

“O Uso do Tijolo de Solo-Cimento na Construção Civil”

Autor: Ana Paula Maciel da Silva

Orientador: Prof.^a Adriana Guerra Gumieri

Janeiro/2013

ANA PAULA MACIEL DA SILVA

“O Uso do Tijolo de Solo-Cimento na Construção Civil”

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador: Prof.^a Adriana Guerra Gumieri

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013

AGRADECIMENTOS

A Deus e minha família pelo apoio, carinho e dedicação.

A fé é o firme fundamento das coisas que se esperam, e a prova das coisas que se não vêem.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	HISTÓRICO DO EMPREGO DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15 15
3.2.	PROCESSO DE FABRICAÇÃO	18
3.2.1	Materiais componentes do solo-cimento	19
3.2.2	Dosagem do solo-cimento	22
3.2.3	Moldagem dos Tijolos de Solo-Cimento.....	22
3.2.4	Cura e Armazenamento dos tijolos	26
3.3.	PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO.....	28
3.3.1	O Projeto.....	28
3.3.2	A fundação	28
3.3.3	Execução da Primeira Fiada.....	29
3.3.4	Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações	30
3.3.5	Detalhes Construtivos.....	32
3.4.	PROCESSO CONSTRUTIVO DE ALVENARIA DE SOLO - CIMENTO PARA HABITAÇÕES POPULARES	35
3.5.	ALVENARIA DE SOLO - CIMENTO E A SUSTENTABILIDADE	51
3.6.	ANÁLISE DE RESULTADOS DE ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE SOLO- CIMENTO	54
3.7.	COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ALVENARIAS DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO E ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS	66
4.	ANÁLISE DO TEMA.....	70
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	71
6.	CONCLUSÃO	73
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do Processo.	19
Figura 2: Prensa CINVA-RAM.....	23
Figura 3: Prensa Manual Sahara.....	24
Figura 4: Prensa Hidráulica.....	25
Figura 5: Prensa Hidráulica Sahara.....	26
Figura 5: Processo manual de cura.....	27
Figura 6: Espalhamento dos Tijolos.	30
Figura 7: Detalhe das Instalações Elétricas.....	31
Figura 8: Detalhe das Instalações Hidráulicas.....	31
Figura 9: Detalhe da Armação dos Pilaretes.	32
Figura 10: Ligação com grampos.....	32
Figura 11: Enchimento dos Furos dos Tijolos.....	33
Figura 12: Juntas de Dilatação.....	33
Figura 13: Isolamento dos Furos.....	34
Figura 14: Déficit habitacional no Brasil.	36
Figura 15: Aula do Curso de Capacitação.	38
Figura 16: Peneiramento do Solo.....	38
Figura 17: Execução das Sapatas.....	39
Figura 18: Execução das Vigas Baldrame.	39
Figura 19: Tijolos saindo da prensa.....	40
Figura 20: Detalhe do tijolo prensado.....	40
Figura 21: Cura dos Tijolos.	41
Figura 22: Execução da primeira fiada.....	41
Figura 23: Residência acabada.....	42
Figura 24: Local de Treinamento.	44
Figura 25: Execução do Rejuntamento.	45
Figura 26: Execução do Grauteamento.....	45
Figura 27: Moradias Prontas.	46

Figura 28: Edificações do Bairro Sapucaias.	47
Figura 29: Edificações do Conjunto Granja de Freitas III.....	49
Figura 30: Edificações construídas em condomínio de alto padrão na Angola.....	50
Figura 31: Prédio em alvenaria de solo-cimento	54
Figura 32: Vista transversal, superior e corte da amostra.	56
Figura 33: Amostra do Tijolito após o capeamento.....	57
Figura 34: Prensa utilizada no ensaio de compressão.....	57
Figura 35: Ruptura da amostra.....	57
Figura 36: Balança para a realização da pesagem.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de cimentos usados na composição do solo-cimento.....	21
Tabela 2: Características mecânicas dos tijolos ensaiados.	58
Tabela 3: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (07 dias).....	59
Tabela 4: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (28 dias).....	60
Tabela 5: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (111 dias).....	61
Tabela 6: Resultados do ensaio de absorção de água.....	63
Tabela 7: Resultados dos ensaios de absorção de água do Tijolito.	65
Tabela 8: Custos Alvenaria de Solo-Cimento.	67
Tabela 9: Custos Alvenaria de Tijolos Cerâmicos.	68

LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira e Normas Técnicas

AASHO – American Association of State Highway Officials

ASTM – American Society for Testing and Materials

BNH – Banco Nacional da Habitação

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

NBR – Norma Brasileira

PCA – Portland Cement Association

SAGCI – Sistema Andrade Gutierrez de Construção Industrializada

TIJOLITO – Bloco de solo-cimento ou solo-cal; componente da parede do SAGCI;
marca registrada do SAGCI

RESUMO

Este trabalho é um estudo da tecnologia necessária à fabricação e execução das alvenarias de solo-cimento. As informações foram obtidas através de revisão bibliográfica e de dados de ensaios realizados em amostras de tijolos de solo-cimento. Inicialmente foi feito um histórico geral das edificações em solo-cimento já realizadas. Em seguida, apresentam-se as etapas do processo de fabricação dos tijolos, desde a correta seleção dos materiais necessários, até as formas adequadas de armazenamento. Foram apresentados os tipos de prensas mais utilizados atualmente no Brasil na confecção de tijolos ou blocos de solo-cimento, as etapas do processo executivo da alvenaria de solo-cimento, além de casos de obras executadas com a tecnologia. Verificou-se a importância do uso do solo-cimento para o desenvolvimento sustentável, e foi apresentado um comparativo de custos entre alvenaria de solo-cimento e a convencional. Em segundo momento, foram feitos ensaios para verificação das propriedades mecânicas dos tijolos de solo-cimento e uma discussão de resultados de ensaios já realizados. Concluiu-se ainda que os tijolos de solo-cimento apresentam resistência à compressão e absorção de água compatível com os valores encontrados em tijolos cerâmicos e blocos de concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-Cimento, Sustentabilidade nas Construções, Construção Civil, Habitações Populares.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais no setor da construção civil estão diretamente relacionados ao elevado consumo de materiais necessários para a construção das habitações, obras de infraestrutura entre outros empreendimentos de engenharia. Também, o consumo de matérias-primas não renováveis, gerando grande quantidade de resíduos, além da poluição na produção e transporte.

Dessa forma, para superar esses graves problemas ambientais é necessário o desenvolvimento de novos materiais e a busca de novas soluções construtivas, visando:

- Utilização de materiais de alto desempenho e maior durabilidade, garantindo uma boa relação entre baixo custo, qualidade e segurança estrutural;
- Adoção de sistemas construtivos recicláveis ou reutilizáveis de baixa agressividade ao meio ambiente;
- Diminuição da geração de resíduos na construção civil, com a eliminação do desperdício nos canteiros de obras;
- Utilização de novas tecnologias que visem à eficiência construtiva e energética, além do conforto térmico e acústico.

O solo é um material que pode ser utilizado em diversas aplicações na construção civil. É um material abundante na natureza, renovável, com facilidade de obtenção e manuseio, além de baixo custo.

Nesse contexto, o solo-cimento é um material que contribui para a diminuição do impacto ao meio ambiente, já que no processo de fabricação dos tijolos de solo-

cimento não é utilizado à queima, evitando desta forma, agentes poluentes ao meio ambiente contribuindo com a adoção de sistemas construtivos sustentáveis.

No estudo sobre a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil, são apresentados o processo de fabricação e o processo executivo, além de aspectos ambientais e propriedades mecânicas. Também, são apresentados resultados e discussões de alguns ensaios já realizados com amostras de tijolos de solo-cimento.

2. OBJETIVOS

O estudo visa à compreensão da tecnologia necessária à fabricação e utilização dos tijolos ou blocos de solo-cimento, avaliando as vantagens em relação aos tijolos ou blocos cerâmicos e a adoção de sistemas construtivos sustentáveis.

Como objetivos específicos do estudo, podem ser citados:

- Estudar as etapas de fabricação dos tijolos de solo-cimento;
- Avaliar as vantagens dos tijolos de solo-cimento na construção civil em comparação com os tijolos cerâmicos;
- Relacionar a tecnologia da fabricação de tijolos de solo-cimento com o contexto de construção sustentável;
- Fazer um comparativo de custos entre a alvenaria de tijolos de solo-cimento e a convencional de tijolos cerâmicos;
- Analisar ensaios das propriedades mecânicas dos tijolos de solo-cimento, como: resistência à compressão e absorção de água, fazendo um comparativo com as propriedades mecânicas dos tijolos cerâmicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DO EMPREGO DOS TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Silva (1994), as construções com terra crua são muito antigas. O primeiro registro que se tem do uso do solo na construção civil é a muralha da China, no século III, onde foi utilizada uma mistura de argila e cal.

Porém, os primeiros trabalhos registrados com o solo-cimento surgiram somente após 1932. Entre eles, destaca - se a utilização do solo-cimento na pavimentação de 17.000 m² em Johnsonville, Carolina do Sul, EUA.

A partir de 1944, começaram as normalizações de ensaios com o solo-cimento pela American Society for Testing Materials (ASTM), American Association of State Highway Officials (AASHO) e a Portland Cement Association (PCA). (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007).

Em 1945, no Brasil, foi construída a primeira edificação em solo-cimento, uma casa de bombas com 42 m², com a finalidade de abastecer as obras do aeroporto de Santarém, PA. Logo depois, em 1948, foram construídas algumas residências em Petrópolis no Rio de Janeiro e um hospital em Manaus utilizando a tecnologia de paredes monolíticas de solo-cimento. (SILVA, 1994).

Segundo Segantini e Alcântara (2007), o solo-cimento teve maior utilização a partir de 1960, principalmente em obras de pavimentação, barragens de terra e na fabricação de tijolos e blocos para alvenaria de vedação.

O solo-cimento em edificações populares foi mais utilizado por volta de 1978, a partir da aprovação da técnica pelo antigo BNH (Banco Nacional da Habitação). Nessa época o sistema em paredes monolíticas de solo-cimento era mais utilizado. (FIGUEROLA, 2004).

Segundo Assis (2008), os primeiros ensaios utilizando blocos de solo-cimento com sistema de encaixe macho e fêmea ocorreram a partir de 1987 nos laboratórios da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, onde foi criado o chamado Tijolito. Ele passou a ser produzido através de prensa hidráulica pela construtora Andrade Gutierrez, tornando-se o principal componente do sistema de construção industrializada da empresa.

Foram desenvolvidos diversos trabalhos numa parceria entre a Construtora Andrade Gutierrez, universidades e centros de pesquisa, com a finalidade de se conhecer mais o comportamento dos tijolos de solo-cimento. Segundo Assis (2001), exemplos desses trabalhos podem ser citados como:

- Em 1993, foi realizado um estudo do “Comportamento estrutural do bloco de solo-cimento”. Nesses trabalhos determinaram-se a unidade padrão representativa da parede, o módulo de deformação longitudinal e a capacidade de paredes à compressão axial, sem e com injeção de argamassa. (DEES, 1993 apud, ASSIS, 2001).
- Em 1995, o IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo realizou um estudo de “Avaliação de Desempenho do Tijolito” realizando vários ensaios como: absorção da água dos blocos; verificação dimensional; cargas transmitidas por peças suspensas; impacto de corpo mole e duro; carga horizontal uniformemente distribuída; solicitações

transmitidas por portas e resistência ao fogo. (IPT, 1995 apud, ASSIS, 2001).

