consequência um aumento das tensões normais de compressão, que poderá originar uma ruptura por esmagamento da alvenaria nessa região (FRANCO 1992, p. 54).

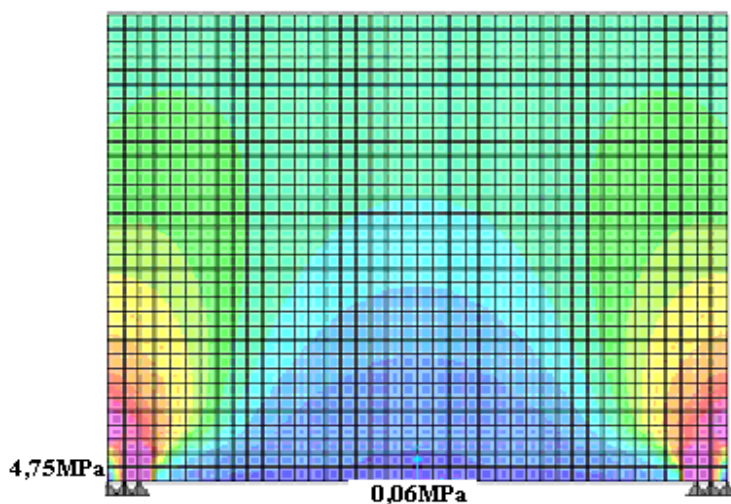
Um estudo realizado pelo Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural da Unesp em 2001, mostra a distribuição das ações em uma parede de alvenaria estrutural onde se observa o efeito arco. As (fig. 2 e 3) ilustram a situação de uma parede de 14 cm de espessura e comprimento total de 4 metros, sujeita a um carregamento uniformemente distribuído de 200 kN/m, que impõe na parede uma tensão média de 1,40 Mpa. Foi utilizada como elemento de apoio uma viga de largura igual a 20 cm e altura de 30 cm apoiada sobre pilares nas extremidades.

Figura 2: Parede em alvenaria estrutural



Fonte: (UNESP, 2001)

Figura 3: Distribuição das cargas numa parede de alvenaria estrutural



Fonte: (UNESP, 2001)

Para Cavalheiro (1995, p. 24), pela característica do sistema construtivo em alvenaria estrutural, que pressupõe uma distribuição mais uniforme das tensões normais ao longo das paredes resistentes, a fundação desejada seria aquela que respeitasse essa tendência de comportamento, a partir daí presume-se que o ideal seria fundações corridas (foto 6).

Foto 6: Brocas para sapata corrida



fonte: a autora, 2008.

Na opção de fundações não corridas, os vãos entre os pontos de carga devem ser diminuídos em relação às soluções habituais . Em situações em que isso não seja possível, atenção especial deve ser dada à rigidez das vigas e à extensão efetiva dos apoios.

O radier (foto 7) é outro tipo de fundação muito utilizada no processo construtivo em alvenaria estrutural, pois é um elemento único, que recebe a carga da alvenaria distribuindo as mesmas ao terreno onde será edificada a construção (CAVALHEIRO, 1995, p.24).

Foto 7: Radier



Fonte: [www. Bricka.com.br](http://www.Bricka.com.br)

2.2.7 - Unidades da alvenaria estrutural

2.2.7.1 - Blocos estruturais de concreto

Os blocos de concreto para alvenaria estrutural são especificados pela norma brasileira NBR 6136 – Bloco Vazado de Concreto Simples Para Alvenaria Estrutural.

Os blocos são classificados quanto ao uso:

Classe AE: destinados à execução de alvenarias que se situam abaixo do nível do solo e paredes externas que não recebem nenhum tipo de revestimento. Este bloco deve ter resistência mínima de 6,0 Mpa.

Classe BE: destinados à execução de alvenarias que se situam acima do nível do solo e paredes internas ou externas que recebem revestimento. Este bloco deve ter resistência mínima de 4,5 Mpa.

2.2.7.2 - Material

De acordo com Modler (2000, p. 32), o material utilizado para elaboração dos blocos é basicamente concreto de cimento Portland, agregados (areia e pedrisco) e água. Alguns fabricantes utilizam aditivos para melhorar a trabalhabilidade do concreto e conseqüentemente aumentar a produtividade da fábrica.

2.2.7.3 - Dimensões

As dimensões dos blocos são padronizadas, assim como a espessura de suas paredes, como mostra as tabelas a seguir, segundo a norma NBR 6136 – Bloco Vazado de Concreto Simples Para Alvenaria Estrutural.

Tabela 5 – Dimensões padronizadas

Dimensões Nominais (mm)	Designação	Dimensões Padronizadas (mm)		
		largura	altura	comprimento
20X20X40	M-20	190	190	390
20X20X20		190	190	190
15X20X40	M-15	140	190	390
15X20x20		140	190	190

Fonte: ABNT- NBR 6136

Tabela 6 – Espessura mínima das paredes dos blocos

Designação	Paredes longitudinais (mm)	Paredes Transversais	
		Paredes (mm)*	Espessura equivalente (mm/m)**
M-15	25	25	188
M-20	32	25	188

Fonte: ABNT- NBR 7184

* Média das medidas das três paredes tomadas no ponto mais estreito;

** Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em mm), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em m).

Estas são as medidas exigidas pela norma, que são as mais comuns encontradas no mercado exemplificados no ANEXO B. Para racionalizar a execução das obras em alvenaria estrutural de blocos de concreto, as empresas fabricantes oferecem uma série de alternativas de blocos, pois este sistema construtivo depende fundamentalmente, da racionalização da execução das obras. Assim as empresas buscam disponibilizar a seus clientes uma grande variedade de produtos, para facilitar a resolução de todos os

problemas construtivos na fase de projeto, evitando, assim, as indesejáveis improvisações durante a fase de construção.

2.2.7.4 - Resistência

Segundo a NBR 7184, os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem homogeneidade e compacidade, devendo apresentar arestas, estar isentos de trincas, fraturas e outros defeitos que possam prejudicar o assentamento. Seu revestimento deve apresentar textura áspera para garantir boa aderência. Deve possuir boa resistência a compressão, atendendo no mínimo o exigido pelas normas: 4,5 MPa. Alguns fabricantes chegam a produzir blocos com mais de 16 MPa.

O bloco de concreto tem o inconveniente de ser mais pesado e não possuir o mesmo isolamento térmico do cerâmico.

