

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

**PRISCILLA TROIB PENTEADO
RAQUELE CRUZ MARINHO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS: ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO, ALVENARIA COM
BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE
CONCRETO NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA POPULAR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2011**

PRISCILLA TROIB PENTEADO
RAQUELE CRUZ MARINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS: ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO, ALVENARIA COM
BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE
CONCRETO NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA POPULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Projeto Final 2, do Curso de Engenharia de Produção Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Curitiba, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Cezar Augusto Romano.

CURITIBA
2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO, ALVENARIA COM BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO NA CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA POPULAR

Por

PRISCILLA TROIB PENTEADO e RAQUELE CRUZ MARINHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 25 de novembro de 2011, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Cézar Augusto Romano, Dr.
UTFPR

Prof. José Alberto Cerri, Dr.
UTFPR

Prof. Rodrigo Kanning, MSc.
UTFPR

RESUMO

PENTEADO, P. T; MARINHO, R. C. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: Solo-Cimento, Alvenaria Convencional e Alvenaria Estrutural.**

2011. 64 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Civil- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2011

O incentivo do governo para programas de habitação popular culminou no crescimento da demanda na construção civil. Este cenário traz a necessidade de estudar novos sistemas construtivos, principalmente os que poluam o mínimo possível. Este trabalho apresenta, sob a ótica dos sistemas construtivos na Construção Civil, uma análise comparativa de custo e produtividade do processo construtivo com blocos de solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos de concreto. Foi realizada uma comparação considerando o custo e o tempo de execução das etapas de estrutura, vedação e revestimentos internos e externos de uma residência popular de dois dormitórios e trinta e três metros quadrados. Foram realizados estudos de campo dos processos e também análise das planilhas orçamentárias e de produção destes sistemas. A vantagem da obra com blocos de solo-cimento em relação às outras estudadas ocorre no que se refere ao tempo de conclusão da obra, ao custo, ao desperdício de material, à poluição ambiental entre outros, principalmente quando isto se aplica a construção de várias unidades, como nos programas habitacionais do governo federal.

Palavras-chave: Solo-cimento; Alvenaria convencional; Alvenaria estrutural; Programa habitacional.

ABSTRACT

PENTEADO, P. T; MARINHO, R. C. Comparative analysis of costs and productivity of building systems: Soil-Cement, Conventional Masonry and Structural Concrete Block Masonry. 2011. 64 pages. Graduate Work (Bachelor of Civil Engineering Production - Federal Technology University - Parana. Curitiba, 2011.

This study presents, from the viewpoint of building systems in Civil Engineering, an analysis of pros and disadvantages of the constructive process with soil-cement compared to the conventional construction process and the concrete block masonry. This comparative examination was made considering costs and runtime of the stages of structure and sealing and internal and external coatings of a popular two-bedroom residence and with thirty-three square meters, set to the three building systems. The proceedings have been studied and was also conducted a review of budget worksheets and producing of these systems. The benefit of the use of soil-cement compared to conventional masonry with concrete-block takes place in relation to time of completion, costs, waste of materials, environmental pollution, among others, especially when this applies to several units building, as in federal housing programs. It was found that costs of a home unit on the system soil-cement are shorter than in the conventional system and masonry, as well as productivity is the greatest among all three systems.

Keywords: Soil-cement; Conventional masonry; Structural masonry; Housing program.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. OBJETIVO	9
1.1.1. OBJETIVO GERAL	10
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.2. JUSTIFICATIVA	11
2. EMBASAMENTO TEÓRICO	13
2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	13
2.2. BLOCOS SOLO-CIMENTO: DESCRIÇÃO GERAL	15
2.3. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	19
2.4. BLOCOS CERÂMICOS	20
2.4.1. Assentamento	21
2.4.2. Alvenaria de Tijolo Cerâmico	22
2.4.3. Execução de Alvenarias	23
2.5. BLOCOS DE CONCRETO	24
2.5.1. O Bloco	25
2.5.2. Dimensões e Modulação dos Blocos	25
2.5.3. Resistência Mecânica	26
2.5.4. Processos de Assentamento e Juntas de Argamassa	27
2.5.5. Amarração	28
3. METODOLOGIA	32
4. CÁLCULO DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS	34
4.1. TABELAS DE CUSTO	35
4.1.1 Alvenaria com Blocos Cerâmicos	36
4.1.2. Alvenaria com Blocos de Concreto Estrutural	37
4.1.3. Alvenaria com Blocos de Solo-Cimento	39
4.2. TABELAS DE PRODUTIVIDADE	47
4.2.1 Produtividade do Sistema de Alvenaria de Solo-Cimento	47
4.2.2. Produtividade do Sistema com Blocos Cerâmicos	49

4.2.3. Produtividade do Sistema de Alvenaria de Concreto Estrutural.....	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
6. CONCLUSÕES	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Unidades habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida no Residencial Casas do Parque, em Campinas (SP).....	11
Figura 2: Esquema simplificado do processo de fabricação do bloco solo-cimento.....	20
Figura 3 - Esquema simplificado do processo de fabricação do bloco solo-cimento.....	26
Figura 4 – Tipos de Tijolos.	27
Figura 5 - Execução de alvenaria após execução da estrutura (a) e antes da estrutura (b).....	29
Figura 6 - Espessuras mínimas das parede do bloco de concreto.....	31
Figura 7 – Família 39.	32
Figura 8 - Exemplo de projeto de primeira e segunda fiada para alvenaria de blocos de concreto.	34
Figura 10: Assentamento de blocos de concreto: juntas devem possuir aproximadamente 1cm	
Figura 9 - Amarração correta dos blocos.....	30
Figura 11 - Assentamento de blocos de concreto: juntas devem possuir aproximadamente 1cm.	31
Figura 12 - Groute e ferragem na alvenaria estrutural.....	31
Figura 13: Tubulação embutida.....	55
Figura 14: Fiação embutida.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões padronizadas dos blocos vazados de concreto para alvenaria estrutural.....	26
Tabela 2 - Tabela de salários dos trabalhadores da construção civil de Junho de 2011.	35
Tabela 3 - Alvenaria convencional com blocos cerâmicos (14x19x39cm). juntas de 12mm com argamassa mista de cimento. cal hidratada e areia sem peneirar traço 1: 2: 8. Espessura da parede 14cm.....	35
Tabela 4 - Armadura de aço para estruturas em geral CA-50. diâmetro 8mm. corte e dobra na obra.	36
Tabela 5 - Fôrma de madeira maciça para vigas. com tábuas e sarrafos (montagem e desmontagem)	36
Tabela 6 - Concreto estrutural virado em obra. controle "A", consistência para vibração, brita 01.....	37
Tabela 7 - Alvenaria estrutural com blocos de concreto, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0.25:3.....	38
Tabela 8 - Concreto grout para parede de alvenaria de concreto estrutural.....	38
Tabela 9 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada até 1,60 m de altura.....	39
Tabela 10 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada com andaime.....	39
Tabela 11 - Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3, e=5mm.	40
Tabela 12 - Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.....	41
Tabela 13 - Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.....	42
Tabela 14 - Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré-fabricada. e=5mm.....	42
Tabela 15 - Gesso aplicado em parede ou teto interno –desempenado.....	43

Tabela 16 - Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida.....	44
Tabela 17 - Pintura interna em Látex PVA.	44
Tabela 18 - Custo total para o sistema de alvenaria de solo-cimento.....	45
Tabela 19 - Custo total para o sistema convencional – Blocos Cerâmicos.....	46
Tabela 20 - Custo total para o sistema de alvenaria de concreto estrutural.....	47
Tabela 21 - Produtividade do sistema de alvenaria de solo-cimento.....	48
Tabela 22 - Produtividade do Sistema Convencional – Blocos Cerâmicos.....	49
Tabela 23 - Produtividade do sistema de alvenaria de concreto estrutural.....	51

1. INTRODUÇÃO

Após a crise econômica de 2008 que abalou os Estados Unidos e, posteriormente se espalhou pelo resto do mundo, o Brasil teve dificuldades no que se refere à contratação de crédito, além da queda nas exportações e na demanda interna.

As expectativas não eram boas: desaceleração da economia e o consequente aumento do desemprego. Como medida para frear a crise no País, o Governo Federal investiu na Construção Civil, colocando, outra vez, o Brasil no caminho do crescimento. (ECONOMIAUOL, 2008)

Desde o início, esta impulsão da construção civil trouxe à tona dúvidas e desafios para os profissionais do setor. Diante de uma demanda jamais experienciada no Brasil, como atender à toda essa expectativa em prazos curtos sem alterar a qualidade das construções?

Este cenário fez com que os brasileiros se atentassem para outra barreira da construção civil no País: a futura escassez de matéria prima, a imensa quantidade de resíduos e entulhos e a geração de poluentes. Portanto, há-se a necessidade de buscar métodos e materiais que possuam desenvolvimento sustentável. Para que um empreendimento humano seja considerado sustentável, deve-se considerar se o mesmo trata-se de algo ecologicamente correto; economicamente viável; socialmente justo; e culturalmente aceito.

Com base nos requisitos acima mencionados, e na premissa de suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas, é que ocorre a escolha do enfoque principal do presente estudo, ou seja, referente ao uso do bloco solo-cimento, o qual, diferentemente dos blocos tradicionais, entre outros aspectos que serão posteriormente citados, dispensa a queima na sua produção.

A alvenaria em solo-cimento caracteriza-se por apresentar um sistema econômico e facilitado de construção. Tem-se conhecimento que ao longo dos anos caiu em desuso, e após estudos relacionados à construção civil, retornou como uma nova tecnologia, capaz de aperfeiçoar os processos construtivos e se adequar às construções sustentáveis, tão em voga atualmente.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar comparativamente três sistemas construtivos utilizados no Brasil: construção com blocos de concreto estrutural, alvenaria convencional com blocos cerâmicos e alvenaria com blocos de solo-cimento através de um estudo de produtividade e custo para construção de residências populares.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer índices de referência correlacionando os blocos assentados (bloco cerâmico, bloco de concreto e bloco de solo-cimento);
- Listar dados comparativos nos aspectos econômico e produtivo dos três sistemas de construção;
- Citar vantagens e desvantagens para cada sistema construtivo.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo o site Blog do Planalto, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) da Habitação, lançado em março de 2009 pelo Governo Federal previa por meio do Programa Minha Casa, Minha Vida, a construção, em dois anos, no Brasil, cerca de um milhão de casas.

Em maio de 2011 o governo federal anunciou novas regras para o programa Minha Casa, Minha Vida 2, que contara com investimentos, até 2014, de R\$ 71,7 bilhões – R\$ 62,2 bilhões do Orçamento Geral da União e R\$ 9,5 bilhões do FGTS. A meta é construir, num período de quatro anos, dois milhões de unidades habitacionais.

Em entrevista concedida em Brasília, conforme o mesmo site, a secretária nacional de Habitação do Ministério das Cidades, Inês Magalhães, informou que 60% das unidades habitacionais serão destinadas a famílias com renda mensal de até R\$ 1.395,00, com o subsídio do governo podendo chegar a 95% do valor do imóvel.



Figura 1: Unidades habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida no Residencial Casas do Parque, em Campinas (SP). Foto: Ricardo Stuckert/Arquivo/PR. Fonte: Blog do Planalto

A construção civil sugere estreita ligação com as preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável, já que muitas das matérias primas utilizadas são escassas e alguns de seus processos geram poluição. Por tais motivos existe um crescente interesse por novas técnicas de construção, fato esse que ocorre também em consequência da escassez de

matéria prima, busca por menores custos e principalmente pela elevada cobrança da população mundial por fontes renováveis, responsabilidade social e ambiental.

A adoção de medidas e produtos que não causem grandes impactos ambientais pode contribuir consideravelmente com a era da sustentabilidade, em busca de um aprimoramento contínuo do desempenho dos materiais e processos.