- Em 2001, foi realizada uma avaliação experimental do comportamento estrutural de paredes não armadas, submetidas à compressão axial, construídas com Tijolito. (ASSIS, 2001).

Segundo Assis (2001), foram realizadas várias construções com o Tijolito, como exemplos:

- 20.000 m² de escolas de ensino fundamental no Estado de Minas Gerais (1992-1993);
- 807 casas populares em Palmas -TO (1993-1994);
- 6 casas populares em Curitiba - PR (1994);
- 7 casas populares em Ribeirão Preto - SP;
- 10 casas em Juiz de Fora - MG (1996);
- 6 casas de classe média em Sete Lagoas-MG (1997);
- 450 casas em Contagem-MG (1997-1999);
- 212 casas de padrão médio e 11 casas de padrão alto, de dois pavimentos, em Luanda-Angola (1994-2000);
- Escolas em Cabinda-Angola (2000-2001);
- 112 casas geminadas de dois pavimentos, em Duque de Caxias-RJ (2000);
- 146 casas geminadas de dois pavimentos, em Belo Horizonte - MG (2000-2001).

3.2. PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento envolve as seguintes etapas:

- **Preparação do solo:** peneiramento do solo e quebra de torrões;
- **Preparo da mistura:** espalha-se o cimento ao solo preparado misturando bem até a obtenção de uma coloração uniforme. Após a homogeneização, adiciona-se água, aos poucos, remisturando novamente a mistura até obtenção da umidade desejada;
- **Moldagem dos tijolos;**
- **Cura e armazenamento.**

A figura 1 mostra o esquema do processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento.

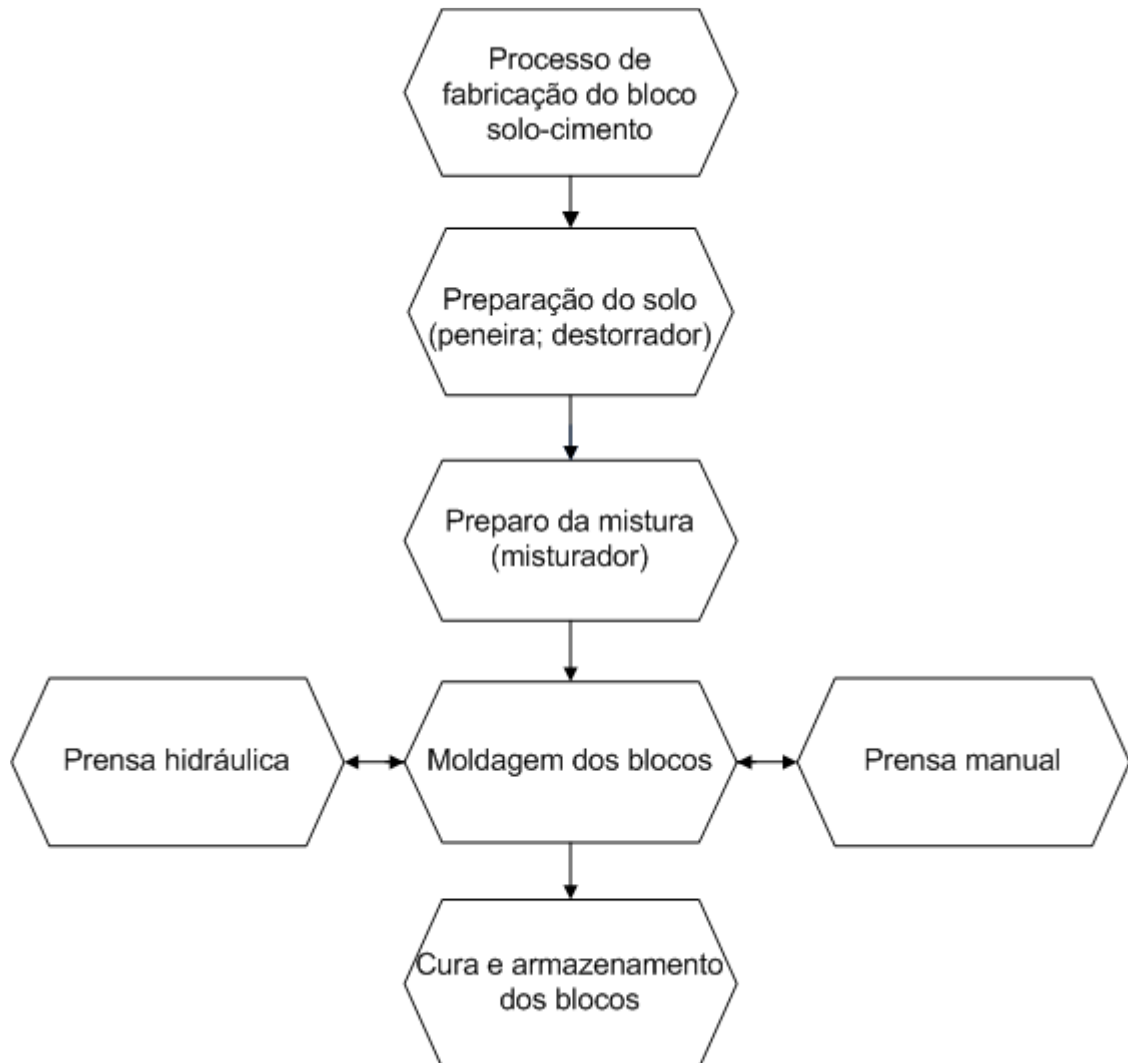


Figura 1: Fluxograma do Processo.
 Fonte: PENTEADO; MARINHO, 2011.

3.2.1 Materiais componentes do solo-cimento

O solo-cimento é o produto obtido pela mistura de solo, cimento e água, após sofrer compactação, moldagem e cura. Através das reações de hidratação do cimento a mistura adquire resistência mecânica tornando-se um produto com várias aplicações na construção civil.

Solo

O solo é o material em maior proporção na mistura de solo-cimento. Para garantir maior economia no consumo de cimento, ele deve ser bem selecionado. Não são todos os tipos de solos que podem ser utilizados nas construções com solo-cimento. Por este motivo, é importante fazer a escolha correta quanto à granulometria do tipo de solo a ser usado. Segundo a NBR 10832 (ABNT, 1989), os solos mais adequados são os que possuem as seguintes características:

- 100 % dos grãos passando na peneira ABNT 4,8 mm (n.4);
- 10 % a 50 % dos grãos passando na peneira ABNT 0, 075 mm (n.200);
- limite de liquidez ≤ 45 %;
- índice de plasticidade ≤ 18 %.

Dessa forma, levando em consideração a granulometria, os solos arenosos e com presença de materiais inertes são indicados para o uso na mistura de solo-cimento:

A presença de grãos de areia grossa e de pedregulhos é benéfica, pois são materiais inertes, com função apenas de enchimento, favorecendo a liberação de maiores quantidades de cimento para aglomerar os grãos menores. Os solos devem ter, no entanto, um teor mínimo da fração fina, pois a resistência inicial do solo-cimento compactado se deve à coesão da fração fina compactada. A experiência tem demonstrado que solos com teores de silte mais argila inferiores a 20% não propiciam compactação adequada, sobretudo na confecção de tijolos prensados, dificultando o processo de moldagem. (SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007).

Segundo Figuerola (2004), o solo a ser utilizado na mistura não deve conter cloretos, sulfatos e matéria orgânica, uma vez que essas substâncias podem atrapalhar o desempenho do sistema. Como por exemplo, os ácidos presentes na matéria orgânica podem prejudicar a hidratação do cimento, retardando-a, prejudicando dessa forma, a resistência do solo-cimento.

Cimento

Para a produção de solo-cimento podem ser utilizados cimentos que atendem às seguintes especificações, conforme apresentado na tabela 1:

Tabela 1: Tipos de cimentos usados na composição do solo-cimento.

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material Carbonático	
Comum	CPI	100	-	-	-	NBR 5732
Composto	CP II-E	94 – 56	6 – 34	-	0 – 10	NBR 11578
	CP II-Z	94 – 76	-	6 – 14	0 – 10	
	CP II-F	94 – 90	-	-	6 – 10	
Alto forno	CP III	65 – 25	35 – 70	-	0 – 5	NBR 5735
Pozolânico	CP IV	85 – 45	-	15 – 50	0 – 5	NBR 5736
Alta resistência inicial (ARI)	CP V	100 – 95	-	-	0 – 5	NBR 5733

Fonte: SEGANTINI; ALCÂNTARA, 2007.

Os cimentos Portland mais utilizados para a produção do solo-cimento são os compostos (CP II).

Água

A água para ser utilizada na produção do solo-cimento deve ser potável e livre de impurezas que possam prejudicar a hidratação do cimento, como: galhos, folhas, óleos, sulfatos e sais.

3.2.2 Dosagem do solo-cimento

Na dosagem do solo-cimento são fixadas três variáveis:

- o teor de cimento a ser adicionado ao solo;
- a umidade a ser incorporada à mistura;
- a massa específica desejada.

Após a coleta das amostras qualitativas do solo, essas deverão ser encaminhadas para um laboratório de mecânica dos solos, para a determinação da proporção de argila, areia e silte existentes. Após a análise, é realizada a dosagem para solo-cimento, onde será determinada a quantidade de água, cimento e solo a serem utilizados na mistura.

Segundo Barros e Pecoriello (2004), o melhor traço na dosagem do solo-cimento é o realizado conforme norma e menor quantidade de cimento. Para envio ao laboratório, recomenda-se a moldagem de pelo menos seis tijolos, divididos igualmente nos ensaios de resistência à compressão e absorção de água. Após a moldagem, eles devem permanecer em área de cura por sete dias.

3.2.3 Moldagem dos Tijolos de Solo-Cimento

Para a fabricação de tijolos de solo-cimento é necessária a utilização de equipamentos para a realização da moldagem. Os mais simples são caixas de madeira para moldagem manual. Hoje no mercado são encontradas muitas empresas que fabricam diversos tipos de prensas para moldagem manual ou mecânica de tijolos de solo-cimento.

A maioria das prensas tem diferentes tipos de moldes para possibilitar a fabricação de diferentes tipos de tijolos trocando apenas o molde. No Brasil, são encontrados muitos fabricantes de prensas manuais com capacidade de produzir de 500 a 3500 unidades por dia de tijolos de solo-cimento.

Tipos de Prensas

- Prensa manual CINVA-RAM

Segundo Assis (2001), a prensa manual CINVA-RAM foi desenvolvida em 1950 na Colômbia, sendo a primeira a ser utilizada no mundo para fabricação dos tijolos de solo-cimento.

A partir dela, muitos outros tipos de prensas manuais foram desenvolvidas e utilizadas no Brasil e no mundo. A figura 2 mostra a prensa CINVA-RAM pioneira na confecção de tijolos de solo-cimento.