Tabela 7: Requisitos para fbk,est. – Valores mínimos

Valores mínimos de fbk (mpa)		
Classe de resistência	Classe AE	Classe BE
4,5	-	4,5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16

Fonte: ABNT- NBR 7184

Para Garcia (2000), o engenheiro calculista é responsável pela definição da resistência característica à compressão do bloco a ser utilizado. Uma recomendação básica é que não se adote resistências distintas num mesmo pavimento, para evitar possíveis trocas. Porém é possível adotar diferentes resistências à compressão para pavimentos distintos, como finalidade de economia é possível adotar um bloco com resistência maior para os primeiros pavimentos e um bloco de menor resistência para pavimentos superiores.

2.2.8 - Blocos estruturais cerâmicos

Conforme a NBR 7171 – Bloco Cerâmico Para Alvenaria, blocos estruturais são aqueles projetados para suportar outras cargas além de seu peso próprio. Assim como o bloco cerâmico de vedação o bloco estrutural é classificado em comum ou especial, diferenciados pela resistência à compressão.

2.2.8 .1 - Material

Segundo Petrucci (1995, p. 320), o material utilizado para elaboração dos blocos é a argila, material natural, terroso, de granulação finíssima, que adquire, quando umedecido com água, certa plasticidade.

2.2.8 .2 -Dimensões

As dimensões dos blocos são padronizadas, assim como a espessura de suas paredes, como mostra a tabela a seguir segundo a norma NBR 7171 – Bloco Cerâmico Para Alvenaria, exemplificados no ANEXO C:

Tabela 8 – Dimensões nominais de blocos de vedação

Tipo(A) L x H x C (cm)	Dimensões nominais (mm)		
	Largura (L)	Altura(H)	Comprimento(C)
10 x 20 x 20	90	190	190
10 x 20 x 25	90	190	240
10 x 20 x 30	90	190	290
10 x 20 x 40	90	190	390
12,5 x 20 x 20	115	190	190
12,5 x 20 x 25	115	190	240
12,5 x 20 x 30	115	190	290
12,5 x 20 x 40	115	190	390
15 x 20 x 20	140	190	190
15 x 20 x 25	140	190	240
15 x 20 x 30	140	190	290
15 x 20 x 40	140	190	390
20 x 20 x 20	190	190	190
20 x 20 x 25	190	190	240
20 x 20 x 30	190	190	290
20 x 20 x 40	190	190	390
Medidas especiais L x H x C (cm)	Dimensões nominais (mm)		
	Largura (L)	Altura(H)	Comprimento(C)
10 x 10 x 20	90	90	190
10 x 15 x 20	90	140	190
10 x 15 x 25	90	140	240
12,5 x 15 x 25	115	140	240

Fonte: ABNT- NBR 7171

Além destas medidas, todos os blocos, de vedação ou estrutural, devem ter a parede externa com espessura mínima de 7,0 mm

2.2.8.3 Resistência

A resistência à compressão dos blocos de vedação ou estruturais devem atender, de acordo com sua classe, os seguintes valores mínimos, conforme a NBR 7171 – Bloco Cerâmico Para Alvenaria:

Tabela 9: Resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão na área bruta (Mpa)
10	1,0
15	1,5
25	2,5
45	4,5
60	6,0
70	7,0
100	10,0

Fonte: ABNT – NBR 7171

De acordo com Ramalho (2008 p. 79), dentre os fatores que exercem influência na resistência à compressão dos painéis de parede, a resistência dos blocos tem caráter predominante. De forma geral, quanto mais resistente o bloco, mais resistente será a alvenaria.

Existe um conceito muito importante quando se trata da influência da resistência dos blocos na resistência à compressão das paredes. A eficiência, ou seja, a relação entre resistência na parede e a resistência do bloco que a compõe. A relação a seguir exprime matematicamente esse conceito.

$$\eta = \frac{f_{par}}{f_b}$$

Em que, f_{par} - resistência da parede

f_b - resistência do bloco

Ainda segundo Ramalho (2008, p.80), a eficiência costuma variar bastante, dependendo da sua forma, material e até mesmo da resistência dos blocos. Normalmente, quanto mais resistente for o bloco menor será a eficiência e vice-versa. Também se pode considerar que usualmente os blocos cerâmicos apresentem uma eficiência menor que a dos blocos de concreto. Além disso, características dos outros componentes podem influir na eficiência parede-bloco.

Considerando-se os casos mais comuns no Brasil: paredes executadas com blocos vazados de concreto ou cerâmicos (resistência entre 4,5 e 20 MPa), não-grauteadas e com argamassa usuais, pode-se estimar que a eficiência apresente os valores que constam na próxima tabela.

Tabela 10: Valores da eficiência parede-bloco.

Bloco	Valor mínimo	Valor máximo
Concreto	0,40	0,60
Cerâmico	0,20	0,50

Fonte: ABNT – NBR 7171

2.2.9 Argamassa de assentamento

2.2.9.1 Definição

A argamassa é a mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou ser argamassa industrializada.

Para Petrucci (1993, p. 352), a argamassa de assentamento é o elemento de ligação entre as unidades de alvenaria. Os procedimentos para produção de argamassa são diferentes da produção de concreto, pois enquanto o objetivo do concreto é obter resistência na argamassa, os principais objetivos são de solidarizar as unidades de alvenaria, distribuir uniformemente as cargas atuantes nas paredes por toda a área resistente das unidades, absorver as deformações naturais que a alvenaria estiver sujeita e selar as juntas contra penetração de água e vento.

2.2.9.2 Características

Para que a argamassa tenha capacidade de prover as funções citadas, ela deve apresentar as seguintes características:

2.2.9.2.1 Trabalhabilidade

Para Cavalheiro (1995, p. 24), a argamassa em seu estado fresco deve ter uma trabalhabilidade suficiente para que o pedreiro produza com bom rendimento um trabalho satisfatório, rápido e econômico, para uma boa aplicação da argamassa (foto 8).

A trabalhabilidade da argamassa depende de uma combinação de várias propriedades como a consistência, a plasticidade e a coesão além da quantidade de água empregada, o tipo de agregado e do aglomerante.

Foto 8: Aplicação da argamassa



Fonte: ABCP

Para Bauer (1985, p. 251) a medição da trabalhabilidade da argamassa não tem um método direto. Na prática quem define se a argamassa é trabalhável é o próprio pedreiro. É definida por meios subjetivos, tais como: facilidade de manuseio e de espalhamento sobre a superfície das unidades, adesão para permitir a pré-colocação da argamassa no topo das unidades para formação das juntas verticais, manutenção da consistência durante o assentamento de algumas unidades consecutivamente, facilidade e rapidez para obter a espessura de junta desejada e que esta junta não se altere após o assentamento das unidades.

2.2.9.2.2 Espessura da junta

De acordo com a NBR 8798, a espessura das juntas de Alvenaria Estrutural devem ser em média de 1 cm. Valores menores, que levariam a alvenaria mais resistente, não são recomendáveis, pois a junta não conseguiria absorver as imperfeições que ocorrem nas unidades e valores maiores reduzem a resistência à compressão pelo aparecimento de maiores tensões de tração lateral nos blocos (fig. 4).