O bloco solo-cimento, também denominado “bloco ecológico”, se encaixa nos padrões ambientais, devido ao seu processo de fabricação, o qual não utiliza emissões de gases poluentes à atmosfera, visto que hoje, a preocupação com os fatores ambientais é algo da mais extrema importância. Além disso, a matéria prima utilizada na sua fabricação, terra, água e cimento são itens facilmente encontrados na natureza.

Sendo assim, o presente estudo busca uma alternativa para a habitação popular em escala que apresente vantagens em termos de prazos, custos e qualidade, além de proteger o meio ambiente. A alvenaria de blocos de solo-cimento, em função da velocidade de execução e otimização de mão-de-obra pode vir a ser um dos sistemas mais viáveis para este segmento da construção civil.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A produção de bens de consumo atualmente acontece em ciclos abertos, onde a matéria-prima é extraída da natureza sem reposição processada, gerando resíduos – que são lançados na terra, ar ou água–; e a produção por sua vez, após o consumo, gera mais resíduos que são novamente descartados. Este ciclo aberto de materiais e energia acarreta um esgotamento contínuo dos recursos naturais do planeta, tornando, a médio e longo prazo, a vida na terra insustentável (LYLE, 1993).

Este ciclo aberto pode ser substituído por um ciclo semi-fechado, onde a reutilização e a reciclagem dos produtos e subprodutos gerados em toda a vida útil dos bens, podem ser encaminhados para diferentes etapas do próprio produto ou de outros, desta forma, a utilização de recursos naturais será otimizada, diminuindo o consumo de energia, o volume de poluentes lançados na natureza e contribuindo com a geração de empregos e ganhos econômicos (LYLE, 1993).

O setor da construção civil é um dos setores da economia que mais gera impactos ambientais, sendo grande consumidor de recursos minerais e energéticos (JOHN, 2000). Nenhuma atividade humana pode ser desenvolvida sem um ambiente construído, seja direta ou indiretamente. Por exemplo: ao analisar a atividade rural, é observado que a mesma se desenvolve em um ambiente aberto, no entanto, ela necessita de maquinaria e ferramentas, que por sua vez, são fabricadas em edifícios; e de locais apropriados para armazenagem e estocagem dos alimentos, necessitando de forma indireta dos produtos oferecidos pela construção civil.

Segundo John (2000), o setor da construção civil é um dos maiores da economia, o qual produz os maiores bens de consumo, analisando dimensões e proporções, sendo, portanto, o maior consumidor de recursos naturais de qualquer sociedade. Para o autor, o consumo de recursos naturais não diz respeito apenas à matéria-prima utilizada, mas também aos resíduos gerados em toda a vida útil da edificação (como na manutenção e operação), à durabilidade das edificações (vida útil), à necessidade de manutenção, aos desperdícios

gerados por um mau projeto ou ao uso de uma tecnologia inadequada. Como exemplo de consumo, o setor da construção civil consome cerca de 40% de matérias-primas como: areia, pedra britada e cascalho. A extração destes insumos pode acarretar esgotamento, degradação do solo e ser prejudicial à fauna e flora locais. A busca por produtos que causem o menor impacto possível sobre a natureza é um meio de reduzir os danos causados. Porém, identificar produtos com viabilidade econômica e ambiental não é uma tarefa considerada fácil (LIPPIAT, 1998).

Segundo Lyle (1993), o ser humano contava com apenas um ou dois materiais para construir. O homem contemporâneo é o único no decorrer da história, que conta com uma vasta gama de materiais para construção. Isto torna difícil a escolha dos mesmos. Os profissionais selecionam os materiais que utilizarão baseados na satisfação de propósitos construtivos e estéticos, perseguindo critérios de desempenho tais como: conforto térmico, acústico, luminotécnico, textura e cores dos materiais (CIB, 1982). A escolha, por exemplo, entre uma esquadria de alumínio e madeira, considera custos, valor estético, durabilidade, grau de proteção contra chuva e ventos, proteção contra intrusos, entre outros. Porém, ao se levar em conta o desempenho ambiental dos dois componentes, terá que se observar a possibilidade de reciclagem do produto, o caráter renovável da matéria-prima, o conteúdo energético do material, entre outros fatores (COCH et al., 1998).

O entendimento dos sistemas ecológicos introduz um novo conjunto de critérios para a escolha de materiais, baseados nos processos naturais e nos impactos da produção e do uso destes, tornando ainda mais complexa a seleção dos mesmos. Associado a este fato está a necessidade de existirem parâmetros que permitam ao projetista a avaliação destes materiais com base em requisitos ambientais. No Brasil, existem poucas pesquisas que avaliam e caracterizam os materiais segundo critérios ambientais, as quais são fundamentais para os profissionais projetistas da área da construção civil (BARBOSA et al., 2000).

Conforme salienta Sperb (2000), a maioria das referências bibliográficas apresenta uma abordagem muito ampla dos impactos envolvidos no ciclo de vida dos materiais, poucas se detêm na análise por material e estas, quando realizadas, são internacionais, estando afastadas da realidade nacional. Mesmo nacionalmente, esta abordagem deve ser local, para garantir sua compatibilização no contexto social, cultural e econômico. Assim sendo, torna-se imprescindível, para a defesa de um desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, a avaliação ambiental de materiais de construção. Este assunto apresenta um vasto campo

para pesquisa, analisando a vida útil completa dos materiais, ou seja, avaliando seu desempenho ambiental desde a produção até sua disposição final, ao término da vida útil da edificação.

2.2. BLOCOS SOLO-CIMENTO: DESCRIÇÃO GERAL

Entende-se como bloco solo-cimento o produto endurecido, resultado da cura de uma mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagens controladas, conforme a NBR 12024 - Solo-Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos, 1992. Por oportuno esclarece que se adotou o termo bloco, em detrimento ao termo tijolo, uma vez que os referidos produtos apresentam usualmente furos. Segundo Enteiche apud Mercado (1990), trata-se de um processo físico-químico de estabilização, no qual ocorre a reorientação das partículas sólidas do solo com a deposição de substâncias cimentantes nos contatos intergranulares, alterando, assim, a qualidade relativa de cada uma das três fases: sólidos, água e ar; que constituem o solo. O produto que resulta é um material com boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade.

Esse material foi utilizado pela primeira vez em 1915 nos EUA (ABIKO, 1983) pelo engenheiro Bert Reno, que pavimentou uma rua com uma mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland, porém, só em 1935, a Portland Cement Association (PCA) iniciou pesquisas e estudos sobre essa tecnologia. Desde então, o solo-cimento tem sido empregado principalmente na pavimentação. No entanto, Rocha (1996) relata que são conhecidas utilizações em camadas de fundações e base para pavimentos rígidos e flexíveis de estradas e aeroportos; valetas de drenagem; revestimentos de canais, diques, reservatórios e barragens de terra; estabilização e proteção superficial de taludes; fundações de edifícios; muros de arrimo e, finalmente, em alvenarias de blocos prensados ou painéis de paredes monolíticas para construção de moradias.

No início dos anos sessenta, o solo-cimento passou a ser estudado e aplicado com maior abrangência no mundo todo. No Brasil, segundo Mercado (1990), a partir da década de 1970 o solo-cimento tornou-se objeto de intensas pesquisas principalmente da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do

Estado da Bahia (CEPED) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

O solo é o componente mais utilizado para a obtenção do solo-cimento. Já o cimento entra em uma quantidade que varia de 5 a 10% do peso do solo, o suficiente para estabilizar o solo e conferir as propriedades de resistência desejadas para o compósito. Segundo ABCP (1985), as principais vantagens do solo cimento são:

- economia relacionada à disponibilidade do solo: uso intenso de material local reduzindo custos com transporte, importação de materiais e fabricação;
- potencial social: alocação de recursos humanos locais na fabricação de blocos ou painéis monolíticos;
- obtenção de material com resistência à compressão simples de até 5MPa, com pequenas quantidades de cimento;
- elevada durabilidade verificada em testes de desgaste por ciclagem seca e úmida, em consequência de uma menor permeabilidade;
- a absorção e a perda de umidade do material não causam variações volumétricas consideráveis;
- o material não se deteriora quando submerso em água;
- conforto térmico devido a não utilização de materiais térmico-condutivos e a boa entropia do material;
- ecologicamente correto: redução no consumo de energia elétrica pela minimização de uso de material cozido ou derrubada de árvores, evitando a liberação de gases poluentes ao meio ambiente;
- dispensa do revestimento, reduzindo o tempo de execução da obra.

Além dessas vantagens, segundo Taveira (1987), o solo-cimento também apresenta boas condições de conforto, comparáveis às construções de alvenarias de blocos cerâmicos, não oferecendo condições para instalações e proliferações de insetos nocivos à saúde pública, atendendo às condições mínimas de habitabilidade. O solo-cimento é um material de boa resistência e baixa absorção, resistindo ao desgaste do tempo e à umidade. A aplicação do

chapisco, emboço e reboco são dispensáveis, devido ao acabamento liso das paredes monolíticas, em virtude da perfeição das faces (paredes) prensadas do material, requer apenas uma pintura com tinta à base de cimento, o que aumenta mais a sua impermeabilidade, assim como o aspecto visual, conforto e higiene.

Ressalta o autor que outro fator positivo é que os blocos modulares viabilizam uma construção limpa e com menor quantidade de resíduos e entulho, uma vez que a estrutura de perfeito encaixe facilita os cálculos, reduzindo a quantidade de cortes, eliminando assim a necessidade de pregos, arames e furos na parede. Esclarece dizendo que os encaixes ampliam a resistência estrutural e funcionam com um sistema térmico e acústico que também diminui a umidade nas paredes. A construção forma uma cadeia de vetores que permite a inserção das redes elétrica, hidráulica e de comunicações entre os furos já existentes nos blocos.

Carneiro et al. (2001) ressaltam uma das vantagens dos blocos de solo estabilizado: a possibilidade de incorporar outros materiais na sua fabricação, como por exemplo: agregados produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais (sílica ativa, cinzas volantes, escórias de alto-fornos, finos de serrarias e outros).

Além disso, Neves (1989) destaca que o bloco solo-cimento, produzido por sistemas manuais ou automatizados, constitui um elemento de viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais realizados tanto por mutirão, como por administração direta, fato que demonstra a transferência de tecnologia pela fácil assimilação dos operadores dos equipamentos e também de mão-de-obra já familiarizados com o sistema construtivo em alvenaria.

Como desvantagem marcante do solo-cimento tem-se a necessidade de controle tecnológico regular e de dosagem da mistura. Outra limitação do solo cimento é que na medida em que aumenta o teor de argila do solo, aumenta também o consumo de cimento. Entretanto, um pouco de argila ajuda a reação cimentante. Conforme Cocnciani (2002) a redução dos custos na construção de habitações populares, com o uso de solo-cimento pode atingir até 40%.

A respeito das dificuldades para o uso do solo-cimento, Casanova (1988) diz que, ao contrário do concreto, cujos materiais que o compõe (areia e brita) são facilmente obtidos com a pureza e os atributos físicos e químicos requeridos, o solo é altamente variável. A presença de substâncias deletérias para o processo de cimentação, como o húmus, cloretos e sulfatos

inviabilizam a aplicação do solo. A solução desses problemas é dispendiosa por requerer pessoal qualificado e constantes análises de material. Por isso, grandes empresas da construção desistiram de industrializar o solo-cimento, diz ele.

Fala que a dificuldade na obtenção de jazidas de solo "homogêneas", aliada ao rigoroso e caro controle da qualidade do solo, levou produtoras de elementos construtivos e grandes empreiteiras de São Paulo a desistirem da idéia, por não conseguirem fabricar blocos com propriedades que apresentassem o coeficiente de variação exigido pelas normas técnicas. Além disso, ele alerta para o fato de que o solo estabilizado, quando fora das especificações técnicas, apresenta as patologias do concreto e mais algumas outras num tempo muito mais curto.