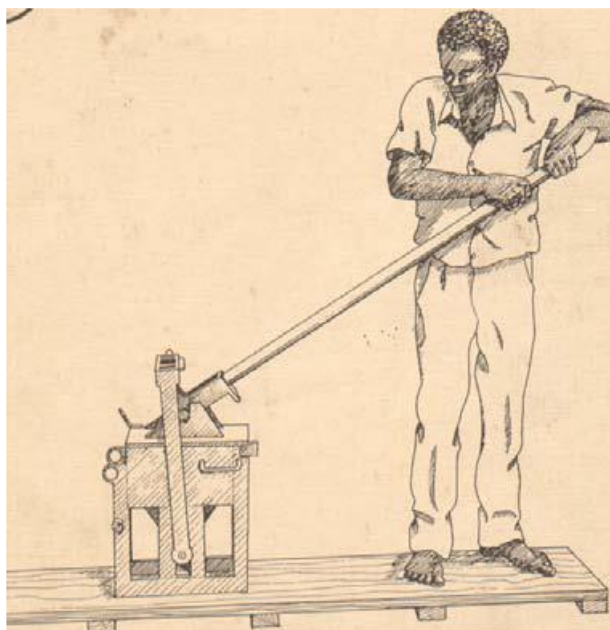


Figura 2: Prensa CINVA-RAM.
Fonte: BARBOSA; MATTONE; MESBAH, 2002.

- Prensa manual Sahara

Produz tijolos maciços para assentamento com argamassa e blocos modulares e vazados, nas dimensões 10 cm x 20 cm, 12,5 cm x 25 e 15 cm x 30 cm. Conforme o equipamento, a produção varia de 100 a 300 peças/h. Para a fabricação são necessários apenas três operadores: um para o abastecimento, outro para a operação da prensa e um terceiro para preparar a mistura.

Como exemplo temos a prensa modular 10 cm x 20 cm:

Ela produz tijolos com 10 cm de largura, 20 cm de comprimento, 5 cm de espessura e furos internos de 5 cm. São indicados para edificações de alvenaria em geral. A produção é em média de 250 a 300 tijolos/hora. A prensa tem uma ferramenta acessória para produção do ½ tijolo, indicado para respaldo de portas e janelas. (SAHARA, 2013a). A figura 3 mostra a prensa modelo 10x20cm da Sahara.



Figura 3: Prensa Manual Sahara.
Fonte: SAHARA, 2013a.

- Prensas Hidráulicas

São máquinas projetadas para alta produção e maior qualidade das peças. Como exemplo temos a prensa hidráulica da Eco – Máquinas, modelo ECO PREMIUM 2700 CH - MA. Ela possui um sistema operacional de fabricação dos tijolos desenvolvido de forma a utilizar somente um operador. Possui um sistema conjugado hidráulico / mecânico que eleva o tijolo ao nível das mãos para ser retirado. A produção é de até 3.500 tijolos por dia, considerando funcionamento 8 horas por dia sem interrupções do equipamento. (ECO-MÁQUINAS, 2013). A figura 4 mostra a prensa hidráulica da Eco-Máquinas.



Figura 4: Prensa Hidráulica.
Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

- Prensa Hidráulica Sahara

A prensa hidráulica da Sahara, modelo H1-3500, possui alto rendimento, produzindo aproximadamente uma peça a cada 10 segundos. Ela possui dois moldes diferentes para a produção de tijolos maciços ou blocos de solo-cimento.

Possui também um reservatório com capacidade para 80 litros. (SAHARA, 2013a). A figura 5 mostra a prensa hidráulica da Sahara.



Figura 5: Prensa Hidráulica Sahara

Fonte: SAHARA, 2013a.

3.2.4 Cura e Armazenamento dos tijolos

A cura é fator primordial no controle da qualidade após a produção dos tijolos e determinará o sucesso de todas as etapas seguintes.

Conforme Pisani (2005) o processo de cura e armazenamento dos tijolos de solo-cimento, devem seguir as seguintes recomendações para que os tijolos apresentem boa qualidade:

- Os tijolos devem ser colocados em pilhas logo após serem retirados da prensa, evitando movimentações com os tijolos úmidos;
- O local de armazenamento deve estar totalmente em nível para que os elementos não se deformem;
- Na execução do empilhamento é recomendado seguir as orientações do fabricante de prensas. Eles costumam indicar uma altura limite de um

metro para as pilhas. O excesso de peso sobre os tijolos poderá deformá-los;

- Nos três primeiros dias de cura os tijolos devem estar umedecidos através da molhagem realizada com auxílio de um regador ou similar, de duas a quatro vezes ao dia, dependendo das condições atmosféricas do local. Nesse período, os tijolos não poderão sofrer qualquer tipo de movimentação;
- Para evitar a perda de água por evaporação, é recomendado cobrir os tijolos com lonas plásticas pelo menos durante os três primeiros dias de cura. Também é importante evitar a exposição direta ao vento ou sol;
- A partir do sétimo dia de cura, é possível realizar o transporte dos tijolos, mas a resistência ainda não será a esperada.

De acordo com a NBR 10832 (ABNT, 1989), os tijolos ou blocos só podem ser utilizados na construção civil no mínimo 14 dias após a sua fabricação.

A figura 6 mostra a execução da cura nos tijolos de solo-cimento.



Figura 5: Processo manual de cura.

Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

O aprimoramento cada vez maior das prensas para a fabricação dos tijolos facilita o emprego das técnicas de construção, possibilitando a elaboração de projetos de melhor qualidade.

3.3.PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA DE SOLO-CIMENTO

3.3.1 O Projeto

O projeto da edificação e da alvenaria é de fundamental importância para a elaboração do planejamento das diversas etapas de execução da obra. Como na alvenaria de tijolos modulares de solo-cimento temos a execução simultânea de parte de instalações hidráulicas e elétricas com a alvenaria, o nível de detalhamento do projeto deve ser o maior possível. Devem ser seguidas as mesmas prescrições exigidas pelas normas para a alvenaria estrutural de blocos de concreto.

Segundo Barros e Pecoriello (2004), é de fundamental importância que durante a fase de projeto, o tamanho dos cômodos da edificação sejam devidamente ajustados às dimensões do tijolo a ser utilizado.

3.3.2 A fundação

O primeiro passo para a execução de uma edificação em alvenaria de solo-cimento, é a escolha do tipo de fundação a ser utilizada. Ela será definida em função das características do terreno onde a obra será implantada e de particularidades do projeto.

Segundo Figuerola (2004), pela facilidade de adaptação das fundações rasas a tipos variados de solos, elas são mais apropriadas para as edificações em solo-cimento, em especial o radier. Devido ao risco de percolação de umidade nas alvenarias pelas fundações, elas devem ser impermeabilizadas cuidadosamente com argamassa.

Dessa forma, juntamente com o radier, é recomendada a execução de uma base de argamassa impermeabilizada, de forma a acompanhar a disposição das paredes, funcionando como área de apoio aos tijolos. A argamassa deve ser de preferência composta de cimento, areia e hidrofugantes tipo Vedacit A base impermeabilizada deve ser também pintada com emulsão asfáltica. Após a execução da fundação, são utilizadas cintas de amarração nas mesmas, para início da elevação das alvenarias.

3.3.3 Execução da Primeira Fiada

Antes do assentamento da primeira fiada de tijolos, deve-se verificar a disposição dos ambientes sobre a fundação. Também, é importante identificar a localização das esquadrias e a posição das instalações. Para isso recomenda-se espalhar os tijolos da fiada de marcação sem argamassa de assentamento sobre a fundação, para facilitar a correção de falhas de nivelamento e esquadro. Após todas as verificações necessárias, executa-se o assentamento da primeira fiada. A figura 6 mostra a etapa de espalhamento dos tijolos sobre a fundação:



Figura 6: Espalhamento dos Tijolos.

Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

Os tijolos das primeiras fiadas devem ser assentados sobre uma camada de argamassa convencional de cimento e areia, traço 1:3 sobre o baldrame, permitindo a regularização da superfície e garantindo o prumo e nível correto das alvenarias a serem elevadas.

3.3.4 Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações

Os tijolos das demais fiadas podem ser assentados com um filete de material colante, podendo ser utilizado cola branca, argamassa industrializada ou ainda massa de solo-cimento. Geralmente utilizam a mesma massa de solo-cimento utilizada na fabricação dos tijolos. A cada fiada de tijolos executada, deve-se proceder à verificação do prumo e nível.

Para a execução das instalações elétricas e hidráulicas não é necessária a quebra das paredes. O assentamento dos tijolos pode ser executado em conjunto com as tubulações, eletrodutos, pontos de luz, água, esgoto, através dos furos dos tijolos. A figura 7 mostra uma opção de se utilizar os furos nos módulos ao invés de conduítes e caixa para tomadas e interruptores.

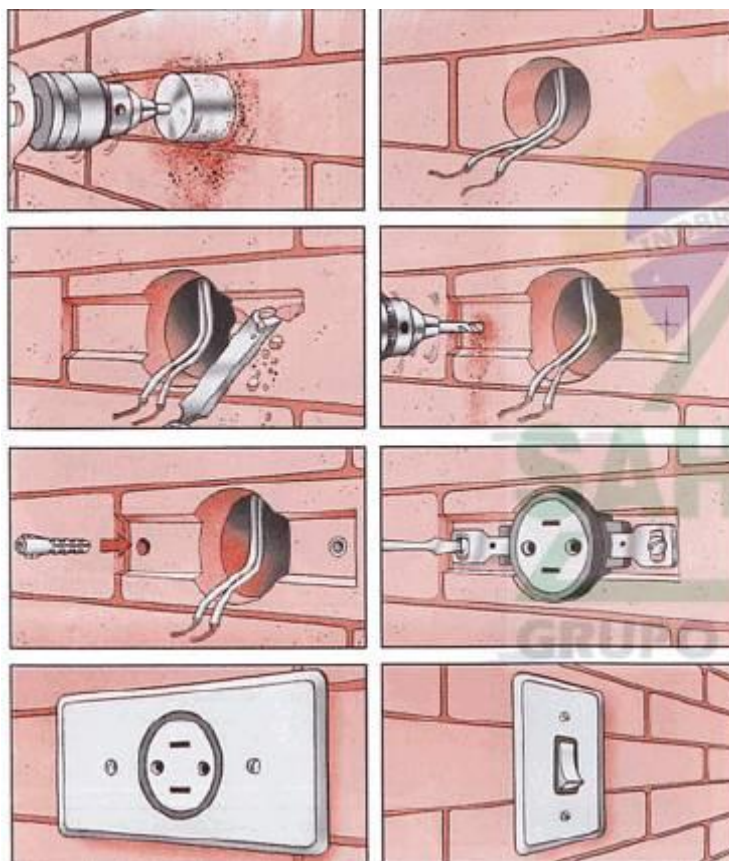


Figura 7: Detalhe das Instalações Elétricas.

Fonte: SAHARA, 2013b.

Na execução das instalações hidráulicas, pode-se também utilizar os furos dos tijolos, através da descida das colunas de água, não sendo necessária a quebra de paredes. A figura 8 mostra os detalhes da disposição das tubulações hidráulicas sobre os furos dos tijolos.