Figura 4: O Tipo de juntas



Fonte: www.selectabloco.com.br

De acordo com Ramalho (2008), está bem estabelecido que a espessura da junta precisa se situar dos limites muito estreitos. Ela não pode ser muito pequena, pois isso poderia permitir que, por falhas na execução, pontos das superfícies dos blocos acabassem se tocando. Obviamente, essa situação provocaria uma concentração de tensões que prejudicaria a resistência da parede. Entretanto, desde um trabalho pioneiro de Francis (1971) foi comprovado que a resistência da parede decresce com o aumento da espessura da junta horizontal. Isso se explica porque com o aumento da espessura diminui o confinamento da argamassa.

2.2.9.2.3 Resistência à Compressão

Para Ramalho (2008, p. 48), quanto à resistência à compressão da argamassa, conforme já se afirmou em item anterior, esse parâmetro não influi de forma tão significativa na resistência à compressão da parede. Apenas se a resistência da argamassa for menor que 30% ou 40% da resistência do bloco é que essa influencia pode ser considerada importante. Por exemplo, segundo os resultados obtidos por Gomes (1983), para paredes construídas com blocos de 7,5 MPa, variando a resistência da argamassa em torno de 135 %, verificando-se que o acréscimo de resistência para as paredes foi de apenas 11,5%.

A resistência à compressão depende fundamentalmente da relação água/cimento. É determinada conforme a NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da

resistência à tração na flexão e à compressão. É realizado com corpos de prova prismáticos de dimensões (4 x 4 x 16 cm) submetidos, primeiramente, ao ensaio de tração na flexão. Em seguida realiza-se o ensaio da resistência à compressão com as metades do corpo de prova provenientes do ensaio anterior. Entretanto, este valor obtido não representa a resistência do material aplicado, uma vez que a quantidade de água que permanece do material após o assentamento varia de acordo com a capacidade de retenção de água e da absorção inicial dos blocos. É importante salientar que aumentando a resistência à compressão da argamassa não implica em um aumento significativo da resistência à compressão da parede.

2.2.9.3 Graute

De acordo com Ramalho (2008, p. 8), é um concreto composto dos mesmos materiais usados para produzir concreto convencional e pode ser feito no canteiro de obra. Mas, ele se difere do concreto no tamanho do agregado graúdo, que é mais fino e na relação água/cimento, que é maior. Para preencher todos os vazios, considerando que o bloco normalmente tem grande absorção de água, o graute deve ter elevada trabalhabilidade (foto 9).

O ensaio de slump precisa mostrar abatimento de 20 a 28 cm e a relação água/cimento, entre 0,8 e 1,1. A fixação do slump nesta faixa dependerá da taxa de absorção inicial das unidades e da dimensão dos furos dos blocos (CAVALHEIRO, 1995, p.30).

Para Modler (2000, p. 78), o graute é utilizado para preencher os vazios dos blocos com a finalidade de aumentar a resistência à compressão da alvenaria sem que se aumente a resistência do bloco ou argamassa. E ainda para o caso de alvenaria armada o graute também tem como função a integração da armadura com a alvenaria.

Foto 9: Aplicação do graute



Fonte: www.abcp.org.br

2.2.10 Armadura

De acordo com Modler (2000, p. 81), as armaduras usadas na Alvenaria Estrutural com a finalidade de reforçar juntas e aumentar a amarração das paredes são as mesmas usadas na alvenaria convencional, sendo mais comuns na amarração dos cantos e encontros de paredes. Também servem para minimizar os efeitos de tensões de tração devido à flexão. É importante ressaltar que o diâmetro deve ser no mínimo 3,8 mm, nunca ultrapassando a metade da espessura da junta. As armaduras da alvenaria estrutural armada são previstas para resistirem aos esforços de tração atuantes como no concreto armado convencional. São embutidas verticalmente nos furos dos blocos e envolvidas por graute que tem a função de proteção da armadura e de possibilitar a aderência entre o concreto e o bloco. Nas zonas de armação a resistência à compressão das paredes também fica aumentada.

Para Cavalheiro (1995, p. 34), o aço nas estruturas de alvenaria acaba tendo sua capacidade pouco aproveitada na resistência à compressão, pois a tensão usualmente fica limitada a valores bem abaixo da tensão de escoamento do material. A imposição de limites relativamente baixos para as tensões no aço é

explicada pela necessidade de se evitar uma fissuração excessiva, bem como garantir a aderência entre as barras de aço e o graute que as envolve.

As barras de aço utilizadas nas construções em alvenaria são as mesmas utilizadas, mas estruturas de concreto armado, mas, neste caso, serão sempre envolvidas por graute, para garantir o trabalho conjunto com o restante dos componentes da alvenaria. Uma exceção é feita para as armaduras colocadas nas juntas das argamassas de assentamento (RAMALHO, 2008, p. 8).

2.2.11 Modulação

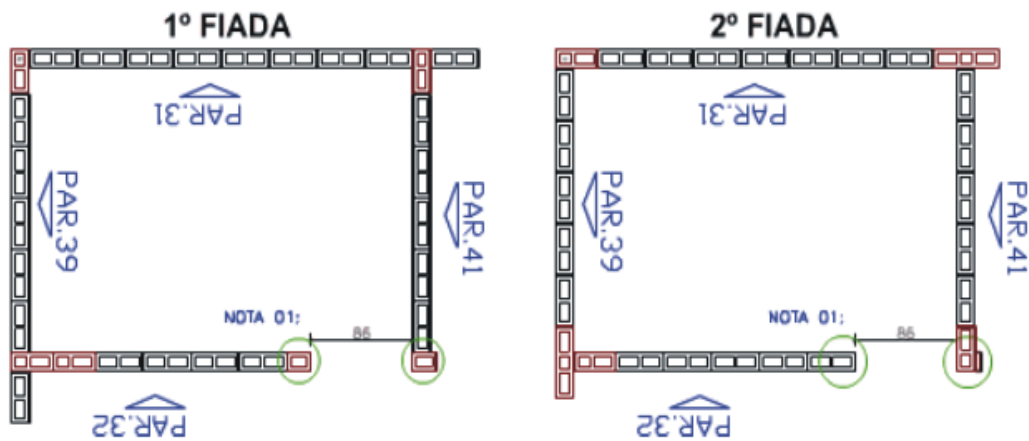
Para Cavalheiro (1995, p. 27), coordenação modular é a técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas das unidades de alvenaria por meio de um reticulado de referência. A modulação é a base do sistema de coordenação dimensional utilizado nos edifícios em alvenaria estrutural. O projetista deverá trabalhar sobre uma malha modular com medidas baseadas no padrão dos blocos utilizados.