De acordo com (FREIRE & BERBALDO, 2003), no caso da não existência de um solo adequado próximo ao local da obra, é possível a mistura de solos. Por exemplo, caso haja um solo no local da obra ou próximo dela composto em sua maior parte por argila, é possível adicionar areia, obtendo-se assim o solo arenoso propício para a mistura. O solo adequado para produção de solo-cimento não deve conter material orgânico, como folhas, pedaços de galhos ou raízes. A presença destes pode resultar em inibição ou retardo da reação de hidratação do cimento. A verificação visual da existência ou não de substâncias orgânicas presentes no solo é fácil de ser feita. No entanto, por análise visual, torna-se difícil a percepção da constituição do solo, em termos de quantidades de areia e de argila. O ideal é que sejam feitos ensaios, em laboratório, para determinação da sua granulometria e limites de consistência. Objetivando facilitar a verificação, nos canteiros de obras, da adequabilidade do solo para compor misturas de solo-cimento, já que nessas instalações não costumam existir laboratórios, pode-se lançar mão de ensaios práticos, que podem ser realizados in loco, para caracterização expedita do solo:

- Teste da caixa: é o ensaio simplificado para determinação da variação volumétrica do solo. (ABCP, 1986);
- Ensaio do vidro: este ensaio tem por finalidade a verificação da porcentagem de areia no solo. A porcentagem de areia, para que o solo seja adequado para aplicação em solo-cimento, deve estar em uma faixa de 50% a 90% (ABCP, 1986);
- Ensaio do bolo: este ensaio é realizado pegando uma porção de solo bastante úmido e fazendo uma bolinha. Esta deve ser colocada na palma da mão e com a outra mão são

dados entre 20 e 30 golpes na bolinha, até o momento em que a água aflore, deixando a superfície com aspecto liso e brilhante. Segundo UCHIMURA (2006), o solo será adequado para aplicação em solo-cimento, quando a água aflorar com os golpes e o brilho desaparecer ao pressionar a bolinha levemente com os dedos;

- Ensaio de resistência seca: com o solo bem úmido, são feitas duas ou três pastilhas com espessura de cerca de 1 cm e diâmetro variando entre 2 e 3 cm. As pastilhas devem secar por dois ou mais dias. Decorrido esse tempo, tenta-se esmagá-las e, segundo ABCP (1984), o resultado desse esmagamento é avaliado da seguinte forma: se for difícil de esmagá-las, o solo possui grande resistência; não sendo difícil o esmagamento, mas havendo dificuldade ao tentar reduzi-las a pó, o solo possui média resistência e; não havendo dificuldade no esmagamento nem na tentativa de redução após, o solo possui baixa resistência.

2.3. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

ABCP (1985) e CEPED (1978) determinam que os procedimentos de mistura de solo-cimento para a produção de blocos ou painéis de parede, devem ser:

-preparação do solo: que consiste em destorroar e peneirar o solo seco;

-preparo da mistura: adiciona-se o cimento ao solo preparado e realiza-se uma mistura com os materiais secos. Após a homogeneização adiciona-se água e mistura-se novamente o material ate uniformizar a umidade no solo;

-moldagem dos blocos;

-cura e armazenamento: após 6 horas de moldados e durante os sete primeiros dias, os blocos devem ser mantidos úmidos por meio de sucessivas molhagens.

A Figura 2 ilustra o processo de fabricação dos blocos de solo-cimento.

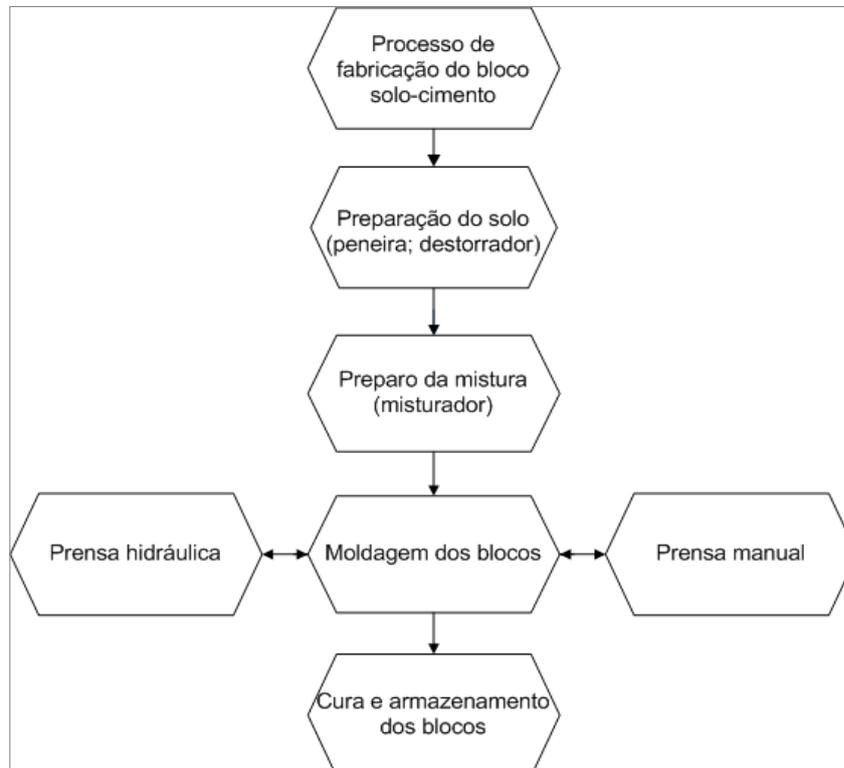


Figura 2: Esquema simplificado do processo de fabricação do bloco solo-cimento. Fonte: Ecolaria, (2010).

A ABCP (1988) recomenda ainda, que a quantidade da mistura deve ser dimensionada para produção de tijolos durante 1 hora de funcionamento da prensa.

Em termos de dosagem a ABCP (1988) recomenda moldar blocos com proporções, em volume, de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14. A escolha do traço adequado deve ser a que apresentar menor consumo de cimento e atender aos critérios de resistência a compressão e absorção de água estabelecidos na NBR 8491.

2.4. BLOCOS CERÂMICOS

Os tijolos devem ser bem conformados, isentos de saliências ou reentrâncias anormais, rachas e fissuras, não devem possuir inclusões calcárias e devem ter um toque sonoro quando repercutidos com uma peça metálica. Os tijolos devem ser marcados com a identificação do fabricante.

Os tijolos cerâmicos são sujeitos a ensaios de compressão. As faces de contato dos tijolos com os pratos de compressão, são regularizadas com uma camada de argamassa e os tijolos são mergulhados em água para saturação. A resistência mecânica obtida deve ser superior a 15 kgf/cm².

De acordo com as necessidades do projeto e a disponibilidade técnica e econômica pode-se especificar o material cerâmico de vedação dentro de uma vasta oferta de tipos de tijolos encontrados no mercado. Os de uso mais comum atualmente são tijolos de 4, 6 e 8 furos e ainda, em menor frequência, os tijolos de 2 furos e maciços. Na figura 3 são mostrados os tijolos mais usados e suas características:

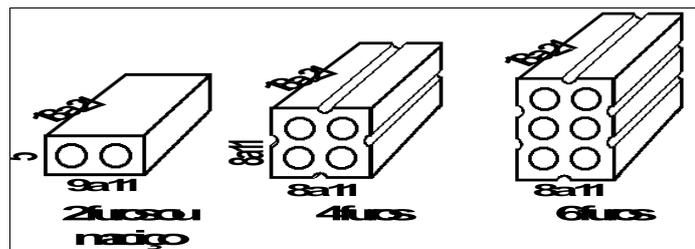


Figura 3: Tipos de Tijolos

Fonte: Ecolaria, 2010.

2.4.1 Assentamento

Os traços mais indicados para assentamento de tijolos cerâmicos ou blocos de cimento, segundo Bauer (1994), são 1:8 de cimento e saibro ou 1:4:4 de cimento, areia e saibro, para o caso de alvenarias não estruturais, e 1:3:3 de cimento, areia e saibro para casos de alvenarias que irão receber outras cargas além de seu peso próprio.

2.4.2. Alvenaria de Tijolo Cerâmico

Confeccionadas com blocos cerâmicos maciços ou furados, são as mais utilizadas nas construções de um modo geral. O consumo de tijolo por m² de alvenaria, bem como, o consumo de argamassa para assentamento, depende do tipo de tijolo, das suas dimensões e da forma de assentamento.

Alvenarias de tijolo cerâmico são constituídas por paredes executadas com blocos cerâmicos furados, de seis, oito ou dez furos, de furos redondos ou quadrados, que proporcionam paredes mais econômicas, por apresentarem custo inferior ao do maciço, bem como, sendo maiores e mais leves, propiciam maior rapidez de execução. Os blocos furados têm também um bom comportamento quanto ao isolamento térmico e acústico, devido ao ar que permanece aprisionado no interior dos seus furos.

2.4.3. Execução de Alvenarias

Concluída a estrutura de concreto armado de uma obra (seu esqueleto), segundo Bauer (1994), inicia-se a execução de sua alvenaria. Em obras de menor porte, as paredes são assentadas diretamente a partir das fundações, sobre um radier, baldrame ou sobre a parte superior das vigas (cintas) de concreto armado que amarram as sapatas de fundação. Para execução das alvenarias deve-se dispor do projeto arquitetônico completo, visto que, principalmente, nas plantas baixa e de corte é onde são encontradas as dimensões que devem ser obedecidas quando da confecção das alvenarias.

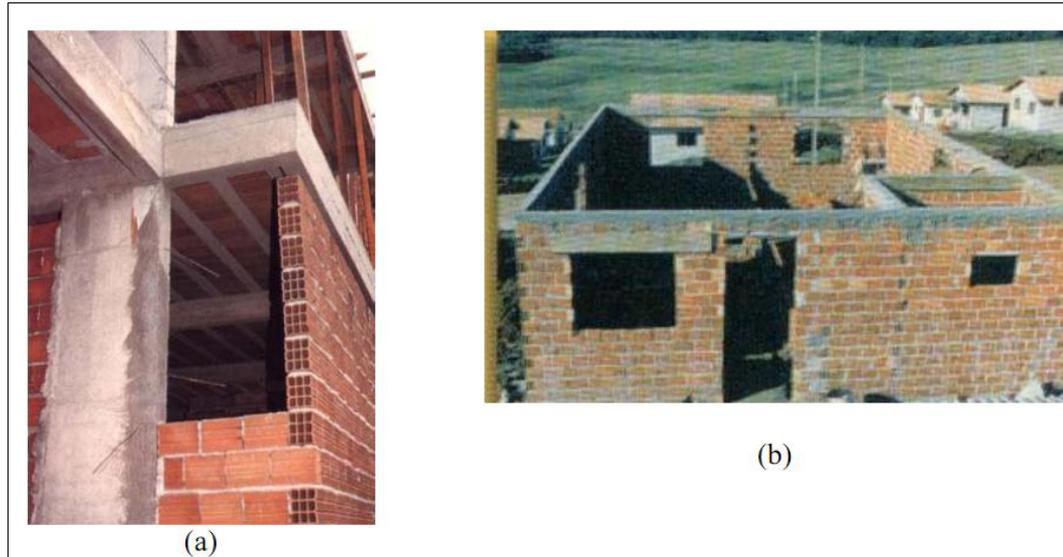


Figura 4: Execução de alvenaria após execução da estrutura (a) e antes da estrutura (b).