Figura 8: Detalhe das Instalações Hidráulicas.

Fonte: SAHARA, 2013b.

3.3.5 Detalhes Construtivos

- Segundo Barros e Pecoriello (2004), no encontro de alvenarias, os furos dos tijolos devem receber uma barra de 6,3 mm de diâmetro, engastada a partir da fundação até a extremidade superior da cinta de amarração. Após a fixação das barras, deve ser executado o grauteamento dos furos. A figura 9 mostra o detalhe das barras dos pilaretes para sustentação da alvenaria.

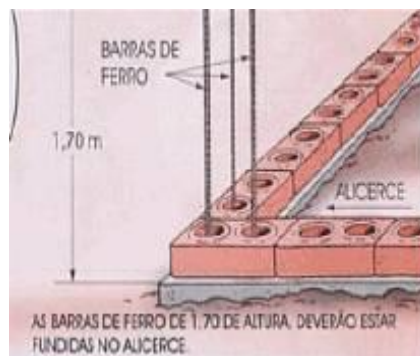


Figura 9: Detalhe da Armação dos Pilaretes.

Fonte: SAHARA, 2013b.

- Para garantir maior rigidez e estabilidade na obra, também, é de fundamental importância a ligação das colunas, através da utilização de grampos. Os furos devem ser preenchidos. A figura 10 mostra a ligação dos cantos das alvenarias.

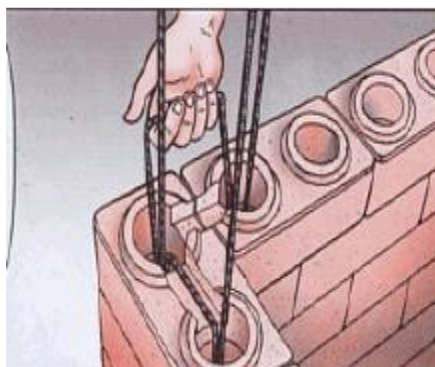


Figura 10: Ligação com grampos.

Fonte: SAHARA, 2013b.

- Para reforçar ainda mais a estrutura e proporcionar uma melhoria na armação das paredes, os furos dos tijolos devem ser preenchidos com argamassa ou concreto. É recomendada a utilização de um funil de concretagem para evitar desperdícios de concreto. A figura 11 representa o momento do enchimento dos furos dos tijolos.

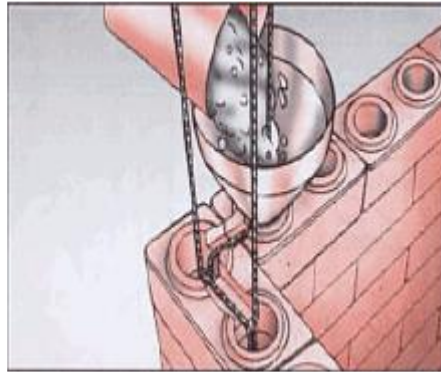


Figura 11: Enchimento dos Furos dos Tijolos.
Fonte: SAHARA, 2013b.

- As alvenarias de solo-cimento quando muito extensas estão mais propícias ao surgimento de fissuras e trincas, por isso sempre que possível deve-se limitar o comprimento das mesmas. Recomenda-se a execução de juntas de dilatação de 2 mm de um tijolo ao outro. A figura 12 mostra as dimensões das juntas de dilatação necessárias.

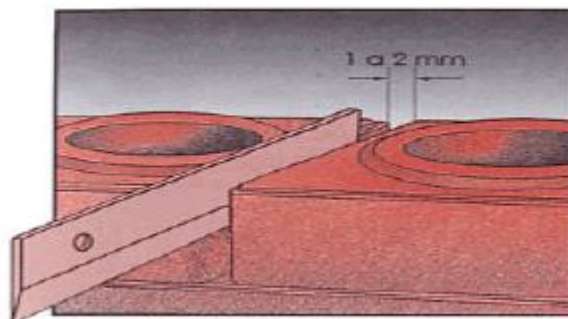


Figura 12: Juntas de Dilatação.
Fonte: SAHARA, 2013b.

- Nas aberturas de portas e janelas, devem ser executadas vergas e contravergas para evitar o aparecimento de trincas. Elas podem ser

executadas com tijolo de solo-cimento do tipo canaleta. Os furos de duas fiadas imediatamente abaixo devem ser isolados com canos de PVC ou copinhos de plásticos e grauteados. A figura 13 mostra o detalhe do isolamento dos furos das canaletas.

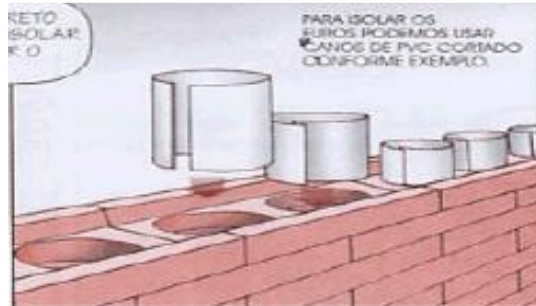


Figura 13: Isolamento dos Furos.

Fonte: SAHARA, 2013b.

- As alvenarias de solo-cimento podem ser revestidas apenas com pintura. O acabamento proporcionado geralmente dispensa a execução de chapisco e reboco. Como o solo-cimento é um material que tem muitos poros, a perda de umidade pelas variações do ambiente é alta, dessa forma é comum ocorrerem patologias relacionadas à retração hidráulica. Para evitar essa patologia é importante a aplicação de uma pintura impermeabilizante diretamente nas alvenarias.

3.4. PROCESSO CONSTRUTIVO DE ALVENARIA DE SOLO - CIMENTO PARA HABITAÇÕES POPULARES

Segundo a Fundação João Pinheiro (2013), o déficit habitacional do Brasil em 2008 estimado corresponde a 5, 546 milhões de domicílios, com incidência notadamente urbana, correspondendo a 83,5% do montante brasileiro (4, 629 milhões). Na comparação entre 2008 e a estimativa de 2007, houve queda de 442.754 unidades habitacionais. A região Sudeste lidera a demanda nacional com 36,9% correspondendo a 2, 046 milhões de unidades. Em seguida temos a região Nordeste com 1, 946 milhão de moradias estimadas como déficit, o que corresponde a 35,1% do total.

A figura 14 demonstra o quantitativo do déficit de moradias em casa estado brasileiro.

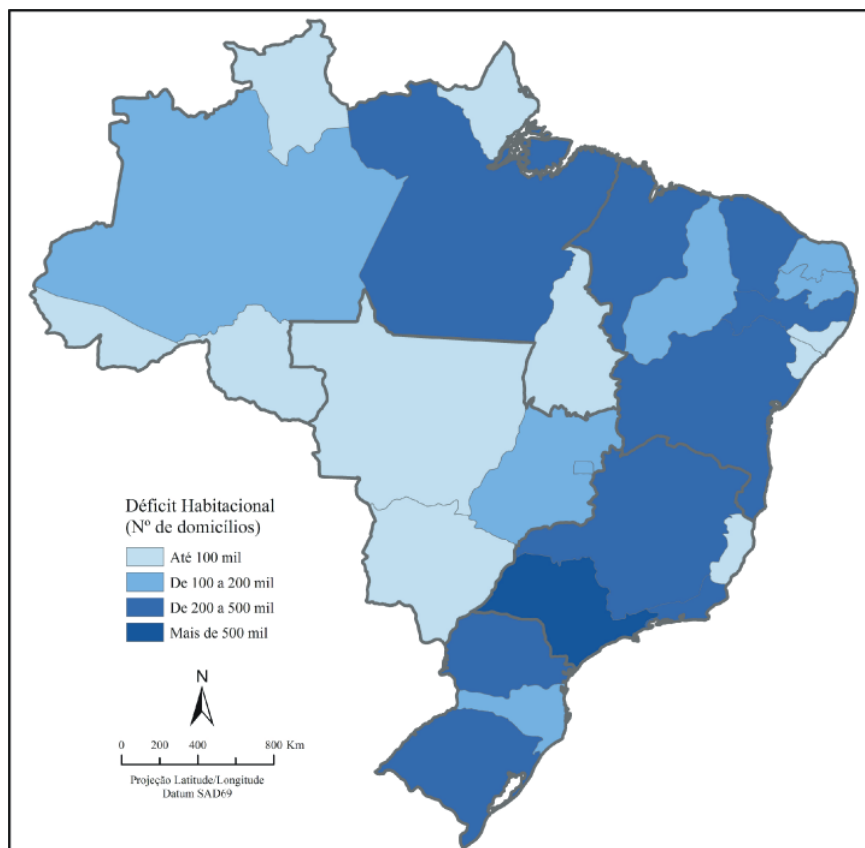


Figura 14: Déficit habitacional no Brasil.

Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2013.

A moradia de qualidade é uma das necessidades básicas do ser humano. Dessa forma, percebe-se a necessidade de ampliação de investimentos maiores no setor habitacional para diminuir o déficit habitacional. A falta de habitações no Brasil requer o uso de tecnologias mais simples, de baixo custo e qualidade compatíveis com o cenário econômico brasileiro.

Aliada a necessidade de crescimento do setor habitacional está a preocupação cada vez maior com o uso dos recursos naturais, visando à busca por materiais e técnicas construtivas que minimizam os impactos ambientais gerados pela construção de novas moradias.

Nesse contexto, o uso do solo-cimento na construção civil pode ser uma alternativa para vencer o desafio da necessidade de aumento de moradias e a diminuição do consumo de materiais requeridos. O solo-cimento pode minimizar os custos finais nas novas moradias, além de possibilitar a segurança e qualidade.

Como foi demonstrado, a fabricação dos tijolos de solo-cimento e o processo de execução da alvenaria é muito simplificado, dispensando o uso de mão-de-obra especializada. Isso incentiva a participação de futuros moradores na construção de edificações em solo-cimento, garantindo baixo custo com produtividade.

No Brasil, muitas construções em solo-cimento já foram executadas através do sistema de mutirão, onde futuros moradores de habitações populares recebem treinamento e participam de todo o processo desde a fabricação dos tijolos até a execução da obra. O sistema de mutirão amplia o mercado de trabalho através do aperfeiçoamento profissional dos envolvidos, criando também oportunidades para desempregados. A seguir serão relatados alguns casos de habitações populares desenvolvidas em alvenaria de solo-cimento.

- **HABITAÇÃO RURAL NA PARAÍBA**

Em 2007 foi desenvolvido um projeto habitacional em alvenaria de solo-cimento para uma comunidade do sertão da Paraíba. Segundo Ferreira et. al. (2007), a comunidade apresentava diversos problemas como: escassez de água, mau uso dos recursos naturais existentes, poucos recursos financeiros e baixo conhecimento tecnológico. Também, os habitantes da comunidade tinham o costume de confeccionar tijolos cerâmicos, com queima em clareiras, reduzindo a vegetação de grande porte existente no local.

Diante de todos esses problemas, a equipe responsável pela elaboração do projeto optou pela construção de uma edificação com 56 m² com uso racional dos recursos hídricos e como alternativa para a preservação da vegetação, optou-se pela execução de alvenaria de solo-cimento. (FERREIRA et. al, 2007).