A coordenação modular só pode ser alcançada se os blocos e demais elementos forem padronizados, se houver arranjo adequado das juntas, se os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações forem compatibilizados. Outro fator importante para a fase de execução é a definição de medidas eficazes para garantir as juntas com as tolerâncias adequadas a modulação adotada (ROMAN, p. 41).

2.2.11.1 Modulação horizontal

À primeira vista pode parecer que o único parâmetro a ser considerado na escolha do módulo horizontal a ser considerado para uma edificação seja seu arranjo arquitetônico (fig. 5). Para Ramalho (2008, p.16) o principal parâmetro a ser considerado para a definição da distancia modular horizontal de uma edificação em alvenaria é a largura do bloco a ser adotado. Isso porque o ideal é que o módulo longitudinal dos blocos a serem utilizados seja qual à largura a ser adotada.

Figura 5: Exemplo de modulação horizontal

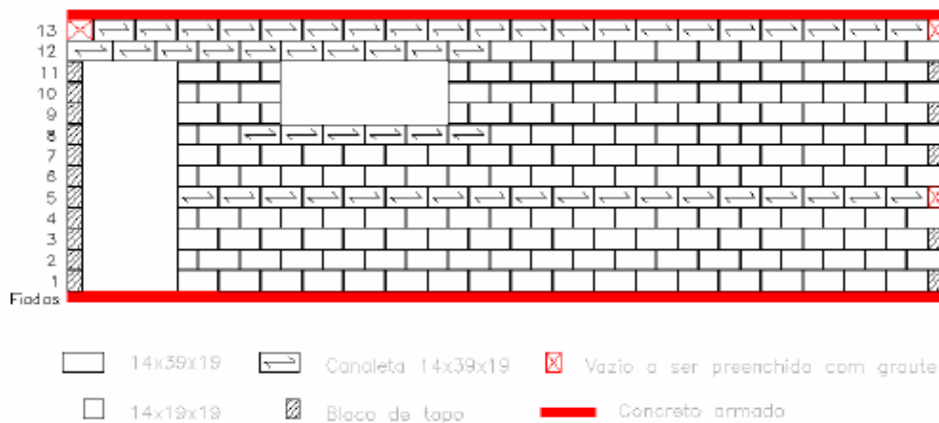


Fonte:www.bricka.com.br

2.2.11.2 Modulação vertical

A modulação vertical (fig. 6) raramente provoca mudanças significativas no arranjo arquitetônico, mas é importante passar canaletas onde há vãos abertos, tanto na parte inferior como superior (RAMALHO, 2000, p.21).

Figura 6: exemplo de modulação vertical



Fonte: www.bricka.com.br

A norma brasileira NBR 8798 - Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, especifica as condições mínimas para dosagem não experimental da argamassa de assentamento as quais

estão apresentadas. A argamassa de assentamento dos blocos de concreto é mista composta por cimento cal e areia no traço 1:1/2:6.

2.2.12 Instalações elétricas

De acordo com Cavalheiro (1995, p. 34), as instalações elétricas, de telefonia e de televisão, na Alvenaria Estrutural devem passar dentro de eletrodutos embutidos nas paredes de alvenaria, nos vazados verticais dos blocos. A distribuição horizontal dos eletrodutos poderá se feita ou por embutimento nas lajes ou por embutimento em forros falsos. Devem ser evitados pontos de luz e interruptores próximos de aberturas, como janelas e portas, pois a primeira prumada de vazados após a abertura poderá ser grauteada, impedindo o posterior embutimento das caixas (MODLER, 2000, p.68).

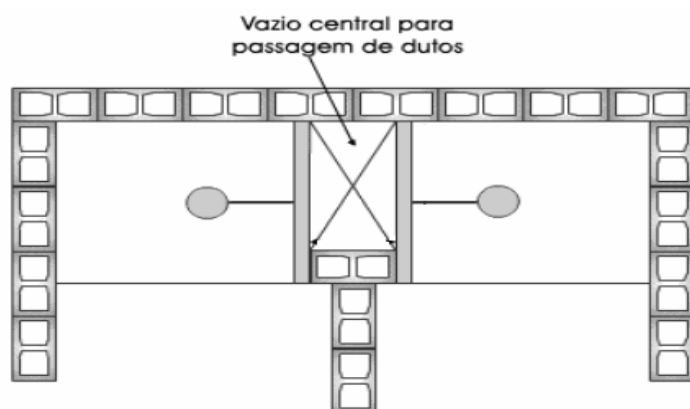
2.2.13 Instalações hidráulicas

Para Roman (1980, p. 32), o grande problema de passagem das tubulações em alvenaria estrutural são as instalações hidro-sanitárias, pelo fato de possuírem diâmetros maiores e poderem apresentar problemas de vazamento ou qualquer outro que requeira manutenção. É importante salientar que eventuais necessidades de cortes para manutenção em caso de vazamento poderá atingir a integridade das paredes e alterar sua função estrutural. Portanto, o projeto das instalações hidro-sanitárias deve prever o embutimento da forma mais racionalizada possível.

Para Cavalheiro (1995, p. 38), uma boa opção são os shafts hidráulicos (fig. 7), normalmente executados junto aos boxes de banheiros e em áreas de serviço. Shafts são passagens deixadas nas lajes, de alto a baixo do edifício, especialmente para a locação das prumadas primárias. A utilização deste elemento significa uma grande facilidade na execução das instalações, uma vez que praticamente elimina a interferência do trabalho do pedreiro com o

instalador e soluciona a passagem de tubulações de grande diâmetro sem a necessidade de quebra e enchimento das paredes.

Figura 7: Utilização de um Shaft para passagem dos dutos em dois banheiros.



Fonte: www.bricka.com.br

3.0 ESTUDO DE CASO

3.1 Procedimentos

Define-se custo como sendo o gasto relativo a produtos e serviços utilizados na produção de outros bens e serviços (CABRAL, 1988, p.21).

Segundo Marchesan (2001, p.12), define custo como valor monetário dos bens e serviços empregados pela empresa no processo de produção de bens e serviços.

Para Formoso (1986, p 31), o sistema de custeio é formado por cinco elementos primários, materiais, mão-de-obra, equipamentos, custos gerais diretos da obra e custos indiretos de produção.

Na escolha de um sistema de custeio, quanto maior o detalhamento, maiores custos estarão envolvidos na obtenção do mesmo. Neste estudo de caso analisaremos os custos das fundações, levantamento da alvenaria, e revestimentos dos dois sistemas construtivos.