Escolhido o tipo de assentamento, são assentados os tijolos de canto, para poderem servir de apoio a uma linha a ser esticada entre eles, com pregos fixados na argamassa das juntas para servir de guia para a colocação dos tijolos da primeira fiada, que devem ficar perfeitamente alinhados. É então completada a primeira fiada de alvenaria, verificando-se o nivelamento (horizontalidade) com um nível de bolha, apoiado na régua de pedreiro, procedendo-se dessa forma para todos os cantos, cruzamentos e extremidades (figura 5 (a)).

São então levantadas, primeiramente, prumadas guias, com o cuidado de ficarem perfeitamente verticais (de prumo), e com os tijolos colocados de forma que as juntas de cada fiada fiquem desencontradas. São então assentadas as fiadas seguintes, uma a uma, até a altura desejada.

Deve-se observar os seguintes detalhes quando da execução das alvenarias:

- As juntas da argamassa de assentamento devem ser de 1,0 a 1,5 cm;
- Sobre as aberturas das portas e janelas deverão ser colocadas vergas, que são pequenas vigas de madeira ou de concreto, para resistir aos esforços da alvenaria sobre as aberturas (figura 5 (a)). As vergas de madeira não devem ser colocadas em vãos superiores a 3 m ou para esquadrias metálicas. As de concreto poderão ser pré-moldadas ou concretadas no local, com altura mínima de 10 cm e a largura da parede;
- No caso das construções com estrutura independente de concreto armado, ao se

levantar a parede, é necessário deixar um espaço entre a última fiada de tijolos e a viga. Esse espaço, com 20 cm aproximadamente, deve ser preenchido com tijolos maciços assentados inclinados, chamando-se a esse procedimento “aperto de parede”.

Sua função é comprimir a alvenaria levantada contra a estrutura de concreto, de modo a evitar o surgimento de trinca de retração na alvenaria. É preciso esperar cerca de sete dias de cura da argamassa, para então realizar o “aperto da alvenaria” (figura 5 (b));

- Uma parede ao encontrar-se com outra deve ser “amarrada”, para não ocorra trincamento nesse encontro. Alguns detalhes de amarração de encontros, cantos e cruzamentos são indicados a seguir, para o tijolo furado em paredes de meia e

As vigas são executadas com o uso de canaletas, dispensando assim o uso de formas, as lajes são pré-moldadas e se apóiam nas paredes.

Depois de executada a alvenaria, as paredes são chapiscadas depois emboçadas com argamassa de cimento, cal e areia trabalho este extremamente artesanal, pois, o prumo da parede depende muito da habilidade do operário.

As instalações são embutidas na parede, depois de executada a alvenaria, o operário com uma talhadeira e uma marreta, quebra a parede formando rasgos para a passagem da tubulação.

O telhado é executado com estruturas de madeira ou em aço, opção esta que está sendo muito utilizada por empresas do ramo.

2.5. BLOCOS DE CONCRETO

É possível que a alvenaria possua somente a função de vedação e divisão de ambientes, mas em alguns casos ela pode ser utilizada, também, como elemento estrutural.

Diante do atual aquecimento da construção civil e da necessidade de uma construção com máxima eficácia, a alvenaria estrutural com blocos de concreto é uma das técnicas mais utilizadas no Brasil. (ABCP, 2007)

2.5.1 O Bloco

Os materiais com os quais o bloco de concreto são fabricados, são basicamente cimento Portland, agregados e água. Em algumas fábricas, muitas das fases do processo de industrialização são bastante automatizadas. O processo envolve a moldagem de concreto em moldes com as dimensões pré-estabelecidas, compactação, vibração, cura e armazenagem. (Associação Brasileira de Normas Técnicas ,NBR6136, 2006)

2.5.2 Dimensões e Modulação dos Blocos

Na alvenaria estrutural a modulação é o ajuste das dimensões das paredes e pé direito, em função das dimensões tabeladas dos blocos, evitando assim cortes e desperdício de materiais.

De acordo com a norma NBR5712 (1982), a menor dimensão dos furos não deve ser inferior a 8 cm para blocos de 14 cm e 12 cm para os de 19cm.

A figura 6 mostra as espessuras mínimas para o bloco, também descrito na NBR5712(1982).

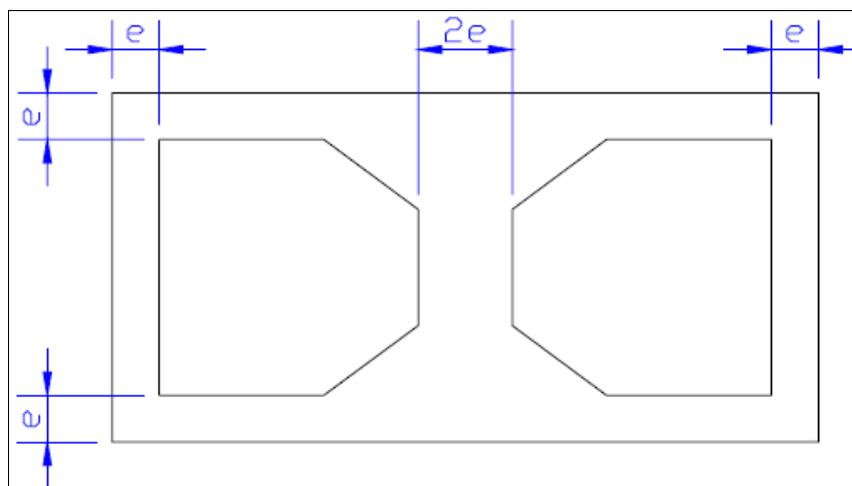


Figura 5: Espessuras mínimas das parede do bloco de concreto. Fonte: NBR5712:1982.

A tabela 1 mostra as famílias de blocos que estão inseridas na norma. De acordo com a mesma, as dimensões dos blocos a serem utilizados devem estar contempladas na tabela.

Tabela 1: Dimensões padronizadas dos blocos de concreto para alvenaria estrutural.

Dimensões nominais (cm)	Designação	Dimensões padronizadas (mm)		
		Largura	Altura	Comprimento
20 x 20 x 40	M-20	190	190	390
20 x 20 x 20		190	190	190
15 x 20 x 40	M-15	140	190	390
15 x 20 x 20		140	190	190

Fonte: NBR 6136 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006

O bloco da família 39 é o mais utilizado na construção de casas e edifícios. A seguir é possível visualizar alguns exemplos desta família.

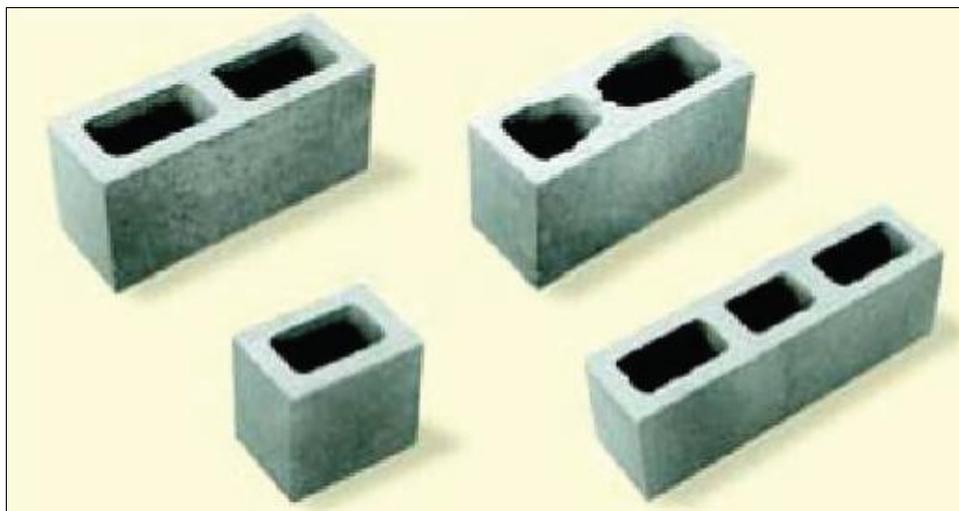


Figura 6: Família 39. Fonte: Sahara, 2011.

2.5.3. Resistência Mecânica

De acordo com o manual do fabricante Bricka (2011), a resistência mecânica normalmente atingida pelos blocos de concreto é dada da seguinte forma:

- Prédios para blocos de concreto com até 5 andares

- Espessura do bloco: 14 cm
- Resistência à compressão: 4,5 MPa

- Casas de até 2 pavimentos

- Espessura do bloco: 11,5 cm
- Resistência à compressão: 3,0 MPa.

Vale ressaltar que este é um padrão de fabricação. Deve-se atentar aos valores observados no projeto.

2.5.4. Processos de Assentamento e Juntas de Argamassa

Para iniciar a alvenaria, deve-se, primeiro, executar a marcação da primeira fiada, é ela que vai estabelecer o layout da parede terminada. Após a execução do piso, a marcação da alvenaria se inicia pelos blocos dos cantos externos. Acompanhando o projeto, a primeira fiada deve ser finalizada para, enfim, iniciar a elevação da alvenaria. (Associação Brasileira de Cimento Portland, METODOLOGIA DE EXECUÇÃO - PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR ALVENARIAS DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO, 2011)



Figura 7: Marcação da primeira fiada para alvenaria de blocos de concreto.

Na figura 8 é possível conferir os projetos de primeira e segunda fiadas, respectivamente, de uma parede.

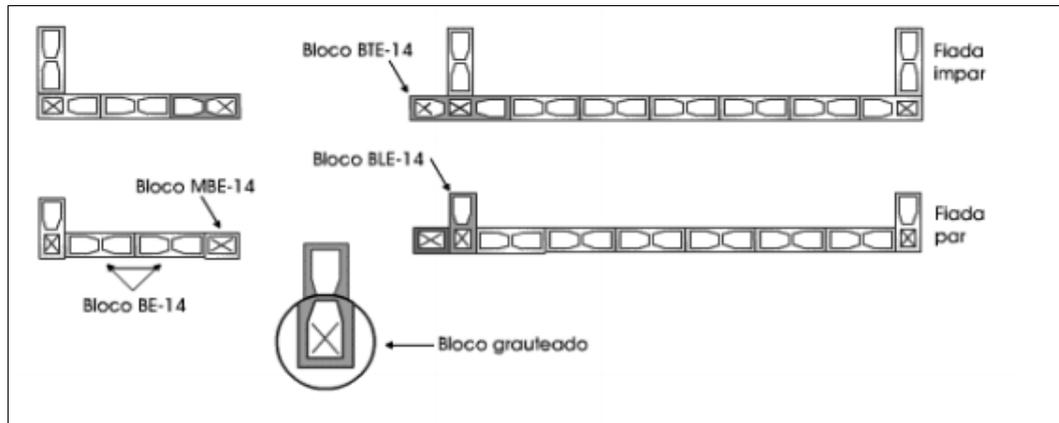


Figura 8: Exemplo de projeto de primeira e segunda fiada para alvenaria de blocos de concreto. Fonte: (BRICKA, 2003)

Em suma, a seqüência da marcação ficaria assim:

- 1 - Colocar primeiro os blocos dos cantos da laje ou piso, verificando o prumo destes blocos com o andar inferior;
- 2 - Executar a 1ª fiada da alvenaria externa utilizando medidas acumuladas;
- 3 - Executar a alvenaria interna conferindo esquadro dos cômodos, vãos das portas (com tamanho das suas bonecas);
- 4 - Finalizar a alvenaria, elevando as paredes.

2.5.5 Amarração

Amarração é o engastamento entre os planos de paredes. O projeto de paginação da alvenaria já prevê este engaste. Como se trata de uma alvenaria estrutural a amarração é de suma importância, quando esta se encontra fora do eixo do bloco tende-se a reduzir a resistência da alvenaria.