Segundo Ferreira et. al. (2007), para reduzir custos e incentivar o uso dos tijolos de solo-cimento dentro da comunidade, a equipe promoveu cursos de capacitação aos futuros moradores, ensinando os procedimentos para a fabricação dos tijolos de solo-cimento e execução da obra. Os cursos tiveram a duração de dois meses. A figura 15 mostra um dia de aula informativa oferecida à população.



Figura 15: Aula do Curso de Capacitação.

Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

A segunda etapa do projeto foi a fabricação dos tijolos de solo-cimento. O solo foi devidamente preparado antes de ser utilizado na mistura. O solo-cimento foi também utilizado nas fundações em sapata corrida e no contrapiso da edificação, diminuindo o custo total da obra.

As figuras 16, 17 e 18 mostram a preparação do solo, a execução da fundação e da viga baldrame, todo o processo realizado pelos futuros moradores.



Figura 16: Peneiramento do Solo.

Fonte: FERREIRA et. al., 2007.



Figura 17: Execução das Sapatas.

Fonte: FERREIRA et. al., 2007.



Figura 18: Execução das Vigas Baldrames.

Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

Segundo Ferreira et. al. (2007), foram confeccionados tijolos de solo-cimento com dimensões de 10 cm x 20 cm x 5 cm e dois furos de 5 cm de diâmetro. Os furos facilitaram a execução das instalações hidráulicas e elétricas. As figuras 19 e 20 mostram o detalhe do tijolo prensado e o momento de saída da prensa manual.



Figura 19: Tijolos saindo da prensa.
Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

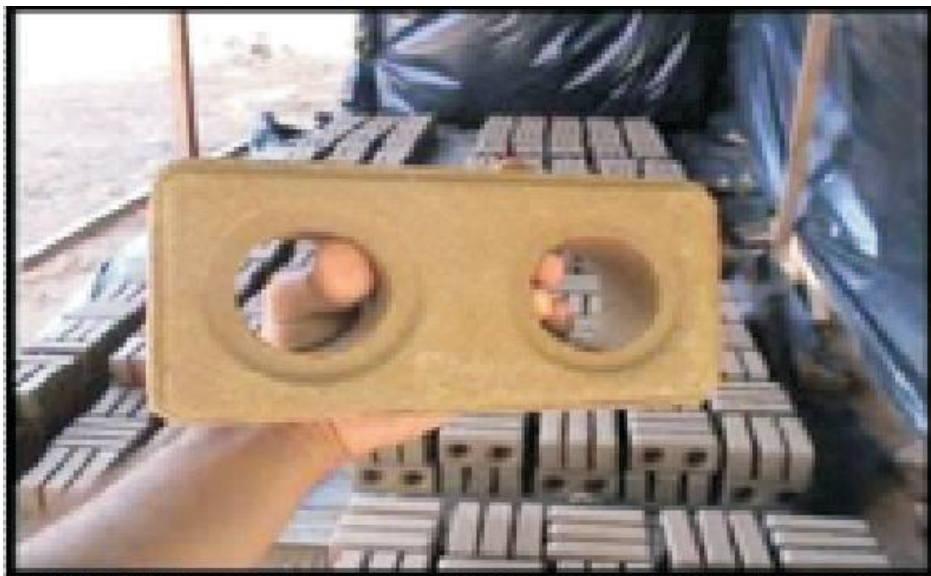


Figura 20: Detalhe do tijolo prensado.
Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

Após saírem da prensa, os tijolos são levados para a área de cura. De preferência essa área deve ser plana e com sombra. A figura 21 mostra o processo de cura dos tijolos de solo-cimento com a utilização de um regador.



Figura 21: Cura dos Tijolos.
Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

A figura 22 mostra a execução da primeira fiada da alvenaria de solo-cimento.



Figura 22: Execução da primeira fiada.
Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

Segundo Ferreira et. al. (2007), apesar de ser uma residência na área rural, a economia com a utilização do solo-cimento proporcionou o uso de elementos estruturais de uma residência urbana de maior porte. As fundações, pilares e

vigas foram dimensionados em concreto armado. A figura 23 mostra a edificação totalmente concluída.



Figura 23: Residência acabada.

Fonte: FERREIRA et. al., 2007.

Conclui-se que embora seja uma construção para apenas uma família, é um exemplo que demonstra a facilidade na fabricação dos tijolos de solo-cimento e na execução das alvenarias. Também é importante levar em conta que os materiais utilizados na construção da residência contribuíram para a preservação do meio ambiente e a redução dos custos.

Dessa forma, a ideia de edificação desenvolvida na Paraíba pode ser aprimorada e utilizada também na área urbana e ajudar a reduzir o déficit de moradias no Brasil de forma ecologicamente correta e econômica.

- **HABITAÇÕES POPULARES EM CONTAGEM**

Outro exemplo de edificações populares em alvenaria de solo-cimento em área urbana é a construção de um conjunto habitacional para atender mais de 500

famílias na cidade de Contagem – MG. Segundo Assis (2001), o conjunto habitacional do Bairro Sapucaias na Cidade de Contagem, é o maior exemplo do uso de mão-de-obra não qualificada para a construção com tijolos de solo-cimento. Foram construídas aproximadamente 540 casas para famílias de baixa renda, onde os futuros moradores eram os próprios construtores e mais de 70% deles eram mulheres do lar.

Segundo Abiko (2004), o terreno utilizado para a construção do conjunto habitacional enquadrou-se nos requisitos necessários, como localização em região onde o Plano Diretor permitia a construção de conjuntos multifamiliares, topografia favorável, proximidade de equipamentos sociais e comunitários, além de fonte de emprego.

O planejamento e gerenciamento das obras foi responsabilidade da Construtora Andrade Gutierrez S/A, que é detentora do sistema construtivo com tijolos de solo-cimento intertravados (tijolito), mas as obras foram executadas pelos próprios moradores em regime de mutirão.

➤ Treinamento das Equipes de trabalho

O programa de treinamento das equipes foi através de uma parceria da Prefeitura Municipal de Contagem, da Secretaria de Estado da Criança e do Adolescente e do CEFET- MG. Foi feito um trabalho de qualificação e requalificação profissional utilizando-se recursos do FAT- Fundo de Amparo ao Trabalhador. (LIMA; PASSOS; SANTOS, 2001).

Os cursos de capacitação foram tão importantes que serviços mais especializados como execução de instalações elétricas e hidráulicas foram também realizados pelos moradores. As equipes de trabalho eram distribuídas por tarefas de acordo com a qualificação de cada membro. O trabalho era realizado nos finais de semana e feriados. Os mutirantes cumpriam uma jornada de trabalho de 16 horas semanais, além de horários para cursos e reuniões. A figura 24 mostra o local de treinamento das equipes. (ABIKO, 2004).



Figura 24: Local de Treinamento.

Fonte: (LIMA; PASSOS; SANTOS, 2001).

➤ Tecnologia utilizada

As edificações foram construídas em paredes intertravadas de tijolos de solo-cimento com encaixe, com economia de argamassa de assentamento e possibilitando o embutimento de todas as instalações. A disposição das instalações foi prevista no projeto e o embutimento feito a partir da locação da primeira fiada da parede.

Devido ao sistema construtivo, as paredes não necessitaram de reboco tanto externo quanto interno, devido ao acabamento aparente proporcionado pelo solo-cimento. As fachadas foram devidamente impermeabilizadas com vedação das juntas para maior proteção. A figura 25 demonstra a execução do rejuntamento das alvenarias externas.



Figura 25: Execução do Rejuntamento.

Fonte: (LIMA; PASSOS; SANTOS, 2001).

Os tijolos de solo-cimento utilizados foram produzidos em local próximo ao canteiro de obras. O solo utilizado na mistura também foi extraído de jazida bem próxima ao local de fabricação dos tijolos, evitando gastos com transportes e facilitando a logística do canteiro.

Após o término da alvenaria, era executada a cobertura, seguida do rejuntamento e pintura das paredes. A figura 26 mostra a execução do grauteamento nas alvenarias de solo-cimento.



Figura 26: Execução do Grauteamento.

Fonte: (LIMA; PASSOS; SANTOS, 2001).

➤ Características das edificações

As unidades habitacionais têm área útil construída de 38,04 m², com dois quartos,

banheiro, sala e cozinha, em terrenos de 200 m². No projeto arquitetônico foi previsto possíveis alterações na habitação, possibilitando ao proprietário aumentar a área da edificação futuramente. (ABIKO, 2004).

Segundo Lima, Passos e Santos (2001), na segunda etapa do projeto foram instalados sistemas de aquecimento solar em aproximadamente 100 edificações, gerando uma significativa redução no consumo de energia elétrica. A área de implantação das edificações foi totalmente urbanizada, com água, luz e esgoto.

A figura 27 mostra uma vista geral das habitações construídas através do projeto.



Figura 27: Moradias Prontas.

Fonte: ASSIS, 2008.

➤ Particularidades do projeto

Segundo Lima, Passos e Santos (2001), além dos aspectos construtivos do projeto, houve a inclusão de diversos aspectos sociais. Todas as famílias participantes do projeto eram da classe baixa, sendo que a grande maioria foi deslocada de áreas de riscos para morar nas novas habitações. Dessa forma, muitas ações sociais foram realizadas durante a execução do projeto, oferecendo cursos também na área de cidadania e relações humanas.

A construtora responsável gerenciava o trabalho dos mutirantes através de técnicos de engenharia e da área social. No início do projeto, as famílias eram informadas sobre as regras e assinavam um termo de concordância.

Os proprietários receberam o projeto urbanístico de parcelamento do solo que foi registrado em cartório e as famílias receberam as escrituras dos lotes. (ABIKO, 2004).

A figura 28 mostra as habitações em fase final de obra.



Figura 28: Edificações do Bairro Sapucaias.

Fonte: (LIMA; PASSOS; SANTOS, 2001).

➤ Conclusão

Analisando o projeto de construção de moradias no bairro Sapucaias em Contagem, percebemos que a tecnologia de fabricação de tijolos de solo-cimento, bem como a execução das alvenarias é um processo simples, de baixo custo, e pode ser executado por qualquer pessoa a partir de treinamentos simples e rápidos.

O emprego do mutirão em habitações populares ocasiona vários benefícios, já comprovados nos projetos consultados, como:

- Contribui para a melhoria da qualidade de vida dos moradores;
- Gera o aprimoramento profissional das pessoas através dos cursos de capacitação;
- Muitas vezes é uma oportunidade de emprego para desempregados;
- O morador se sente valorizado ao participar de todo o processo construtivo, percebendo a sua importância no trabalho.

• **HABITAÇÕES POPULARES EM BELO HORIZONTE**

Segundo Castro, Godinho e Oliveira (2007) através do II Fórum Municipal do Orçamento Participativo da Habitação, realizado em 1998 em Belo Horizonte, foram destinados recursos por meio do Fundo Municipal de Habitação, para construção de unidades habitacionais, onde foi selecionado para construção o Conjunto Habitacional Granja de Freitas III. Foram construídas 146 unidades habitacionais na região leste de Belo Horizonte, entre 1999 e 2001.