Instalações elétricas e hidráulicas, não serão detalhadas o seu custeio, sendo estes considerados iguais nos processos construtivos analisados, por serem

muito próximos, a não ser, o custo gerado pela perda de material e argamassa, além de pessoal para cortar as paredes no sistema de concreto armado. O entulho gerado e também o trabalho para limpeza, gera um custo maior para instalações elétricas e hidráulicas no sistema construtivo em concreto armado.

Este trabalho, para a análise de custos realizou-se considerou-se a construção de e um edifício executado em concreto armado com vedação em blocos cerâmicos com medidas de 14x19x29cm, e outro edifício executado em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos em 14x19x39cm.

Obtiveram-se os dados desta pesquisa através, de planilhas detalhadas das quantidades de materiais e equipamentos utilizados em cada obra, e também a quantidade de tempo necessárias para a realização das etapas de cada sistema construtivo.

Segundo Wendler (1999, p. 41), existem diferenças significativas entre os orçamentos estimativos do consumo de material e mão-de-obra, e os que de fato são utilizados até a finalização da obra.

Em nosso levantamento serão utilizadas as planilhas depois da obra executada, com as quantidades verdadeiras que foram consumidas na mesma. Em poder destas planilhas, com valores atualizados da segunda quinzena de Outubro de 2009, teremos um levantamento de qual o sistema é mais econômico.

Os dois prédios têm planta bem semelhante, ambos com 4 andares e um total de 16 apartamentos de 2 quartos, sala, cozinha, área de serviço e banheiro com área aproximada 53 m² útil cada, a sua planta está no ANEXO H deste trabalho, e totalizando entre área comum e útil, 910m² construídos cada edifício. Ambos foram edificadas no mesmo bairro e o resultado da sondagem feita no solo dos dois edifícios foi muito semelhante. Fator importante, pois se houvesse uma diferenciação muito grande no tipo de solo, não poderíamos comparar o custo das duas edificações.

Para facilitar, a partir de agora chamaremos o sistema construtivo em alvenaria estrutural, de simplesmente ALVEST e o sistema construtivo em concreto armado de CONARM.

3.2 Levantamento dos dados

Nesta avaliação avaliaremos os materiais e equipamentos separados da mão-de-obra. Não foi possível realizar uma composição completa de cada um em relação a cada serviço. O custo da mão-de-obra foi separada dos custos dos materiais e dos equipamentos em função da dificuldade de quantificar o custo dos ajudantes em cada serviço, pois os mesmos acabam participando de um mais serviços, o custo da mão-de-obra dos ajudantes foi descrita de uma forma geral para toda a obra.

Os custos de insumos que foram utilizados nas duas obras, com valores próximos, com a sondagem feita nos terrenos, não foram levados em conta, pois só avaliaremos dados que tenham diferença significativa no custo total da obra.

3.2.1 Fundações

3.2.1.1 Estacas

Depois da análise do solo, através de sondagem, e de posse dos cálculos das cargas de cada prédio exerceria sobre o solo (tabela 11), foi quantificado o numero de estacas, diâmetro e profundidade das mesmas para cada um dos prédios. Com diferença de quantidade e distribuição das estacas.

Tabela 11: Peso da estrutura em função da área construída.

Obra	toneladas	T/m ²
ALVEST	4.237,36	4,65
CONARM	4.118,84	4,52

Fonte: Engenheiro Cláudio de Souza – CREA SP

Podemos notar que o peso da estrutura dos dois sistemas construtivos é bem próxima, pois o maior peso na obra ALVEST está distribuído pela alvenaria e a obra CONARM seu peso mais significativo esta nas colunas e vigas, já que a sua alvenaria é mais leve que a da anterior.

Por opção do engenheiro responsável pelo calculo estrutural, a estaca utilizada foi tipo hélice-contínua com 30cm de diâmetro (foto 10), nas duas obras com seu custo nas (tabelas 12, 13, 14 e 15). Apesar do peso da estrutura ser bem próximo foi utilizado um número diferente de estacas nas duas obras, porque o tipo de descarga cada obra é de forma distinta.

Foto 10: Perfuração hélice contínua



Fonte: A autora, 2006

Tabela 12: Custo de perfuração das estacas hélice-contínua

Obra	Nº de estacas	Profundidade(m)	Custo m2(R\$)	Total(R\$)
ALVEST	62	10,50	18,00	11.718,00
CONARM	51	11,00	18,00	10.098,00

Tabela 13: Custo do concreto utilizado nas estacas

Obra	Nº de estacas	Quant. Concreto (m3) por estaca	Custo m3(R\$)	Total(R\$)
ALVEST	62	0,75	235,00	10.927,50
CONARM	51	0,78	235,00	9.348,30

Tabela 14: Custo da ferragem montada utilizada nas estacas

Obra	Nº de estacas	Ferragem por estaca (k)	Custo K(R\$)	Total(R\$)
ALVEST	62	21,07	6,10	7.968,67
CONARM	51	22,10	6,10	6.875,31

Tabela 15: Custo total das estacas

Obra	Perfuração	Concreto	Ferragem	Total(R\$)
ALVEST	11.718,00	10.927,50	7.968,67	30.614,17
CONARM	10.098,00	9.348,30	6.875,31	26.321,61

3.2.1.2 Baldrame

Apesar ter sido o mesmo tipo de estaca, elas foram dispostas de forma distinta, as estacas da obra ALVEST (tabela 16), foram alocadas ao longo do baldrame e será utilizada fundação tipo sapata corrida. Já a obra CONARM foi utilizado uma fundação com sapatas isoladas nos pontos onde os pilares descarregaram as suas cargas, e sobre ele um baldrame onde será levantada a alvenaria de vedação (tabela 17).

Devido a isso tivemos um maior consumo de formas na obra CONARM, pois elas foram necessárias nas sapatas e no baldrame.

Tabela 16: Custo da sapata corrida da obra ALVEST

Serviço	Unid.	Quantidade	Custo Unit.	Custo Total
Concreto				
Concreto fck=18MPa	.m3	26,0	218,00	5.668,00
Bomba p/ Concreto	.m3	26,0	20,00	520,00
Aço da sap. corrida				
Ca50 5,0mm	Kg	24,0	5,60	134,40
Ca50 6,3mm	Kg	175,0	5,35	936,25
Ca50 8,0mm	Kg	420,0	4,30	1806,00
Ca50 10,0mm	Kg	48,0	4,15	199,20
Ca 50 12,5mm	Kg	124,0	4,15	514,60
Ca 50 16,0mm	Kg	1490,0	4,15	6183,60
Ca50 20,0mm	Kg	148,5	4,15	616,27
arame	Kg	25,0	5,50	137,50
Serv. de corte e dobra*	Kg	2.429,5	0,40	971,80
Formas sap. Cor.**				
forma	.m2	195,0	9,70	1891,50
Serv. de carpintaria***	.horas	113,0	11,20	1.265,60
TOTAL				20.844,72

* O serviço corte e dobra foi feito por empresa terceirizada e cobrado por Kg de material

** As formas o valor do m2 já está totalizado tabuas, sarrafos e pregos.

*** O serviço de carpintaria foi calculado o numero de horas multiplicado pela quantidade de carpinteiros incluindo a mão-de-obra para encher a fundação.