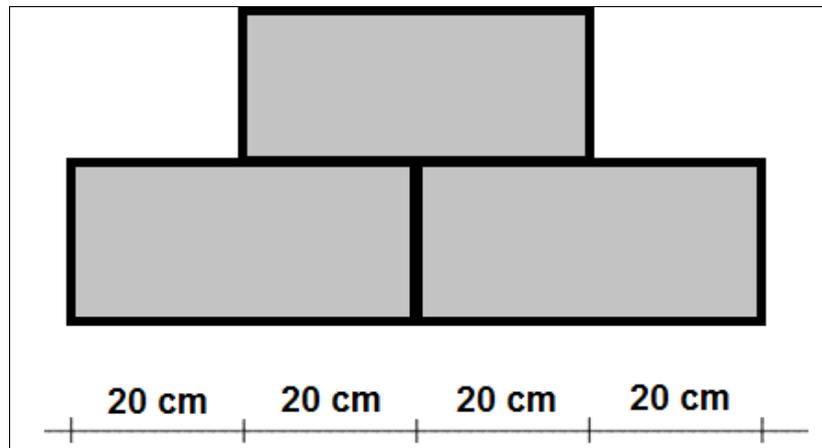


Figura 9: Amarração correta dos blocos. Fonte: Autor.

A espessura ideal para a junta horizontal acabada deve ser aproximadamente 1 cm. Sempre verificando a paginação do projeto estrutural a espessura da argamassa e o pé direito da obra. (NBR – 8798,1985)

As características a seguir são buscadas nas argamassas de alvenaria estrutural:

- Trabalhabilidade;
- Capacidade de retenção de água;
- Capacidade de sustentar os blocos;
- Resistência inicial adequada;
- Capacidade potencial de aderência.



Figura 10: Assentamento de blocos de concreto: juntas devem possuir aproximadamente 1cm. Fonte: (obra24horas, 2006)

Nos locais onde o projeto indicar, os furos ou as canaletas horizontais dos blocos devem receber ferragem e o groute, são eles que farão o papel das vigas e pilares neste sistema construtivo.(ABCP, Comunidade da construção, 2011)

A ferragem é colocada solta, verticalmente nos furos e horizontalmente nas canaletas dos blocos.

O groute deve ser lançado nos furos dos blocos no máximo a cada 6 fiadas, este é executado com cimento, areia, pedrisco e água. A mistura deve apresentar coesão e ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos. A retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o groute e as paredes internas dos blocos. Lembrando que a resistência a compressão do groute combinada com as propriedades mecânicas da alvenaria e da argamassa definirão a compressão da alvenaria. (ABCP, Comunidade da construção, 2011)



Figuras 11 e 12: Groute e ferragem na alvenaria estrutural. Fonte: Comunidade da Construção, 2011.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dois procedimentos metodológicos, o primeiro um estudo teórico, que mostra uma coletânea de informações a respeito dos sistemas construtivos com blocos de concreto estrutural, com alvenaria de blocos cerâmicos e alvenaria com solo-cimento, que foi obtido a partir de uma pesquisa bibliográfica e uma coleta de dados em campo, visitas a obras e a uma fábrica, que produz blocos de solo-cimento, situada na região metropolitana de Curitiba. O segundo é um estudo empírico, do tipo estudo de caso, através da escolha de uma residência modelo que é executada pela COHAB. Foram construídas planilhas orçamentárias e cronogramas produtivos da mesma residência para todos os sistemas construtivos em estudo.

Esta análise comparativa foi feita considerando o custo e o tempo de execução das etapas de estrutura e vedação, revestimento interno e externo de uma residência popular de dois dormitórios e trinta e três metros quadrados.

Como parâmetro de comparação este trabalho utiliza apenas as etapas de fechamento, revestimento e estrutura, que juntas são responsáveis por mais de 44% do valor do imóvel, pois são estas as etapas mais relevantes e que consomem mais material, tempo e conseqüentemente dinheiro de uma construção habitacional.

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, conforme descrição abaixo:

Capítulo 1 - Introdução: Neste capítulo é abordado o contexto em que se insere o tema explorado, bem como o problema de pesquisa, a justificativa para o estudo e os objetivos.

Capítulo 2 - Embasamento Teórico: Neste capítulo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre construção e sobre os sistemas construtivos com blocos de concreto estrutural, alvenaria com blocos cerâmicos e alvenaria com blocos de solo-cimento.

Capítulo 3 – Metodologia: Capítulo onde se descreve os procedimentos metodológicos utilizados para realização do estudo.

Capítulo 4 – Cálculo de Custo e Produtividade dos Componentes Construtivos: Este capítulo aborda o estudo de caso, onde se expõem tabelas elaboradas com insumos, mão-de-obra e preços necessários nos três sistemas, para a residência escolhida.

Capítulo 5 – Resultados e Discussões: Neste capítulo será discutida a avaliação dos objetivos traçados.

Capítulo 6 – Conclusões: Considerações finais e percepções da equipe.

4. CÁLCULO DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS

A metodologia do presente estudo prevê uma comparação entre os três tipos de sistemas construtivos: alvenaria com blocos cerâmicos, alvenaria estrutural com blocos de concreto e alvenaria com blocos de solo-cimento.

As alvenarias com blocos cerâmicos e com blocos de concreto são as mais utilizadas para obras de habitação em todo o país, devido à facilidade de acesso aos materiais de construção envolvidos nos processos. Porém, a necessidade do desprendimento do uso de materiais de caráter sustentável na construção civil é unânime. Por isso, é necessário o estudo dos mesmos e da viabilidade do seu uso.

Para tanto, é necessário que sejam especificados os critérios deste comparativo.

Utilizando o projeto de uma casa, que é constantemente executado pela Companhia de Habitação de Curitiba (COHAB-CT), foram levantados os insumos para a construção da mesma em cada sistema. Esta possui 33 m² construídos e pé direito de 2,40 metros.

A planta baixa da residência consta no ANEXO 1 deste trabalho.

Como parâmetro de comparação este trabalho utilizou apenas as etapas de estrutura, fechamento e revestimento, que juntas são responsáveis por mais de 44% do valor do imóvel, como já foi dito anteriormente.

Para elaboração das tabelas com os quantitativos de insumos e mão-de-obra foram utilizados a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO,2010), e o relatório do mês de setembro de 2011 da SINAPI – CAIXA cujos dados são atualizados mensalmente pelo IBGE em todas as capitais brasileiras. Utilizamos os dados disponíveis para a cidade de Curitiba, PR.

Os valores referentes às horas trabalhadas foram retirados do Sindicato dos Trabalhadores na Construção Civil - SINTRACON Curitiba - e referem-se ao mês de junho de 2011, conforme tabela 2.

Tabela 2: Tabela de salários dos trabalhadores da construção civil de Junho de 2011.

Cargo	R\$ por hora	R\$ por mês
Servente	3.65	803.00
Meio profissional	3.96	871.20
Profissional	5.14	1,130.80
Contramestre	5.69	1,251.80
Mestre	7.63	1,678.60

Fonte: SINTRACON Curitiba, 2011

4.1 TABELAS DE CUSTO

As tabelas a seguir, com o custo produtivo de cada sistema, foram elaboradas a partir dos dados anteriormente mencionados neste capítulo.

4.1.1 Alvenaria com Blocos Cerâmicos

As tabelas a seguir referem-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas de estrutura e vedação de 1m² de alvenaria com blocos cerâmicos.

Nas tabelas com as etapas: alvenaria com blocos cerâmicos; armaduras de aço; fôrmas e concreto estrutural (Tabelas 3 à 6), pode-se, também, conferir a quantidade e o custo de mão-de-obra necessárias nessas condições.

Tabela 3: Blocos cerâmicos (14x19x39cm), juntas de 12mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1: 2: 8. Espessura da parede 14cm.
(continua)

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Bloco cerâmico	Un	12.9	R\$ 1.31	R\$ 16.90
Cal Hidratada	Kg	2.89	R\$ 0.29	R\$ 0.84
Cimento	Kg	2.89	R\$ 0.44	R\$ 1.27
Areia	m ³	0.19	R\$ 58.28	R\$ 11.07
Mão-de-obra				

Tabela 3: Blocos cerâmicos (14x19x39cm), juntas de 12mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1: 2: 8. Espessura da parede 14cm. (conclusão)

Pedreiro	H	0.7	R\$ 5.14	R\$ 3.60
Servente	H	0.86	R\$ 3.65	R\$ 3.14
Preço total:				R\$ 36.82

Fonte: autor.

Tabela 4: Armadura de aço para estruturas em geral CA-50. diâmetro 8mm. corte e dobra na obra.

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Espaçador circular de plástico para pilares. fundo e laterais de vigas. lajes. pisos e estacas (cobrimento: 30 mm)	un	11.4	R\$ 0.50	R\$ 5.70
Barra de aço CA-50 5/16" (bitola: 8.00 mm / massa linear: 0.395 kg/m)	un	1.1	R\$ 2.63	R\$ 2.89
Arame recozido (diâmetro do fio: 1.25 mm / bitola: 18 BWG)	Kg	0.02	R\$ 6.34	R\$ 0.13
Mão-de-obra				
Ajudante de armador	h	0.08	R\$ 3.65	R\$ 0.29
Armador	h	0.08	R\$ 5.14	R\$ 0.41
Preço total:				R\$ 9.42

Fonte: Autor.

Tabela 5: Fôrma de madeira maciça para vigas. com tábuas e sarrafos (montagem e desmontagem) (continua)

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				

Tabela 5: Fôrma de madeira maciça para vigas. com tábuas e sarrafos (montagem e desmontagem) (conclusão)

Prego 17 x 21 com cabeça (comprimento: 483 mm /diâmetro da cabeça: 3.0 mm)	Kg	0.2	R\$ 5.65	R\$ 1.13
Sarrafo 1" x 3" (altura: 75 mm / espessura: 25 mm)	m	3.6	R\$ 0.65	R\$ 2.34
Tábua 1" x 12" (espessura: 25 mm / largura: 300 mm)	m ²	1.25	R\$ 6.77	R\$ 8.46
Desmoldante de fôrmas para Concreto	l	0.1	R\$ 6.85	R\$ 0.69
Mão-de-obra				
Carpinteiro	h	2.57	R\$ 5.14	R\$ 13.21
Ajudante de carpinteiro	h	0.92	R\$ 3.65	R\$ 3.36
Preço total:				R\$ 30.34

Fonte: Autor.

Tabela 6: Concreto estrutural virado em obra. controle "A", consistência para vibração, brita 01 (continua)

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Betoneira. elétrica. 2HP (1.5 kW). capacidade 400l-vida útil 10.000 h	h de produção	0.306	R\$ 1.89	R\$ 0.58
Areia lavada tipo média	m ³	0.864	R\$ 58.28	R\$ 50.35
Pedra britada 1	m ³	0.836	R\$ 49.70	R\$ 41.55
Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32.00 MPa)	Kg	322	R\$ 0.44	R\$ 141.68
Mão-de-obra				
Servente	H	6	R\$ 3.65	R\$ 55.98

Tabela 6: Concreto estrutural virado em obra. controle "A", consistência para vibração, brita 01 (conclusão)

Preço total: R\$ 290.14

Fonte: Autor.

4.1.2 Alvenaria com Blocos de Concreto Estrutural

As Tabelas 7 e 8 a seguir referem-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas construtivas de 1m² de alvenaria com blocos de concreto.

Nas tabelas constam as etapas de estrutura: alvenaria com blocos de concreto estrutural e concreto grout. Nelas, pode-se, também, conferir a quantidade e o custo de mão-de-obra necessária.