➤ Tecnologia utilizada

A construtora Andrade Gutierrez foi a responsável pelas obras. No processo construtivo, foram utilizados tijolos de solo-cimento com encaixe macho e fêmea, o "tijolito", desenvolvido pela própria construtora. Os tijolos foram fabricados no canteiro de obras, com materiais locais, sem exigir mão-de-obra especializada, reduzindo os custos.

➤ Particularidades do projeto

As 146 unidades habitacionais do Conjunto Granja de Freitas III foram destinadas a 26 núcleos do Movimento dos Sem-Casa, que, por sua vez, escolheram os futuros moradores entre as famílias que os

compunham. Os critérios utilizados na seleção foram: as unidades de três dormitórios foram destinadas às famílias maiores, e as famílias de um mesmo núcleo foram alocadas num mesmo bloco. (CASTRO; GODINHO; OLIVEIRA, 2007).

➤ Conclusão

Dessa forma, o projeto contribuiu significativamente para a diminuição do déficit de moradias, promovendo o acesso à moradia digna para diversas pessoas que viviam em áreas de risco ou até mesmo nas ruas, e mais uma vez utilizando uma tecnologia de elevada qualidade ambiental com redução de custos.

A figura 29 apresenta uma vista do conjunto habitacional Granja de Freitas III, construído em alvenaria de solo-cimento.



Figura 29: Edificações do Conjunto Granja de Freitas III.

Fonte: ASSIS, 2008.

Dessa forma, o estudo mostrou a importância de desenvolver processos tecnológicos que garantam maior qualidade e menor custo para a construção de moradias dignas e de elevada qualidade ambiental para populações de menor poder aquisitivo, como as oriundas de áreas de risco e favelas.

O sistema de construção de edificações em alvenaria de solo-cimento contribui de forma significativa para melhorar a qualidade de vida da população, diminuindo o déficit habitacional do Brasil e melhorando conseqüentemente os índices de crescimento do país.

Por outro lado, as construções com solo-cimento não devem ter destaque somente em habitações populares, se tornando um tipo de edificação destinada apenas a um segmento da sociedade. O solo-cimento pode ser utilizado também em habitações de alto padrão de luxo.

A Figura 30 mostra uma vista panorâmica de um condomínio de alto padrão, construído em 1998, na cidade de Luanda em Angola – África. Neste condomínio foram edificadas 11 residências com 600 m² cada uma. O acabamento interno foi executado com bastante esmero, mas os moradores não permitiram que a alvenaria fosse revestida, exceto nos banheiros e cozinhas. (ASSIS, 2008).



Figura 30: Edificações construídas em condomínio de alto padrão na Angola.
Fonte: ASSIS, 2008.

3.5. ALVENARIA DE SOLO - CIMENTO E A SUSTENTABILIDADE

A busca por edificações com segurança, conforto e bem-estar tornam a construção civil uma área fundamental para o desenvolvimento sustentável. Por outro lado, o setor tem sido o responsável por grandes impactos ambientais, através da poluição em massa, consumo excessivo de materiais e energia, além da grande quantidade de resíduos sólidos gerados.

Dessa forma, a sociedade deverá buscar meios para favorecer o desenvolvimento sustentável, tais como:

- Diminuição da poluição em todas as suas formas;
- Diminuição do consumo de matérias-primas não - renováveis;
- Adoção de soluções construtivas recicláveis, reutilizáveis e de maior durabilidade;
- Economia de energia e emprego de fontes renováveis;
- Adoção de tecnologias de reúso da água.

Ao analisarmos as principais vantagens da alvenaria de solo-cimento chegamos à conclusão que o uso dos tijolos ou blocos de solo-cimento na construção de edificações é uma tecnologia que contribui significativamente para geração de menor impacto ambiental aliado à viabilidade econômica.

As principais vantagens da utilização dos tijolos ou blocos de solo-cimento que estão ligadas diretamente à questão da sustentabilidade na construção civil são:

- Uso de matéria-prima de alta disponibilidade

O solo é o componente que entra em maior quantidade na mistura de solo-cimento sendo abundante na natureza e de baixo custo.

Também, geralmente é utilizado solo do próprio local de fabricação, evitando gastos com transporte de materiais.

- Economia de revestimentos

Devido ao acabamento proporcionado pela alvenaria de solo-cimento, não é necessária a execução das camadas tradicionais de revestimento como: chapisco, emboço ou reboco. É recomendada apenas uma pintura para aumentar a impermeabilidade e melhorar o aspecto visual da edificação.

- Baixo consumo de energia

O consumo de energia nas edificações de solo-cimento é relativamente baixo. No processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento não é utilizado a queima, como acontece durante o cozimento para a fabricação dos tijolos cerâmicos, levando ao consumo de grandes quantidades de madeira e combustível.

Também, a energia consumida durante o processo de fabricação do cimento que entra na composição da mistura de solo-cimento é menor que a consumida para

queimar os tijolos cerâmicos, já que o cimento entra em pequena quantidade se comparado ao volume de solo utilizado na mistura.

➤ Maior conforto

A alvenaria de solo-cimento proporciona boas condições de conforto térmico e acústico, comparando com a alvenaria de tijolos cerâmicos. No tijolo modular com dois furos, as paredes formam um isolamento acústico. Também, funcionam como condutores para instalações, evitando a quebra de paredes e facilitando o embutimento das tubulações.

Muitas edificações no Brasil vêm sendo construídas em alvenaria de solo-cimento a fim de contribuir com a sustentabilidade.

Segundo Loturco (2008), no projeto de construção dos prédios do Jardim Botânico de Poços de Caldas, foram aplicados conceitos ligados diretamente à qualidade ambiental como, por exemplo, redução do consumo de energia com aproveitamento de luz natural, coleta e armazenamento de águas pluviais e utilização de matérias-primas locais.

Nos sistemas construtivos executados, foi priorizada a preservação dos recursos naturais. Os tijolos de solo-cimento utilizados na alvenaria foram produzidos no próprio canteiro de obra a partir do uso de solo oriundo de terraplenagem. (LOTURCO, 2008). A figura 31 mostra o prédio em fase final de construção.

Fotos: divulgação Fundação
Jardim Botânico de Poços de Caldas



Figura 31: Prédio em alvenaria de solo-cimento

Fonte: LOTURCO, 2008.

Dessa forma, podemos concluir que o tijolo ou bloco de solo-cimento apresenta diversas características que o define como um material econômico e de boa qualidade ambiental, mostrando o potencial que ele representa no setor da construção sustentável. Embora todos os tipos de construções gerem um impacto ambiental, deve-se incentivar a construção de edificações que minimizem os danos causados ao meio ambiente e proporcionem maior durabilidade.

3.6. ANÁLISE DE RESULTADOS DE ENSAIOS REALIZADOS EM BLOCOS DE SOLO-CIMENTO

Foram realizados ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água em blocos de solo-cimento com sistema de encaixe macho e fêmea. Os ensaios foram realizados no laboratório de Materiais de Construção da Escola de Engenharia da UFMG.

- **Amostras utilizadas nos ensaios**

Foram utilizadas 07 amostras do Tijolito, blocos de solo-cimento com encaixe macho e fêmea de comprimento igual a 22 cm, largura igual a 11 cm e altura igual 10 cm.

Segundo Assis (2001), a nomenclatura adotada para as dimensões foi: d1 é o diâmetro superior do macho; d2 é diâmetro inferior do macho; d3 é o diâmetro superior da fêmea; d4 é diâmetro inferior da fêmea; d5 é o diâmetro superior do furo grande; d6 é o diâmetro inferior do furo grande; d7 é o diâmetro superior do furo pequeno; d8 é o diâmetro inferior do furo pequeno; p1 é a altura do macho; e p2 é a profundidade da fêmea; L é a largura; H é a altura; e C é comprimento do Tijolito padrão TJ 100. A figura 32 mostra as características dimensionais das amostras utilizadas nos ensaios.

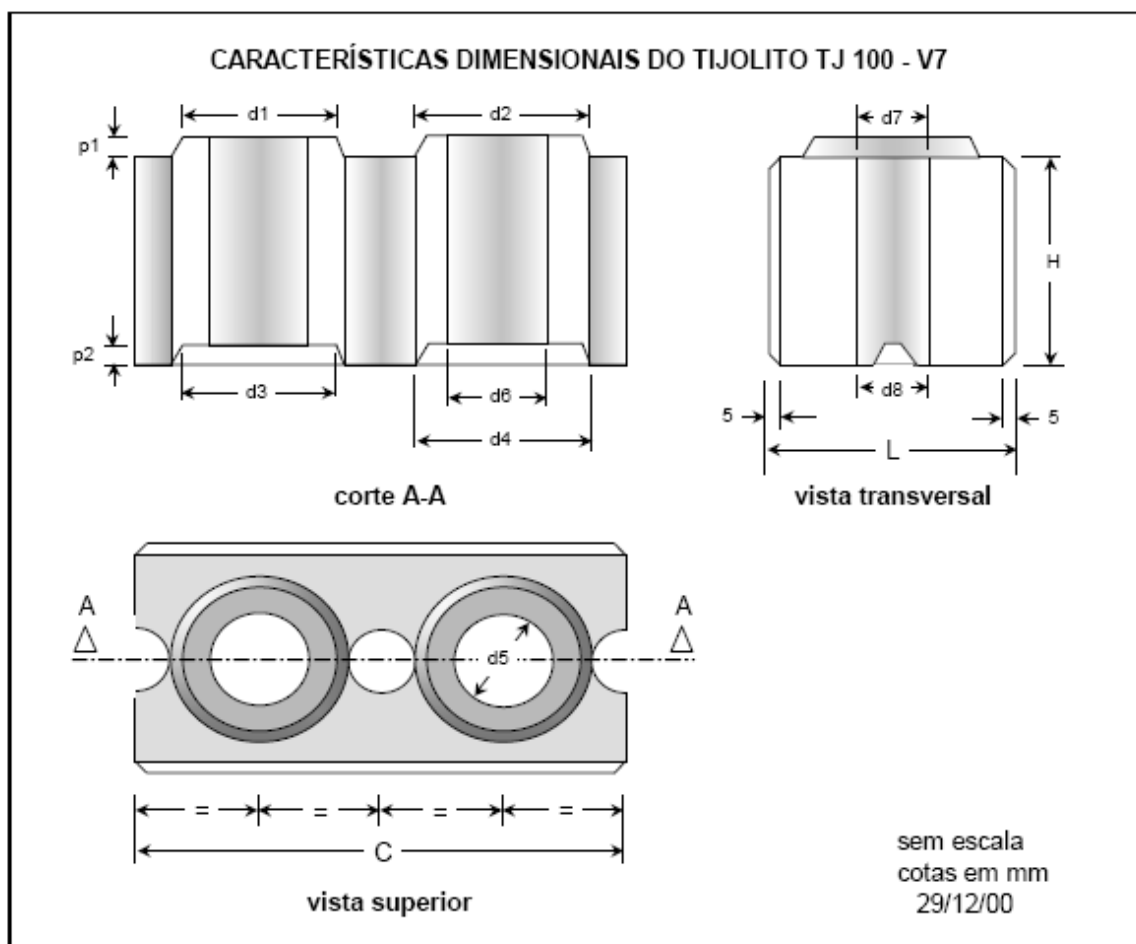


Figura 32: Vista transversal, superior e corte da amostra.
Fonte: ASSIS, 2001.