Tabela 17: Custo do baldrame e sapatas da obra CONARM

Serviço	Unid.	Quantidade	Custo Unit.	Custo Total
Concreto				
Concreto fck=18MPa	.m3	27,50	218,00	5.995,00
Bomba p/ Concreto	.m3	27,50	20,00	550,00
Aço vigas baldrames				
Ca50 5,0mm	Kg	36,0	5,60	201,60
Ca50 6,3mm	Kg	42,0	5,35	224,70
Ca50 8,0mm	Kg	68,0	4,30	292,40
Ca50 10,0mm	Kg	435,0	4,15	1805,25
Ca 50 12,5mm	Kg	496,0	4,15	2058,40
arame	Kg	15	5,50	82,50
Serv. de corte e dobra*	Kg	1.077,0	0,40	430,80
Formas baldrame**				
Formas	.m2	131,0	9,70	1.270,70
Serv. de carpintaria***	.horas	52,0	11,20	582,40
Aço das sapatas				
Ca50 8,0mm	Kg	175,0	4,30	752,50
Ca50 10,0mm	Kg	102,0	4,15	423,30
Ca50 12,5mm	Kg	48,0	4,15	199,20
arame	Kg	4	5,50	22,00
Serv.de corte e dobra*	Kg	325,0	0,58	188,50
Formas sapatas**	.m2	42,0	9,70	407,40
Serv. de carpintaria***	.horas	25,0	11,20	280,00
TOTAL				15.766,65

* O serviço corte e dobra foi feito por empresa terceirizada e cobrado por Kg de material

** As formas o valor do m2 já está totalizado tabuas, sarrafos e pregos.

*** O serviço de carpintaria foi calculado o número de horas multiplicado pela quantidade de carpinteiros.

Tabela 18: Custo total da Fundação

Obra	Estacas	Baldrame	Total
ALVEST	30.614,17	20.844,72	51.458,89
CONARM	26.321,61	15.766,65	42.088,26

Podemos observar na (Tabela 18), que a fundação da obra CONARM tem custo inferior à ALVEST, pois no edifício em alvenaria estrutural o maior gasto em aço é na fundação.

3.2.2 Estrutura

3.2.2.1 Estrutura do obra ALVEST

O bloco utilizado, foi fornecido pela cerâmica Selecta, que é uma das maiores produtoras de blocos cerâmicos estruturais em São Paulo. A totalização da quantidade de blocos, foi formada pela soma da quantidade usada mais a perda por quebra, que pela ótima qualidade do bloco é bem pequena. A execução da alvenaria se mostrou bem rápida exigindo menos de pedreiros e ajudantes para a sua execução (fotos 11 e 12).

Foto 11: Parte da alvenaria executada



Fonte: A autora, 2009

Foto 12: Parte da alvenaria estrutural executada em ponto de laje



Fonte: A autora, 2009

Para assentamento da alvenaria utilizou-se argamassa pronta, em sacos de 50 Kg, da marca Cinpor, confeccionada em uma argamasseira fornecida pelo próprio fabricante da argamassa, utilizando assim menor quantidade de ajudantes. Por ser um produto único podemos quantificar com exatidão a quantidade de argamassa que foi utilizada.

No grauteamento foi utilizado o graute Weber Quartzolit, saco de 25 kg, misturada em betoneira, também assim utilizando pequena quantidade de ajudantes. Também por ser um produto único a quantidade utilizada não agrega nenhuma perda.

Tabela 19: Custo total da Alvenaria Estrutural

Material e Serviço	Unid.	Quantidade	Custo unit.	Custo Total
Blocos Cerâmicos Estrut.				
14x19x39	Pç	26.350	1,48	38.998,00
12x19x39	Pç	2.480	1,34	3.323,20
14x19x19	Pç	980	0,76	744,80
12x19x19	Pç	110	0,70	77,00
14x19x34	Pç	225	1,40	315,00
U-14x19x39	Pç	2.850	2,20	6.270,00
U-14x19x19	Pç	140	1,20	168,00
U-12x19x39	Pç	300	2,05	615,00
Aço				
Ca-50 10mm	Kg	2312	4,15	9.594,80
Arame	Kg	22	5,50	121,00
Argamassa				
Cinpor 50Kg	Sc	985	12,80	12.608,00
Graute				
Weber 25Kg	Sc	864	8,80	7.603,20
Mão-de-Obra				
Pedreiros*	horas	2340	11,20	26.208,00
Ajudantes*	horas	2340	5,10	11.934,00
TOTAL				111.209,00

*Horas trabalhadas multiplicados pelo numero de pedreiros e ajudantes.

Nesta obra não foram utilizados os blocos específicos para elétrica e hidráulica, foi optado por fazer os cortes com maquina tipo Makita, já que este tipo de blocos são mais caros que os normais.

3.2.2.2 Estrutura da obra CONARM

Nesta obra foi utilizado na alvenaria, blocos cerâmicos de vedação nas medidas 14x19x29 e 9x19x19, fornecidos pela cerâmica Ituana, e também tijolo tipo comum (foto 13). A totalização da quantidade de blocos, foi formada pela soma da quantidade usada mais a perda por quebra, que neste tipo de bloco há uma quebra muito maior do que os blocos utilizados na alvenaria estrutural.

Foto 13: Edifício em concreto armado



Fonte: A autora, 2008

Como na obra ALVEST o assentamento da alvenaria também se utilizou argamassa pronta, em sacos de 50 Kg, da marca Cinpor, confeccionada em uma argamasseira fornecida pelo próprio fabricante da argamassa, utilizando assim menor quantidade de ajudantes. Por ser um produto único podemos quantificar com exatidão a quantidade de argamassa que foi utilizada.

Neste tipo de sistema construtivo para a mão-de-obra, além de pedreiros e ajudantes precisamos dispor de carpinteiros para a montagem de formas e armadores para a montagem de pilares e vigas.

Para os materiais também quantificaremos a quantidade de formas utilizadas, para a confecção das vigas e pilares.