Tabela 7: Alvenaria estrutural com blocos de concreto, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0.25:3

Componentes	unidade	Consumo	Preço unitário	Preço Total
Materiais				
Bloco de concreto estrutural	Un	12.9	R\$ 2.77	R\$ 35.73
Cal Hidratada	Kg	0.8174	R\$ 0.29	R\$ 0.24
Cimento	Kg	65,124	R\$ 0.44	R\$ 2.87
Areia	m ³	0.0163	R\$ 58.28	R\$ 0.95
Mão-de-obra				
Pedreiro	H	0.8	R\$ 5.14	R\$ 4.11
Servente	H	0.934	R\$ 3.65	R\$ 3.41
Preço Total:				R\$ 47.31

Fonte: Autor.

Tabela 8: Concreto grout para parede de alvenaria de concreto estrutural (continua)

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
-------------	---------	---------	----------------	-------------

Tabela 8: Concreto grout para parede de alvenaria de concreto estrutural (conclusão)

Materiais				
Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Areia	m ³	0.0134	R\$ 58.28	R\$ 0.78
Cimento	Kg	1.2	R\$ 0.44	R\$ 0.53
Cal Hidratada	Kg	2	R\$ 0.29	R\$ 0.58
Mão-de-obra				
Pedreiro	H	0.7	R\$ 5.14	R\$ 3.60
Servente	H	0.7	R\$ 3.65	R\$ 2.56
Preço Total:				R\$ 8.05

Fonte: Autor.

4.1.3 Alvenaria com Blocos de Solo-Cimento

As quantidades de insumos e mão-de-obra necessárias às etapas de estrutura e vedação para a construção com blocos de solo-cimento estão discriminadas nas Tabelas 9 e 10 a seguir. As quantidades referem-se a 1m² de área construída.

Tabela 9: Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada até 1,60 m de altura. (continua)

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Tijolo de solo-cimento	un	64.00	R\$ 0.55	R\$ 35.20
Cimento Portland CP-32	kg	13.48	R\$ 0.44	R\$ 0.59
Areia media	m ³	0.003	R\$ 55.46	R\$ 0.17
Pedrisco	m ³	0.003	R\$ 49.39	R\$ 0.15
Cola a base de PVA	kg	0.51	R\$ 10.70	R\$ 5.42
Barra de aço CA-50 8mm	kg	0.42	R\$ 2.82	R\$ 1.17

Tabela 9: Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada até 1,60 m de altura. (conclusão)

Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.74	R\$ 5.14	R\$ 3.82
Servente	h	0.77	R\$ 3.65	R\$ 2.80
Preço total:				R\$ 49.32

Fonte: Autor.

Tabela 10: Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada com andaime.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Tijolo de solo-cimento	un	64.00	R\$ 0.55	R\$ 35.20
Cimento Portland CP-32	kg	13.48	R\$ 0.44	R\$ 0.59

Tabela 10: Consumo e preços dos insumos alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm, embutido, barra de aço 5/16" e grout, executada com andaime.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Areia media	m ³	0.00	R\$ 55.46	R\$ 0.17
Pedrisco	m ³	0.00	R\$ 49.39	R\$ 0.15
Cola a base de PVA	kg	0.51	R\$ 10.70	R\$ 5.42
Barra de aço CA-50 8mm	kg	0.42	R\$ 2.82	R\$ 1.17
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	1.20	R\$ 5.14	R\$ 6.17
Servente	h	12.23	R\$ 3.65	R\$ 4.46
Preço total:				R\$ 53.33

Fonte: Autor.

A tabela 11, a seguir, descreve os insumos do chapisco. O mesmo será considerado para os três métodos construtivos em análise.

Tabela 11: Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Areia lavada	m ³	0.0061	R\$ 55.46	R\$ 0.34
Cimento Portland CII-E-32	kg	2.43	R\$ 0.44	R\$ 1.07
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.1	R\$ 5.14	R\$ 0.51
Servente	h	0.15	R\$ 3.65	R\$ 0.55
Preço total:				R\$ 2.47

Fonte: Autor.

A tabela 12 mostra a etapa de emboço das paredes externas. O mesmo será considerado para os três métodos construtivos em análise.

Tabela 12: Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Cimento Portland CII-E-32	Kg	6.075	R\$ 0.44	R\$ 2.67
Areia lavada tipo média	m ³	0.0305	R\$ 58.28	R\$ 1.78
Cal Hidratada CH III	Kg	6.075	R\$ 0.29	R\$ 1.76
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.82	R\$ 5.14	R\$ 4.21
Servente	h	0.66	R\$ 3.65	R\$ 2.41
Preço total:				R\$ 12.84

Fonte: Autor.

O revestimento emboço para parede interna, contido na Tabela 13, será considerado apenas nas áreas úmidas da alvenaria estrutural com blocos de concreto e em todas as paredes da alvenaria com blocos cerâmicos.

Tabela 13: Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Cimento Portland CII-E-32	Kg	3.24	R\$ 0.44	R\$ 1.43
Areia lavada tipo média	m ³	0.0244	R\$ 58.28	R\$ 1.42
Cal Hidratada CH III	Kg	3.24	R\$ 0.29	R\$ 0.94
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.6	R\$ 5.14	R\$ 3.08
Servente	h	0.8	R\$ 3.65	R\$ 2.92
Preço total:				R\$ 9.79

Fonte: Autor.

Na tabela 14, estão discriminadas as quantidades de insumos e mão de obra para a etapa de reboco, interno ou externo, o qual será apenas nas áreas úmidas da alvenaria estrutural com blocos de concreto e em todas as paredes da alvenaria com blocos cerâmicos.

Tabela 14: Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré-fabricada. e=5mm. (continua)

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Argamassa pré-fabricada para revestimento externo, interno e assentamento de alvenaria	Kg	8.5	R\$ 0.34	R\$ 2.89

Tabela 14: Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré-fabricada. e=5mm. (conclusão)

Misturador de argamassa, elétrico. potência 3HP (2.2 kW), capacidade 3.5m ³ /h – vida útil 10000 h *	H prod.	0.0017	R\$ 1.89	R\$ 0.01
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.5	R\$ 5.14	R\$ 2.57
Servente	h	0.5	R\$ 3.65	R\$ 1.83
Preço total:				R\$ 7.29
Fonte: Autor.				

A tabela 15, na seqüência, é referente ao gesso lento, aplicado em toda área interna seca das alvenarias de solo-cimento e estrutural com blocos de concreto.

Tabela 15: Gesso aplicado em parede ou teto interno – desempenado

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Gesso	kg	6.2	R\$ 0.43	R\$ 2.66
Mão-de-obra				
Pedreiro	h	0.39	R\$ 5.14	R\$ 2.01
Servente	h	0.1	R\$ 3.65	R\$ 0.36
Preço total:				R\$ 5.03
Fonte: Autor.				

As tabelas 16 e 17, a seguir, referem-se à etapa de pintura, que estão contidas em todos os sistemas construtivos estudados no presente trabalho.

Tabela 16 : Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Líquido preparador de superfícies lata 18l	1	0.12	R\$ 9.83	R\$ 1.18

Tabela 16 : Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Lixa para superfície madeira/grana 100	un	0.25	R\$ 0.41	R\$ 0.10
Tinta látex acrílica	1	0.17	R\$14.18	R\$ 2.41
Mão-de-obra				
Pintor	h	0.4	R\$ 5.14	R\$ 2.06
Ajudante de pintor	h	0.35	R\$ 3.65	R\$ 1.28
Preço total:				R\$ 7.03

Fonte: Autor.

Tabela 17 :Pintura interna em Látex PVA.

Componentes	Unidade	Consumo (R\$/unidade)	Preço Unitário	Preço Total
Materiais				
Lixa d'água	un	0.3	R\$ 0.41	R\$ 0.12
Selador para pintura látex	1	0.2	R\$ 11.46	R\$ 2.29
Tinta Látex	1	0.25	R\$ 11.43	R\$ 2.86
Mão-de-obra				
Pintor	h	0.45	R\$ 5.14	R\$ 2.31
Ajudante	h	0.4	R\$ 3.65	R\$ 1.46
Preço total:				R\$ 9.04

Fonte: Autor.

Para possibilitar uma comparação com base nos custos de materiais e mão de obra, as tabelas anteriormente apresentadas nos itens 4.1.1, 4.1.2 e 4.1.3, foram aplicadas à residência de 33 metros quadrados anteriormente mencionada.

A tabela 18 mostra o custo total para cada etapa (estrutura, vedação, revestimento interno e externo) da construção da casa padrão COHAB, executada em alvenaria com blocos de solo-cimento. No pé da tabela é possível encontrar o custo total para sua execução.

Tabela 18: Custo total para o sistema de alvenaria de solocimento

Componentes	unidade	Consumo	Qtde	Preço Total	
Alvenaria de bloco solo-cimento até 1,60	m ²	49.32	49.38	R\$	2,435.42
Alvenaria de bloco solo-cimento com andaime	m ²	53.33	21.6	R\$	1,151.93
Gesso aplicado em parede ou teto interno - desempenado	m ²	5.04	52.44	R\$	264.30
AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	m ²	21.76	16.15	R\$	351.42
Pintura Látex (interna)	m ²	9.72	16.15	R\$	156.98
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	2.47	45.17	R\$	111.57
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	12.84	45.17	R\$	579.98
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	7.29	45.17	R\$	329.29
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	m ²	7.03	45.17	R\$	317.55
TOTAL:				R\$	5,698.44

Fonte: Autor.

Na tabela 19 é possível visualizar os custos para cada passo da construção da residência padrão COHAB, executada em alvenaria cerâmica. Ao final da mesma encontra-se o custo total para sua construção.

Tabela 19: Custo total para o sistema convencional – Blocos Cerâmicos

Componentes	unidade	Consumo	Qtde	Preço Total	
Alvenaria de bloco cerâmico	m ²	36.82	65.75	R\$	2,420.92
Armadura de aço	Kg	9.42	42.7	R\$	402.23
Fôrma de madeira maciça para vigas	m ²	30.34	10.8	R\$	327.67
Concreto estrutural virado em obra	m ³	290.14	0.54	R\$	156.68
Componentes	unidade	Consumo	Qtde	Preço Total	
Chapisco de parede interna de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	2.47	68.59	R\$	169.42
Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	9.79	68.59	R\$	671.50
Reboco para parede interna com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	7.29	68.59	R\$	500.02
Pintura Látex (interna)	m ²	9.04	52.44	R\$	474.06
AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	m ²	21.76	16.15	R\$	351.42
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	2.47	45.17	R\$	111.57
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	12.84	45.17	R\$	579.98
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	7.29	45.17	R\$	329.29
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	m ²	7.03	45.17	R\$	317.55
TOTAL:				R\$	6,812.30

Fonte: Autor.

A tabela 20 expõe as etapas de construção da casa padrão COHAB, assim como seus custos para a execução em alvenaria estrutural com blocos de concreto. No pé da tabela é possível encontrar o custo total para sua execução.

Tabela 20: Custo total para o sistema de alvenaria de concreto estrutural

Componentes	unidade	Consumo	Qtde	Preço Total	
ALVENARIA estrutural com blocos de concreto	m ²	47.31	70.98	R\$	3,358.06
Concreto grout	m ³	8.05	1.35	R\$	10.87
Armadura CA-50 para parede de alvenaria	Kg	4.23	7.1	R\$	30.03
Gesso aplicado em parede ou teto interno - desempenado	m ²	5.04	52.44	R\$	264.30
Chapisco de parede interna de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	2.47	16.15	R\$	39.89
Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	9.79	16.15	R\$	158.11
Reboco para parede interna, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	7.29	16.15	R\$	117.73
AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	m ²	21.76	16.15	R\$	351.42
Pintura Látex (interna)	m ²	9.72	16.15	R\$	156.98
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	2.47	45.17	R\$	111.57
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	12.84	45.17	R\$	579.98
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	7.29	45.17	R\$	329.29
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	m ²	7.03	45.17	R\$	317.55
TOTAL:				R\$	5,825.78

Fonte: Autor.

4.2. TABELAS DE PRODUTIVIDADE

Considera-se que produtividade seja a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo produtivo (SOUZA, 1998).