- **Ensaio de Resistência à Compressão Simples**

No ensaio de resistência à compressão simples não foi utilizado o número de amostras indicado na norma, devido à dificuldade de obtenção das mesmas. Dessa forma, os testes realizados servirão apenas de comparação com testes normalizados já realizados.

Inicialmente foi feito o capeamento nas faces das amostras utilizando uma camada de pasta de cimento pré-contraída. As amostras foram colocadas diretamente sobre o prato inferior da máquina de ensaio à compressão, ficando centradas em relação a ele. A aplicação da carga foi uniforme à razão de 50 Kgf / s. A carga foi mantida até a ocorrência da ruptura das amostras.

A figura 33 mostra uma amostra do Tijolito com o capeamento já realizado. A figura 34 mostra a prensa utilizada no ensaio de resistência à compressão. A figura 35 mostra uma amostra do Tijolito já rompida na prensa.



Figura 33: Amostra do Tijolito após o capeamento.



Figura 34: Prensa utilizada no ensaio de compressão.



Figura 35: Ruptura da amostra.

- **Resultados**

Os valores de resistência à compressão para cada amostra, expressos em MPa, foram obtidos dividindo-se a carga máxima observada durante o ensaio (em Kgf.), pela área da face de trabalho do bloco (em cm²). A tabela 2 mostra os valores das cargas e tensões de ruptura observadas em cada uma das amostras.

Tabela 2: Características mecânicas dos tijolos ensaiados.

CP	ÁREA (cm²)	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
1	242	10.000	4,13
2	242	10.300	4,25
3	242	9.900	2,33

Segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984a), as amostras ensaiadas não devem apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 MPa (20 kgf/cm²) nem valor individual inferior a 1,7 MPA (17 kgf/cm²) com idade mínima de 7 dias.

De acordo com os valores exigidos pela norma NBR 8491, observa-se que os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão, apresentaram valores satisfatórios em relação aos especificados. A média de resistência foi de 3,57 MPa, atendendo a norma que exige valor médio maior ou igual a 2,0 MPa, e os valores individuais foram maiores que 1,7 MPa.

Nas tabelas 3, 4 e 5 constam os dados dos primeiros ensaios de resistência à compressão realizados com o tijolito. As amostras têm idades de 7, 28 e 111 dias respectivamente.

Tabela 3: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (07 dias).

CONFECCÃO: 12/07/1990	RUPTURA 19/07/1990	IDADE: 07 Dias	ÁREA: 253 cm ²
CP	CARGA DE RUPTURA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (MPA)	ANÁLISE ESTATÍSTICA
1	33.900	1,34	LIMITE SUPERIOR: 1.37
2	29.600	1,17	
3	33.700	1,33	MÉDIA: 1.29
4	26.400	1,04	
5	27.100	1,07	LIMITE INFERIOR: 1.22
6	33.200	1,31	
7	38.000	1,50	S = 0.17
8	29.300	1,16	
9	38.400	1,52	CV = 13.4%
10	37.400	1,48	

Fonte: ASSIS, 1990.

Tabela 4: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (28 dias).

CONFEÇÃO: 12/07/1990	RUPTURA 09/08/1990	IDADE: 28 Dias	ÁREA: 253 cm ²
CP	CARGA DE RUPTURA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (MPA)	ANÁLISE ESTATÍSTICA
1	61.000	2,41	LIMITE SUPERIOR: 2.16
2	56.400	2,23	
3	63.200	2,50	MÉDIA: 2.06
4	47.400	1,87	
5	50.600	2,00	LIMITE INFERIOR: 1.96
6	56.800	2,25	
7	47.800	1,89	S = 0.29
8	45.200	1,79	
9	46.400	1,83	CV = 14.1%
10	51.200	2,02	

Fonte: ASSIS, 1990.

Tabela 5: Resultados dos ensaios de compressão simples do Tijolito (111 dias).

CONFEÇÃO: 12/07/1990	RUPTURA 31/10/1990	IDADE: 111 Dias	ÁREA: 253 cm ²
CP	CARGA DE RUPTURA (N)	TENSÃO DE RUPTURA (MPA)	ANÁLISE ESTATÍSTICA
1	106.400	4,21	LIMITE SUPERIOR: 4.67
2	109.200	4,32	
3	122.600	4,85	MÉDIA: 4.47
4	149.400	5,91	
5	96.400	3,81	LIMITE INFERIOR: 4.28
6	102.000	4,03	
7	103.000	4,07	S = 0.57
8	100.800	3,98	
9	115.000	4,55	CV = 12.8%
10	108.000	4,27	

Fonte: ASSIS, 1990.

Analisando os dados das tabelas 3, 4 e 5 mostradas anteriormente, percebe-se que a resistência à compressão dos tijolos de solo-cimento aumenta com o passar do tempo. A tensão média iniciou-se com 1,29 MPa em 7 dias, chegando a 4,47 MPa em 111 dias.

Em idades posteriores a resistência apresenta uma queda, comprovado pelos valores do último ensaio realizado aproximadamente há 18 anos após a confecção dos tijolos, conforme dados da tabela 2, a média de resistência foi de 3,57 MPa, menor que a média com 111 dias, 4,47 MPa.

Segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005), a resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, deve atender aos seguintes valores:

- Para blocos usados com furos na horizontal: Resistência à Compressão deve ser maior ou igual a 1,5 MPa.
- Para blocos usados com furos na vertical: Resistência à Compressão deve ser maior ou igual a 3,0 MPa.

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2007), a resistência à compressão dos blocos vazados de concreto simples, deve atender aos seguintes valores:

- Classe D (sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo): Resistência à Compressão deve ser maior ou igual a 2,0 MPa.

Assim, concluímos que os valores de resistência à compressão encontrados nos blocos de solo-cimento, são superiores aos limites de resistências à compressão tanto dos blocos cerâmicos quanto dos blocos vazados de concreto simples.

- **Absorção de Água**

Para realização do ensaio de absorção de água foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Balança de 10 Kg de capacidade e sensibilidade de 1g;
- Estufa capaz de manter uma temperatura entre 105°C e 110°C;
- Tanque de imersão para submergir os corpos-de-prova em água na temperatura ambiente.

Foram utilizadas quatro amostras do Tijolito para a realização do ensaio de absorção de água. Inicialmente, as amostras foram identificadas e imersas em água durante 24 horas. Após esse período, elas foram retiradas da água,

enxugadas superficialmente com um pano seco e pesadas antes de decorridos 3 minutos, obtendo-se assim a massa do bloco saturado M_2 , em Kg. Em seguida, elas foram secadas em estufa, entre 105°C e 110°C, até ocorrer constância de massa. Quando as amostras atingiram a temperatura ambiente, elas foram pesadas, obtendo-se a massa M_1 do bloco seco, em Kg.

- **RESULTADOS**

Segundo a NBR 10832 (ABNT, 1989), os valores individuais de absorção de água, expressos em porcentagem, são obtidos pela seguinte expressão:

$$A = (M_2 - M_1) / M_1 \times 100 \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

M_1 = massa do bloco seco em estufa (Kg).

M_2 = massa do bloco saturado (Kg).

A = absorção de água, em porcentagem.

A tabela 6 mostra os valores das massas M_1 e M_2 e a absorção de água encontrada em cada uma das amostras.

Tabela 6: Resultados do ensaio de absorção de água.

CP	M2(Kg)	M1(Kg)	Absorção de água (%)
1	4,00	3,60	11,11
2	4,05	3,65	10,96
3	4,15	3,80	9,21
4	4,05	3,65	10,96

A figura 36 relata a etapa de pesagem dos blocos úmidos no laboratório de materiais de construção para a obtenção do peso úmido.



Figura 36: Balança para a realização da pesagem.

Segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984a), as amostras ensaiadas não devem apresentar a média dos valores de absorção de água maior do que 20% nem valor individuais maiores que 22%.

De acordo com os valores exigidos pela norma NBR 8491, observa-se que os resultados obtidos no ensaio de absorção de água apresentaram valores satisfatórios em relação aos especificados.

A média de absorção de água foi de 10,56%, atendendo a norma que exige valor médio menor ou igual a 20% de absorção, e todos os valores individuais foram inferiores a 22 % atendendo também a norma.

A tabela 7 mostra os dados dos primeiros ensaios de absorção de água realizados com o tijolito.

Tabela 7: Resultados dos ensaios de absorção de água do Tijolito.

ABSORÇÃO (%)		
IDADE: 7 DIAS	IDADE: 28 DIAS	IDADE: 111 DIAS
16,8	18,8	18,6
18,3	18,9	19,5
19,6	18,6	19,1
19,4	19,4	18,3
19,4	17,8	17,5
ANÁLISE ESTATÍSTICA		
LIMITE SUPEIOR: 19.51	LIMITE SUPEIOR: 19,10	LIMITE SUPEIOR: 19,13
MÉDIA: 18.70	MÉDIA: 18.70	MÉDIA: 18.60
LIMITE INFERIOR: 17.89	LIMITE INFERIOR: 18.30	LIMITE INFERIOR: 18.04
S = 1.18	S = 0.58	S = 0.77
CV = 6.3%	CV = 3.1%	CV = 4.1%

Fonte: ASSIS (1990).

Todos os resultados dos ensaios de absorção de água mostrados na tabela 7 também apresentaram valores compatíveis com os especificados na norma.

Como comparação, segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005), o índice de absorção de água não deve ser inferior a 8 % nem superior a 22 %. Observando as tabelas 6 e 7 com resultados dos ensaios de absorção de água realizados, observa-se que os índices de absorção de água dos blocos de solo-cimento são compatíveis com os apresentados pelos blocos cerâmicos.

3.7. COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE ALVENARIAS DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO E ALVENARIA DE TIJOLOS CERÂMICOS

A partir do estudo das vantagens dos tijolos de solo-cimento, percebe-se claramente uma economia significativa na execução de uma alvenaria. As vantagens que contribuem para a redução dos custos de uma edificação em solo-cimento são as seguintes:

- Economia de revestimento interno (chapisco, emboço e reboco), já que por ser um sistema modular, o acabamento proporcionado pela alvenaria é uniforme;
- Não é necessário madeira para os pilares dentro dos furos dos tijolos;
- Menor quantidade de ferragem na execução dos pilares e canaletas;
- Menor consumo de argamassa de assentamento. Geralmente é utilizada argamassa comum apenas nas três primeiras fiadas, utilizando para as demais cola branca a base de PVA;
- Para um melhor acabamento pode ser utilizado gesso ou tinta aplicados diretamente na parede.

As tabelas 8 e 9 mostram um comparativo de custo entre a execução de uma alvenaria com 2,70 metros de altura por 3 metros de comprimento utilizando tijolos de solo-cimento e tijolos cerâmicos. (GARETA, 2013).

As dimensões dos tijolos utilizados na comparação de custos são:

Tijolos de solo-cimento: 15 cm x 30 cm x 7,5 cm

Tijolos Baianos: 11,5 cm x 14 cm x 24 cm

Tabela 8: Custos Alvenaria de Solo-Cimento.