Tabela 20: Custo da Alvenaria de Vedação

Material e Serviço	Unid.	Quantidade	Custo unit.	Custo Total
Blocos Cer. Vedação				
14x19x29	Pç	18.450	0,58	10.701,00
11,5x14x24	Pç	37.200	0,33	12.276,00
14x19x14	Pç	1.250	0,29	362,50
11,5x14x12	Pç	3.200	0,17	544,00
Tijolo comum				
4x9x19	Pç	3.500	0,20	700,00
Mão-de-Obra				
Pedreiros*	horas	1420	11,20	15.904,00
Ajudantes*	horas	1420	5,10	7.242,00
Argamassa				
Cinpor 50Kg	Sc	1180	12,80	15.104,00
TOTAL				62.833,50

*Horas trabalhadas multiplicados pelo numero de pedreiros e ajudantes.

Tabela 21: Custo dos Pilares e Vigas

Material e Serviço	Unid.	Quantidade	Custo unit.	Custo Total
Aço vigas e pilares				
Ca50 5,0mm	Kg	336,0	5,60	1.881,60
Ca50 6,3mm	Kg	422,0	5,35	2.257,70
Ca50 8,0mm	Kg	698,0	4,30	3.001,40
Ca50 10,0mm	Kg	3.485,0	4,15	14.462,75
Ca 50 12,5mm	Kg	4.468,0	4,15	18.542,20
Ca50 16,0mm	Kg	1.880,0	4,15	7.802,00
Ca50 20,0mm	Kg	920,0	4,15	3.818,00
Arame	Kg	75	5,50	412,50
Serv. de corte e dobra	Kg	11.209,0	0,40	4.483,60
Formas Vigas e Pilares				
forma	.m2	330,0	21,50	7.095,00
Serv. de carpintaria*	.horas	1.024,0	11,20	11.468,80
Concreto vigas e pilares				
Concreto fck=25MPa	.m3	95,0	232,00	22.040,00
Bomba p/ concreto	.m3	95,0	20,00	1.900,00
TOTAL				98.158,55

*Horas trabalhadas multiplicados pelo numero de carpinteiros.

As formas utilizadas foram de compensado plastificado, que pode ser reaproveitado em todos os andares. Houve uma perda porque algumas formas acabaram estragando-se, até o final do uso, mas esta perda esta somado na quantidade de metros de formas.

Total da alvenaria na obra CONARM...161.992,05

3.2.3 Lajes e escadas

Tanto no prédio ALVEST como no CONARM, utilizou-se laje maciça moldada no local, a ferragem utilizada nas duas obras tem diferença que pode-se considerar desprezível, a espessura de concreto também foi a mesma, proporcionando consumo semelhante.

As escadas também moldadas no local, foram projetadas igualmente para as duas obras pelo Engenheiro, tendo um custo igual (foto 14).

Foto 14: Escada fundida no local em concreto armado



Fonte: A autora, 2009

Apesar destes dois itens terem relativamente valores expressivos para a obra, não serão levados em conta, para efeito da quantificação da diferença de custo das obras, por serem muito próximos para as duas obras.

3.2.4 Revestimento Interno

Já no revestimento interno, apesar de ter sido usado o mesmo produto, ou seja, gesso liso. Na obra de alvenaria estrutural obteve-se uma relativa economia de produto, devido os blocos terem um melhor acabamento.

Tabela 22: Revestimento interno ALVEST

	Quant.	Preço (R\$)	Total (R\$)
Gesso (sacos)	765	13,50	10.327,50
Mão-de-obra (m)	3.050	4,00	12.200,00
TOTAL			22.527,50

Tabela 23: Revestimento interno CONARM

	Quant.	Preço (R\$)	Total (R\$)
Gesso (sacos)	975	13,50	13.162,50
Mão-de-obra (m)	3.050	4,80	14.640,00
TOTAL			27.802,50

A mão-de-obra do revestimento interno é terceirizada, mas podemos observar que o valor da aplicação sobre o bloco da alvenaria estrutural é mais barato, pois segundo os aplicadores o serviço rende muito mais.

3.2.5 Materiais e serviços não quantificados

O revestimento externo, contra pisos, elétrica, hidráulica, azulejos, pisos e outros acabamentos não foram aqui medidos por serem feitos de formas

semelhantes, e, portanto não representando diferenças expressivas para execução destes serviços nas duas obras aqui analisadas.

A elétrica e hidráulica são os serviços que mais apresentam diferenças, na forma de executar nos dois sistemas construtivos, enquanto no ALVEST o eletricitista e encanador trabalham simultaneamente com os pedreiros, na obra CONARM os serviços de embutir eletrodutos e canos nas paredes são feitos posteriormente a execução das paredes.

Apesar da obra CONARM ter o serviço de corte das paredes, chumbar os eletrodutos, recolher o entulho, estes serviços são executados por um ajudante, não havendo a necessidade do eletricitista e do encanador em tempo integral como na alvenaria estrutural. Tornando assim as diferenças de custo mais próximas e consideradas desprezíveis.

3.3 Avaliação dos dados obtidos

Tabela 24: Totalização dos valores apurados

	ALVEST	CONARM
Fundação	51.458,89	42.088,26
Alvenaria	111.209,00	161.992,05
Revestimento Interno	22.527,50	27.802,50
TOTAL	185.195,39	231.882,81

Para podermos ter uma noção da porcentagem, de quanto um sistema construtivo é mais econômico que outro precisamos ter acesso aos valores de materiais e serviços, que foram utilizados e não medidos por este trabalho.

De posse do histórico de mão-de-obra e materiais utilizados até a conclusão da obra, exceto pintura, foi apurado os custos desses itens. Para as duas obras ALVEST e CONARM, foram utilizados os mesmos acabamentos externos e de revestimento de todos os ambientes e por isso adotaremos os mesmos valores para os dois sistemas construtivos.

O valor apurado para estes itens foi de R\$ 262.231,00.

3.3.1 Análise final dos dados

Tabela 25: Custo total das duas obras.

	ALVEST	CONARM
Mão-de-obra e Serviços de custo diferenciados	185.195,39	231.882,81
Mão-de-obra e Serviços de custo semelhantes	262.231,00	262.231,00
TOTAL	447.426,39	494.113,81

Com os valores obtidos nesta pesquisa, observamos uma razoável economia do sistema construtivo em alvenaria estrutural em relação ao sistema de concreto armado.

- A vantagem econômica apurada chegou à 10,4%, provando que o Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural, para este tipo de edificação, tem uma economia relativamente expressiva.

3.4 Tempo de execução das obras

Não foi somente no aspecto custo, que a obra construída em alvenaria estrutural, se mostrou mais eficiente. O tempo de execução da fundação mais o levantamento da alvenaria, que é um aspecto muito importante a ser observado, teve estes resultados:

- Obra em Alvenaria estrutural: 105 dias trabalhados.
- Obra em Concreto armado: 126 dias trabalhados.