Dentro desta definição, o estudo da produtividade, no processo de produção de obras de construção civil, poderia ser feito sob diferentes abordagens. Assim é que, em função do tipo de entrada (recurso) a ser transformada, poder-se-ia ter o estudo da produtividade com pontos de vista: físico, no caso de se estar estudando a produtividade no uso dos materiais, equipamentos ou mão-de-obra; financeiro, quando a análise recai sobre a quantidade de dinheiro demandada; ou social, quando o esforço da sociedade como um todo é encarado como recurso inicial do processo.

Souza (2008) relata, portanto, que o estudo da produtividade da mão-de-obra é uma análise de produtividade física de um dos recursos utilizados no processo produtivo, qual seja, a mão-de-obra.

4.2.1. Produtividade do Sistema de Alvenaria de Solo-Cimento

A tabela 21 mostra a produtividade para as etapas construtivas de estrutura/vedação, revestimento interno e externo orçados para a residência em estudo para alvenaria com blocos de solo-cimento:

Tabela 21: Produtividade do sistema de alvenaria de solocimento. (continua)

Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde	Total (h)
Alvenaria de bloco solo-cimento até 1,60	h	0.74	0.77	49.38	74.56
Alvenaria de bloco solo-cimento com andaime	h	1.2	1.22	21.60	52.27
Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde	Total (h)
Gesso aplicado em parede ou teto interno - desempenado	h	0.39	0.1	52.44	25.70

Tabela 21: Produtividade do sistema de alvenaria de solo-cimento. (conclusão)

AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	h	0.36	0.2	16.15	9.04
Pintura Látex (interna)	h	0.45	0.4	16.15	13.73
Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	h	0.1	0.15	45.17	11.29
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	h	0.82	0.66	45.17	66.85
Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	h	0.5	0.5	45.17	45.17
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	h	0.4	0.35	45.17	33.88
				TOTAL:	332.49

Fonte: Autor.

4.2.2. Produtividade do Sistema de Alvenaria com Blocos Cerâmicos

Segue tabela 22 de produtividade para as etapas construtivas de estrutura e vedação, revestimento interno e externo orçados para a residência em estudo para alvenaria com blocos cerâmicos:

Tabela 22: Produtividade do Sistema Convencional – Blocos Cerâmicos. (continua)

Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde/unidade	Total (h)
Alvenaria de bloco cerâmico	m ²	0.7	0.86	65.75	102.57
Armadura de aço	Kg	0.08	0.08	42.70	6.83
Fôrma de madeira maciça para vigas	m ²	2.57	0.92	10.80	37.69
Concreto estrutural virado em obra	m ³	-	6	0.54	3.24
Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	0.1	0.15	68.59	17.15

Tabela 22: Produtividade do Sistema Convencional – Blocos Cerâmicos. (conclusão)

Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	0.6	0.8	68.59	96.03
Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré fabricada, e=5mm.	m ²	0.5	0.5	52.44	52.44
Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde/unidade	Total (h)
Pintura Látex (interna)	m ²	0.45	0.4	52.44	44.57
AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	m ²	0.36	0.2	16.15	9.04
Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneirar 1: 3. e=5mm.	m ²	0.1	0.15	45.17	11.29
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	m ²	0.82	0.66	45.17	66.85
Reboco para parede interna ou externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	0.5	0.5	45.17	45.17
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	m ²	0.4	0.35	45.17	33.88
				TOTAL:	526.75

Fonte: Autor.

4.2.3. Produtividade do Sistema de Alvenaria de Concreto Estrutural

A tabela 23 ilustra a produtividade para as etapas construtivas de estrutura e vedação, revestimento interno e externo orçados para a residência em estudo com alvenaria estrutural com blocos de concreto:

Tabela 23: Produtividade do sistema de alvenaria de concreto estrutural

Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde/unidade	Total (h)
Alvenaria estrutural com blocos de concreto	h	0.8	0.934	70.98	123.08
Concreto grout	h	0.7	0.7	1.35	1.89
Armadura CA-50 para parede de alvenaria	h	0.1	0.1	7.10	1.42
Gesso aplicado em parede ou teto interno - desempenado	h	0.39	0.1	52.44	25.70
Chapisco de parede interna de cimento e areia sem peneirar 1:3. e=5mm.	h	0.1	0.15	16.15	4.04
Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	h	0.6	0.8	16.15	22.61
Reboco para parede interna, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	h	0.5	0.5	16.15	16.15
AZULEJO assentado com argamassa de cimento colante	h	0.36	0.2	16.15	9.04
Pintura Látex (interna)	h	0.45	0.4	16.15	13.73
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1:3. e=5mm.	h	0.1	0.15	45.17	11.29
Componentes	unidade	Oficial	Servente	Qtde/unidade	Total (h)
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6, e=20mm	h	0.82	0.66	45.17	66.85
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	h	0.5	0.5	45.17	45.17
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida	h	0.4	0.35	45.17	33.88
				TOTAL:	374.85

Fonte: Autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mercado oferece opções de tijolos e blocos feitos com diferentes matérias-primas e tamanhos. Divididos em duas categorias – estruturais ou de vedação – eles são, em grande parte, responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra. Por isso, é preciso avaliar a relação custo-benefício. De um lado da balança deve-se colocar o preço e o rendimento do material. Do outro, sua qualidade.

Quanto ao custo do material, o preço de mercado do milheiro de tijolos de solo-cimento está em torno de R\$ 550,00, o milheiro de blocos cerâmicos é de aproximadamente R\$ 1.310,00 e o milheiro de blocos de concreto custa por volta de R\$ 2.770,00 o que significa que o uso dos blocos de solo-cimento em uma obra gera uma economia de quase 58% em comparação ao emprego dos blocos cerâmicos nesta mesma obra. Em comparação com os blocos de concreto a diferença aumenta, o preço dos blocos de solo-cimento são quase 80% menores ao preço dos blocos de concreto.

O metro quadrado de uma parede de alvenaria com blocos cerâmicos ou de concreto exige aproximadamente 12,90 blocos, enquanto no bloco de solo-cimento são utilizados 64 tijolos. Para o metro quadrado de alvenaria convencional, o preço dos blocos seria em torno de R\$ 36,82, para a alvenaria estrutural em blocos de concreto seria R\$ 47,31 e para o solo-cimento RS 49,32.

Os blocos de solo-cimento, além do custo reduzido em comparação aos outros blocos, têm precisão dimensional, levam menos tempo para serem assentados e ainda economizam em revestimentos, resultando em menores gastos com correções de prumo e mão-de-obra, o que relataremos na seqüência.

No tocante à alvenaria pronta, para a residência de 33m² em estudo, o sistema convencional teve um custo final de R\$ 6.812,30, a alvenaria estrutural teve um custo final de R\$ 5.825,78 e o sistema com solo-cimento, R\$ 5.698,44.

Mesmo analisando-se apenas as etapas de estrutura/vedação e revestimentos, percebe-se a vantagem econômica do sistema construído com blocos de solo-cimento em relação aos outros dois.

A alvenaria convencional utiliza o sistema de vigas e pilares para sua estruturação. Além do aço e do concreto que são necessários em maior quantidade, é necessária a construção de formas e a dobra das barras de aço, o que requer um maior número de funcionários e/ou maior tempo de execução.

No que se refere às alvenarias de solo-cimento e de blocos de concreto, suas modulações permitem que a produção seja muito mais rápida em relação à convencional. O fato de que pilares e vigas correspondem ao preenchimento dos próprios blocos com o groute e ferragem, significa uma economia de tempo e dinheiro como mostrado no resultado da pesquisa.

Analisando comparativamente os custos e a produtividade na etapa de revestimento interno, verificamos:

O custo total do revestimento interno para o sistema de alvenaria estrutural foi de R\$ 908,68, considerando as etapas de gesso; chapisco de 5mm; reboco de 5mm; azulejo nas áreas úmidas e pintura com tinta látex. Este sistema construtivo requer de 71,89 horas para execução desta etapa.

Para o sistema convencional, o custo total do revestimento interno foi de R\$ 2.227,89, considerando as etapas de chapisco de 5mm; emboço de 20mm; reboco de 5mm, azulejo nas áreas úmidas pintura com tinta látex. A quantidade de horas necessárias para execução desta etapa foi de 242,74 horas.

Para o sistema com blocos de solo-cimento, o custo total do revestimento interno foi de apenas R\$ 697,74, pois são necessárias apenas aplicação de gesso, azulejo nas áreas úmidas e pintura com tinta látex. A quantidade de horas para a etapa de revestimento interno neste sistema foi de 48,47 horas, o que comprova a vantagem deste sistema.

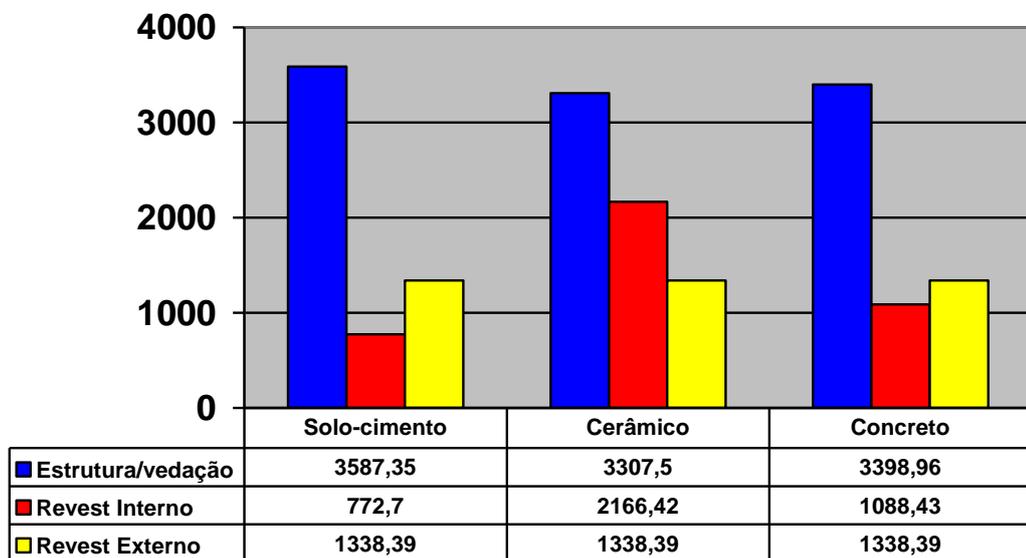
O sistema de solo-cimento, na etapa de revestimentos, apresentou uma diferença considerável de custos e produtividade. Por ser um sistema modular, produz-se uma alvenaria uniforme, dispensando o uso excessivo de material para o revestimento. Nas paredes internas de área seca é possível a aplicação de gesso diretamente sobre os blocos. Nas áreas úmidas, a modulação dos blocos ecológicos permite que o azulejo seja aplicado sobre a alvenaria. Em suma, o chapisco, emboço e reboco são dispensados internamente.

Em relação aos custos e produtividade na etapa de revestimento externo, verificamos:

Nos três sistemas o custo total encontrado para revestimento externo foi de R\$ 1.499,19, considerando as etapas de chapisco de 5 mm; reboco de 5 mm; emboço de 20 mm e pintura látex para parede externa.

No Gráfico I a seguir constam os preços totais por etapa da construção de cada sistema construtivo, anteriormente analisados.