4 CONCLUSÃO

O processo construtivo em alvenaria estrutural vem se tornando cada vez mais um processo adequado para os dias de hoje, pois conduz a uma opção rápida, limpa, eficiente, segura e economicamente mais vantajosa do que a opção de utilização do concreto armado, onde as paredes tenham somente a função de vedação. A construção civil está muito atrasada se comparada com a evolução da indústria. A alvenaria estrutural permite que o canteiro de obras torne-se mais próximo a uma linha de montagem o que conduz a todas as vantagens apontadas acima.

Como podemos comprovar neste trabalho a Alvenaria Estrutural é um sistema construtivo econômico, que cresce com base nos processos de construções industrializadas. Ainda que a Alvenaria seja uma das mais antigas formas de construção, os estudos técnicos e construtivos continuam em constante evolução.

A opção de rapidez, limpeza, eficiência e segurança chamam a atenção de qualquer empreendedor. A maior particularidade deste sistema é a concepção do projeto, que exige uma boa coordenação entre os projetos, para ser bem sucedido e aproveitando ao máximo todas as vantagens deste sistema construtivo.

A indústria moderniza e reforça a capacidade construtiva deste sistema, que se distancia cada vez mais de ser um método adotado apenas em construções populares. A utilização de blocos especiais possibilita maior criatividade nas modulações das edificações.

Os números de economia aqui apresentados, são superiores a um trabalho de comparação feito por Silva (2002), que chegou a uma economia de 2% para prédios de 4 andares, mas com apartamentos com 45 m², fato que não seria justificativa para estas diferenças. Um fato muito relevante, foi aumento de custos do aço e concreto, no último ano. Como exposto nas tabelas do estudo de caso, o sistema construtivo em concreto armado depende de grande quantidade destes dois materiais para o seu custo final.

Diante disso o sistema construtivo em alvenaria estrutural, atualmente se mostra muito eficaz para termos uma construção racionalizada e econômica e também mais rápida.

O resultado de todos estes fatores é o avanço deste sistema, em empreendimentos de alto

padrão e em casas com formas menos simétricas. Concomitantes com o crescimento do emprego na construção civil avançam as divulgações e publicações no assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em www.abcp.org.br; Acesso em: setembro 2009.

ARAÚJO J. M. **Projeto estrutural de edifícios de concreto armado**. Rio Grande. Ed. Dunas, 2004.

ALONSO, U. R. **Fundações**. São Paulo, 2^o ed. Ed. Blucher, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837** – Cálculo de Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136** – Blocos Vazados de Concreto Simples para a Alvenaria Estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122** – Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.270** – Bloco Cerâmico para Alvenaria, Especificações. Rio de Janeiro, 1992.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7171** – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184** – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6461** – Bloco cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8215** – Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9287** – Argamassa de assentamento para alvenaria de blocos de concreto – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215** – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 1994.

BENEVOLO, L. **História da Arquitetura Moderna**. S.P., Ed. Perspectiva, 1976.

BRICKA, Alvenaria Estrutural – Manual de Tecnologia. Disponível em : www.bricka.com.br; Acesso em: Setembro 2008.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto Armado em teamo**. Vol.1. 5ª ed. São Paulo. Ed. Blucher, 2008.

CABRAL, E.C.C. **Proposta de metodologia operacional para obras de edificações.** Dissertação de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 1988.

CAVALHEIRO, O. P. **Fundamentos de alvenaria estrutural.** Apostila, UFSM, Santa Maria, 1995.

CERÂMICA SELECTA. Disponível em www.ceramicaselecta.com.br Acesso em: Agosto 2009.

FERNANDES, G. B. **Fundações em estacas.** Concreto armado II, apostila, UNICAMP, Campinas, 1997.

FORMOSO, C. T. **Estimativa de custos de obras de edificações.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 1986.

FRANCO, L. S.. **Desempenho da alvenaria a Compressão.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1988.

.....**Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada.** Doutorado em Engenharia Civil, USP. São Paulo, 1992.

FUSCO, P. B. **Técnicas de armar as estruturas de concreto.** 2^o ed. Editora Pini, São Paulo, 1995.

GERDAU, Disponível em: www.gerdau.com.br ; acesso em: Outubro de 2009.

GRAZIANO, F.P. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado.** Editora São Paulo, São Paulo, 2005.

HELENE, P. R. L. **Estrutura interna do concreto**. IPT, EPUSP, São Paulo, 1980.

ISAIA, G. C. **Controle e qualidade de estruturas de concreto armado**. IBRACON, São Paulo, 1988.

JACARANDA, Tijolos e Blocos Estrutural. Disponível em: www.jacarandanet.com.br; Acesso em: março 2008.

JÚNIOR, A.L.M. **Lançamento da estrutura de um edifício: posicionamento e pré-dimensionamento de seus elementos estruturais**. Unicamp, Campinas, 1993.

LEONARDS, G.A. **Foundation engineering**. New York, McGraw Hill, 1962.

LEONHARDT, F.; MONNING, E. **Construções de concreto. Vol.1: Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 1982.

MARCHESAN, P.R.C. **Modelo Integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

MELHADO, S.B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Tese mestrado, EPUSP, São Paulo. 2001.

METHA, P. R.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. Edit. Pini, São Paulo, 1994.

MODLER, L.E.A. **Qualidade de projeto de edifícios em alvenaria estrutural**. Mestrado. UFSM, 2000.

NEVILLE, A. M. **Properties of concret**. Burnt, Mell, Englang, Longman Scientific, 1988.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Editora Globo, Rio de Janeiro, 1993.

PFEIL, W. **Concreto armado**. 2. ed.; São Paulo: Edusp, 1975.

PINHEIRO, Libânio M. ,MUZARDO, Cassiane D. **Estruturas de Concreto** - EESC Departamento de Engenharia de Estruturas, Santa Catarina, 2003.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Pini. 2^o ed. São Paulo, 2003.

ROMAN, H. R. **Alvenaria estrutural: Desenvolvimento e Perspectivas**. Monografia (Monografia apresentada como parte dos requerimentos de Concurso de Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis,1997.

ROMAN, H.R., MUTTI, C. N., ARAÚJO, H. N. **Construindo em Alvenaria estrutural**. 1. ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999.

ROSSO, T. **Racionalização da construção**. São Paulo, FAU, USP, 1980.

SABBATINI. F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos – formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

SILVA, M. A. C. **Metodologia de Seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custo ao longo da vida útil.** 2002. (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São P.

VASCONCELOS, A. C. **História do concreto no Brasil.** Ed. Studio Nobel, São Paulo, 1985.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto.** Apostila do curso de alvenaria estrutural da ABCP, São Paulo, 1999.