Gráfico I – Comparativo de Custo dos Sistemas

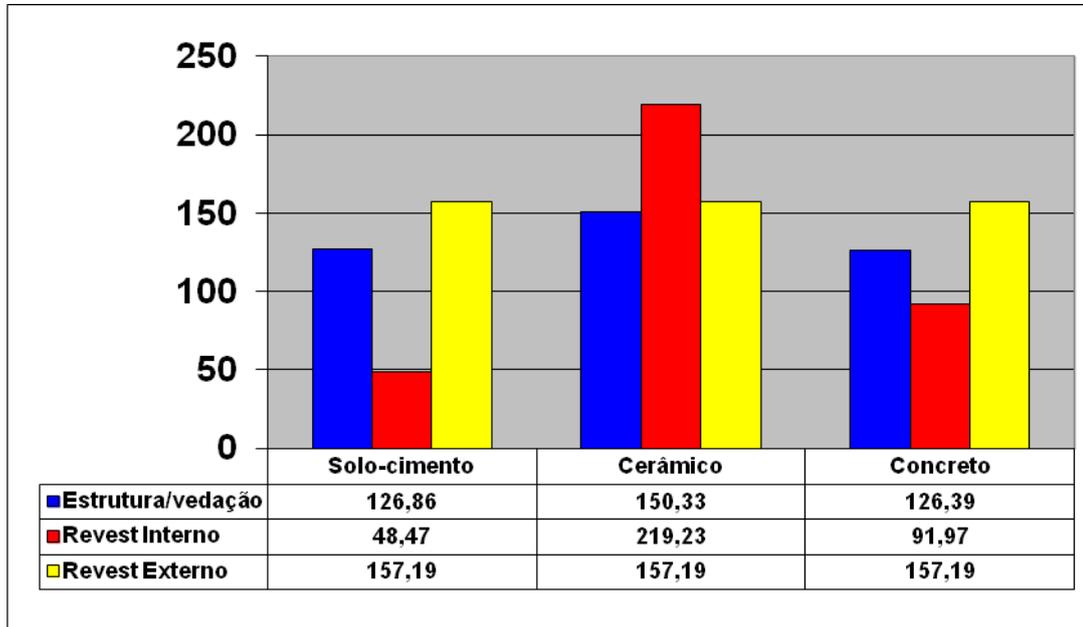


Fonte: Autor

A produtividade para a etapa de revestimento externo foi igual para os três sistemas, totalizando 157,19 horas, pois foram utilizadas as mesmas etapas de revestimento e as áreas são iguais.

Conforme Gráfico II a seguir, que mostra o número de horas necessárias para cada etapa, considerando-se uma mesma equipe, a melhor produtividade (menor número de horas requeridas para execução de uma atividade) verifica-se na construção com blocos de solo-cimento.

Gráfico II – Quantidade de Horas Necessárias aos Sistemas



Fonte: Autor

Pode-se verificar que na etapa de revestimento interno, a construção com blocos de solo-cimento obteve melhor vantagem sobre os outros dois sistemas construtivos, principalmente em relação à alvenaria com blocos cerâmicos. Na etapa de revestimento externo, o sistema com blocos de concreto teve uma pequena vantagem em relação ao solo-cimento e uma vantagem mais significativa em comparação ao sistema com blocos cerâmicos.

Em relação ao processo construtivo, entre outras vantagens, o uso de blocos de solo-cimento não emprega fôrmas, como o sistema convencional e facilita a passagem das instalações, pois seus furos internos permitem embutir a rede hidráulica e elétrica simultaneamente ao levantamento das paredes, dispensando o recorte das paredes. Isso torna o trabalho mais rápido e diminui o desperdício de material, tornando a obra mais limpa, como se pode ver nas figuras 13 e 14 a seguir:



Figura 13 :Tubulação embutida.

Fonte: Cajaty Construções Sustentáveis



Figura 14: Fiação embutida. Fonte: Ecoogreen Tijolos Ecológicos

A alvenaria feita com blocos modulares não só resolve esse problema de interação como oferece mais algumas vantagens, como dispensar argamassa de assentamento. Em vez de argamassa comum, é usada cola branca PVA vendida pelos fabricantes do bloco.

Outra vantagem do solo-cimento, é que na sua produção, não há queima em forno, não sendo necessário o corte de árvores e evitando emissão de gás carbônico, principal responsável pelo efeito estufa.

6. CONCLUSÃO

Após a análise comparativa dos três sistemas construtivos através do estudo de produtividade e custo, pode-se afirmar que o sistema construtivo solo-cimento é o mais viável para construção de residências populares, tendo em vista que apresentou os melhores resultados quando comparado ao sistema de alvenaria convencional e concreto.

Das etapas construtivas estudadas – estrutura/vedação, revestimento interno e revestimento externo - a maior diferença da construção com blocos de solo-cimento em comparação aos outros dois sistemas, considerando-se custo e produtividade, verificou-se no revestimento interno. Isto se deve ao fato de o sistema com blocos de solo-cimento produzir uma alvenaria uniforme, pois trata-se de um sistema modular, necessitando apenas de aplicação de gesso direto sobre os blocos nas áreas secas, dispensando uso excessivo de material.

A grande vantagem do sistema é o ganho em escala, proporcionando assim uma obra em menor tempo e custo, considerando-se a mesma quantidade de mão-de-obra.

Este sistema é também mais viável por não agredir o meio ambiente, pois não utiliza queima, evitando o desmatamento e emissão de poluentes.

No entanto, foi percebida uma grande barreira por parte da população e alguns construtores. Não há confiança no material. De fato, o controle tecnológico dos blocos de solo-cimento é muito difícil: de uma mesma jazida, podem ser tirados inúmeras qualidades de solo, fazendo com que muitas amostras tenham que ser controladas, tornando o mesmo muito custoso.

A facilidade de acesso aos blocos cerâmicos e de concreto é enorme. Pode-se dizer que os métodos de construção dos mesmos já são difundidos na cultura do povo brasileiro. É possível encontrar construtores para estes com uma frequência muito maior do que para qualquer outro método.

O uso de materiais que não agredam o meio ambiente deve passar de artigo de luxo para obrigação em todas as classes sociais brasileiras. No entanto, há entraves para a consolidação desse conceito que apenas serão transpostos com programas pedagógicos e culturais e com subsídios governamentais.

O presente estudo mostra que é possível, sim, dar continuidade ao desenvolvimento acelerado de uma forma sustentável. Possibilitando que o mesmo possa ser desfrutado até muitas futuras. Para tanto, é essencial envolvimento de toda a população é essencial para que este objetivo seja atingido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A.K (1983). **Solo-cimento: tijolos, blocos e paredes monolíticas**. In: Construção São Paulo n.1863. Pini-SP.

ALVES, JOSÉ DAFICO. **Materiais de construção**, 6ª ed. Editora da Universidade de Goiás, Goiânia, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. ABCP, São Paulo, SP.,1986, ET-35, 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 08491: Tijolo Maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR-12024: Solo-Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 8798: Tijolo Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985. 15p.

BARBOSA, J. C.; INO, A.; SHIMBO, I. Indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 8., 2000, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2000. p. 181-188.

BLANCO-VARELA, M.T., PALOMO, A., PUERTAS, F., VÁZQUES, T., (1997). **CaF₂ and CaSO₄ in White Cement Clinker Production**. *Advances in Cement Research*, vol. 9.

BAUER, L A Falcão. **Materiais de construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro: RJ. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 935p.

CARNEIRO, A.P.; BRUM, I.A.S. & CASSA, J.C.S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. EDUFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador. 2001.

CASANOVA, Francisco José. **Tijolos Solo-cimento com resíduos de construção**. Artigo. Revista Techne . 1988

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (CEPED). **Manual prático de construção com solo-cimento**. Camaçari. BNH / CEPED. 1978.

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento**. São Paulo: ABCP, 1984.

CIB. **Working with the performance approach in building**. Rotterdam, Netherlands: CIB, 1982. 30p. Report Publication 64.

COCH, H. et al. An application of a method for analyzing the environmental impact of construction elements. In: **International Conference on Passive and Low Energy Architecture – PLEA: Environmentally Friendly Cities**, 1998, Lisbon. Proceedings... Lisbon, Portugal: James & James Science Publishers, Jun. 1998. p. 513–516.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO-ABCP. **Sistemas construtivos: Alvenaria Estrutural**. Disponível em <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html#bloco-concreto>> acesso em: 21 de outubro de 2011.

CONCIANI, W. **Geotechnical use of a mini tomography**. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT 2002. Paris, França. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2002, p. 447-452.

CONSOLI, F., ALLEN, D.; BOUSTEAD, L.; FAVA, J., FRANKLIN, W., QUAY, B., PARRISH, R., PERRIMAN, R., POSTLEWHAITE, D.; SEGUIN, J. VIGON, B. **Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice**. Society of Environmental Toxicology and Chemistry. Workshop Report. Portugal, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL – DNPM. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Curitiba**. Brasília: DNPM, 2001.

ECONOMIA UOL. **Acompanhe os principais fatos da crise financeira mundial**, 10 de outubro de 2008. Disponível em <<http://economia.uol.com.br/ultnot/2008/10/10/ult4294u1723.jhtm>> acesso em: 03 de novembro de 2011.

ENTEICHE, A.A. **Suelo-cemento, su aplicacion em la edificacion**. Bogotá. CINVA. 1963.

FREIRE, WESLEY JORGE; BERALDO, ANTÔNIO LUDOVICO. **Tecnologias alternativas de construção**. Editora da Unicamp, Campinas, 2003.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 102f. Tese (Livro Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

KIHARA, Y; MARCIANO JR, E. **Qualidade e produtividade na indústria de cimento**. Informativo. ABESC, out, 1995.

LIPPIATT, B. **BEES 1.0 – Building for environmental and economics sustainability: technical manual and user guide**. Gaithersborough, USA: U. S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 1998. 84p.

LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable development**. New York: John Wiley & Sons, 1993. 338p.

MERCADO, M.C. **Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – FAU USP. 1990.

NEVES, C. M. M (1989). Tijolos de solo-cimento. IN: DEZ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO. Brasília. Anais. MINTER/PNUD. p. 141-166.

RIBEIRO, Flávio de Miranda. Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil-Usina de Itaipu: primeira aproximação. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2003.

ROCHA, A.F. **Estudo experimental sobre misturas de solo-cimento para a região de Campo Novo dos Parecis, MT.** Dissertação de Mestrado. EESC USP, São Carlos. 1996. 103

Secretaria de Imprensa e Comunicação Social. **Minha Casa Minha Vida 2 tem novas regras e prioriza população de baixa renda.** Disponível em < <http://blog.planalto.gov.br>> Acesso em 25 de outubro de 2011.

SEGANTINI, ANTONIO ANDERSON DA SILVA; ALCÂNTARA, MARCO ANTONIO DE MORAIS. IBRACON. **Materiais de Construção Civil.** Ed. G.C. Isaía. São Paulo. 2007. 2v.

SINTRACON - Sindicato dos Trabalhadores na Construção Civil. **Tabela de Salários na Construção Civil.** Disponível em < http://www.sintraconcuritiba.org.br/tabela_salarios.php>. Acesso em 24 de outubro de 2011.

SILVA, MOEMA RIBAS. **Materiais de Construção.** Ed. Pini, São Paulo, 1985.

SISTEMAS CONSTRUTIVOS BRICKA. **Alvenaria Estrutural Manual Tecnologia,** 2003. Disponível em <<http://www.bricka.com.br/downloads/alv-tec.pdf>> acesso em: 21 de outubro de 2011.

SOUZA, U.E.L.(1998) Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. Tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais. PCC-EPUSP, São Paulo, pp. 237-48.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil.** Dissertação (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

SPERB, M. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção.** 2000. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO). São Paulo, 2010. 13ª Edição. Editora PINI.

TAVEIRA, Eduardo Salmar Nogueira e. **Construir, morar, habitar: o solo-cimento no campo e na cidade.** São Paulo: Ícone, 1987. 120 p.: il.

UCHIMURA, M. S., **Dossiê Técnico – Solo-cimento.** Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR), 2006.

VERÇOSA, Enio José. **Materiais de construção.** Porto Alegre: PUC.EMMA.1975