Componentes	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Parede				
Tijolos Solo-Cimento 15X30X7, 5	pç	360,00	0,85	306,00
Cimento	kg	12,00	0,00	0,00
Areia	m ³	0,13	0,00	0,00
Cal	kg	20,00	0,00	0,00
Pilares dentro dos furos (3 grautes) DE 2,90m				
Areia	m ³	0,12	90,00	10,80
Cimento	kg	8,00	0,50	4,00
Pedrisco	m ³	0,10	62,00	6,20
Tábua para caxaria de 15 cm	ml	18,00	0,00	0,00
Ripa para Travamento Caixaria	ml	3,00	0,00	0,00
Pregos	kg	0,50	0,00	0,00
Ferro 8 mm para Armadura	ml	12,00	1,90	22,80
Ferrote 4,2 mm para estribos	ml	6,50	0,00	0,00
Arame para Amarrações	kg	0,25	6,20	1,55
Canaleta 0,10X0, 10X3, 0 = 3m (2 Canaletas)				
Areia	m ³	0,02	90,00	1,80
Cimento	kg	10,50	0,50	5,25
Pedrisco	m ³	0,02	62,00	1,24
Tábua para caxaria de 15 cm	ml	24,00	0,00	0,00
Ripa para Travamento Caixaria	ml	3,00	0,00	0,00
Pregos	kg	0,50	0,00	0,00
Ferro 8 mm para Armadura	ml	6,00	1,90	11,40
Ferrote 4,2 mm para estribos	ml	4,42	0,00	0,00
Arame para Amarrações	kg	0,05	6,20	0,31
Reboco 16,20m²				
Cimento	kg	25,00	0,00	0,00
Areia	m ³	0,58	0,00	0,00

Cal	kg	80,00	0,00	0,00
Pintura 16,20m²				
Massa Corrida	GL	3,00	0,00	0,00
Selador para Alvenaria	GL	1,00	0,00	0,00
Tinta (pode utilizar Silicone Impermeável)	GL	1,00	50,00	50,00
CUSTO TOTAL EM TIJOLO ECOLÓGICO				421,35

Fonte: GARETA, 2013. (Adaptação).

Tabela 9: Custos Alvenaria de Tijolos Cerâmicos.

Componentes	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
Tijolos baiano 11,5X14X24	pç	235,00	0,69	162,15
Cimento	kg	12,00	0,50	6,00
Areia	m ³	0,13	90,00	11,70
Cal	kg	20,00	0,30	6,00
Pilares dentro dos furos (3 grautes) DE 2,90m				
Areia	m ³	0,12	90,00	10,80
Cimento	kg	8,00	0,50	4,00
Pedrisco	m ³	0,10	88,00	8,80
Tábua para caxaria de 15 cm	ml	18,00	2,20	39,60
Ripa para Travamento Caixaria	ml	3,00	1,80	5,40
Pregos	kg	0,50	4,90	2,45
Ferro 8 mm para Armadura	ml	12,00	1,90	22,80
Ferrote 4,2 mm para estribos	ml	6,50	0,80	5,20
Arame para Amarrações	kg	0,25	6,20	1,55
Canaleta 0,10X0, 10X3, 0 = 3m (2 Canaletas)				
Areia	m ³	0,02	90,00	1,80
Cimento	kg	10,50	0,50	5,25
Pedrisco	m ³	0,02	88,00	1,76
Tábua para caxaria de 15 cm	ml	24,00	2,20	52,80
Ripa para Travamento Caixaria	ml	3,00	1,80	5,40
Pregos	kg	0,50	4,90	2,45
Ferro 8 mm para Armadura	ml	12,00	1,90	22,80

Ferrote 4,2 mm para estribos	ml	4,42	0,80	3,54
Arame para Amarrações	kg	0,05	6,20	0,31
Reboco 16,20m²				
Cimento	kg	25,00	0,50	12,50
Areia	m ³	0,58	90,00	52,20
Cal	kg	80,00	0,30	24,00
Pintura 16,20m²				
Massa Corrida	GL	3,00	22,50	67,50
Selador para Alvenaria	GL	1,00	19,90	19,90
Tinta	GL	1,00	32,90	50,00
CUSTO TOTAL EM TIJOLO CERÂMICO				591,56

Fonte: GARETA, 2013. (Adaptação).

Nas tabelas 8 e 9 apresentadas não estão incluídos os gastos provenientes de mão-de-obra. No caso da utilização dos tijolos de solo-cimento esse custo pode ser bem baixo, uma vez que o processo de execução não necessita de mão-de-obra especializada. Se a mão-de-obra necessária para a construção da alvenaria for composta do sistema de mutirão, muito comum nas construções com tijolos de solo-cimento, o custo referente à mão-de-obra seria praticamente nulo, acarretando numa economia maior ainda a favor do sistema modular.

Para a execução da alvenaria exemplificada a quantidade de tijolos de solo-cimento necessária é maior que a quantidade de tijolos cerâmicos. Também, o custo unitário dos tijolos de solo-cimento em relação aos tijolos cerâmicos é maior. Entretanto, devido às diversas vantagens da alvenaria de solo-cimento já apresentadas, o custo total das alvenarias em solo-cimento é inferior ao custo para execução da mesma alvenaria em tijolos cerâmicos.

Através do comparativo, percebe-se que a parede construída com tijolo de solo-cimento representa uma economia de mais de 28 % em relação ao custo da mesma alvenaria construída em tijolos convencionais. (GARETA, 2013).

A alta produtividade da alvenaria, a diminuição do desperdício devido à inexistência de cortes nas paredes e a redução da espessura dos revestimentos são as principais vantagens que contribuem na redução dos custos de uma edificação em solo-cimento.

4. ANÁLISE DO TEMA

A fim de estudar a tecnologia envolvida na fabricação e utilização dos tijolos ou blocos de solo-cimento foram relatados desde os primeiros casos de uso do solo como material de construção até utilizações mais recentes, principalmente nas habitações populares.

No Brasil, nota-se o emprego dos tijolos de solo-cimento a partir de 1945, e o seu uso mais expressivo em 1978 na pavimentação. As pesquisas com o Tijolito e sua utilização contribuíram de forma significativa para o aprimoramento dos estudos envolvendo os tijolos de solo-cimento, levando ao emprego do sistema construtivo modular em várias habitações populares.

No estudo do processo de fabricação, a seleção do tipo de solo a ser utilizado na mistura se mostrou de fundamental importância para o processo. A utilização das prensas manuais e hidráulicas demonstra a facilidade na moldagem e confecção dos tijolos. A facilidade na técnica executiva em comparação com a alvenaria convencional é um atrativo para a maior utilização dos tijolos de solo-cimento.

No contexto da construção sustentável os tijolos de solo-cimento se destacam por aliarem boa qualidade ambiental com a diminuição do impacto gerado pela construção civil, maior durabilidade das edificações, além de baixo custo.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984a) a amostra de tijolo de solo-cimento ensaiada com idade mínima de sete dias não deve apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor que 2,0 MPa, nem valor individual de resistência à compressão inferior a 1,7 MPa. A tabela 3 traz amostras com idade de 07 dias apresentando valores de resistência à compressão inferiores ao exigido pela norma.

A média dos valores constantes na tabela 3 é 1,29 MPa, e todos os valores são inferiores a 1,7 MPa. Entende-se que essa diferença de resultados deve-se ao fato de que a norma utilizada nesse trabalho não é específica para blocos de solo-cimento macho e fêmea, o denominado Tijolito. Por falta de uma norma específica para as amostras ensaiadas optou-se pelo uso da NBR 8491.

Além disso, os resultados da tabela 3 correspondem a ensaios realizados em um estudo bem embrionário, e não se sabia bem, como era o comportamento do solo-cimento. Segundo a NBR 10832 (ABNT, 1989), os tijolos devem ser utilizados no mínimo 14 dias após a sua fabricação. Dessa forma, não há nenhum impedimento para a utilização dos tijolos, já que as amostras com idade de 28 dias ou mais de acordo com os dados das tabelas 2, 4 e 5 apresentam valores de resistência à compressão superiores aos exigidos pela norma.

A partir dos resultados dos últimos ensaios de resistência à compressão e absorção de água realizados, tabelas 2 e 6, conclui-se que os tijolos ou blocos de solo-cimento possuem alta resistência à compressão e baixa absorção de água, podendo assim, serem utilizados em grande escala na construção civil.

De acordo com a comparação feita com as especificações de norma para os blocos cerâmicos e para os blocos de solo-cimento, foi visto que os valores tanto de resistência à compressão quanto de absorção de água são similares.

Sendo assim, os tijolos ou blocos de solo-cimento podem ser utilizados em substituição aos tijolos ou blocos cerâmicos na construção civil, levando em consideração as propriedades mecânicas estudadas.

6. CONCLUSÃO

A viabilidade do uso dos tijolos de solo-cimento na construção civil são as diversas vantagens que eles apresentam em relação aos tijolos cerâmicos. A diminuição da espessura dos revestimentos internos juntamente com a facilidade na execução das instalações hidráulicas e elétricas são algumas das principais vantagens que estimulam cada vez mais o seu uso na construção civil.

O trabalho mostrou que o uso dos tijolos de solo-cimento na construção civil contribui de forma significativa para a sustentabilidade, pois demanda menor consumo energético na extração de matéria-prima, dispensa a queima na sua fabricação, contribui para a diminuição do efeito estufa e utiliza matéria-prima de elevada disponibilidade.

O emprego da tecnologia dos tijolos de solo-cimento gera uma contribuição para a diminuição do déficit de moradias no Brasil, através de programas de construção de novas moradias para famílias residentes em áreas de risco, favelas e até nas ruas. Devido à facilidade do processo construtivo sem o emprego de mão-de-obra especializada, a tecnologia estimula o treinamento de futuros moradores, reduzindo custos e contribuindo para o aprimoramento

profissional dos participantes. Porém, a alvenaria de solo-cimento deve ser incentivada também nas construções para médio e alto padrão.

Através de ensaios realizados já foi comprovado que os tijolos e blocos de solo-cimento possuem alta resistência à compressão e baixa absorção de água, requisitos fundamentais para a sua aplicação na construção civil. Porém, percebe-se ainda uma dificuldade em sua utilização devido ao preconceito por parte das pessoas que relacionam o uso do solo com a construção de habitações de interesse social e baixa durabilidade.

Dessa forma é importante a realização de mais estudos para enriquecer ainda mais essa tecnologia, possibilitando uma abertura maior de incentivo ao mercado de fabricação dos tijolos de solo-cimento, tornando-os verdadeiros concorrentes dos tijolos convencionais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A.K. **Procedimentos de Gestão de Mutirão Habitacional para População de Baixa Renda**. Relatório de resultados e análise integrada. FINEP/Habitare, 2004. Disponível em: < [http:// alkabiko.pcc.usp.br/artigos/relatorio_de_resultados_e_analise_integrada.pdf](http://alkabiko.pcc.usp.br/artigos/relatorio_de_resultados_e_analise_integrada.pdf) >. Acesso em: 13 jan. 2013.

ASSIS, J. B. S. **Avaliação experimental do comportamento estrutural de paredes não armadas, submetidas à compressão axial, construídas com Tijolito**. 2001.188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

_____. **Determinação Experimental da Resistência à Tração na Flexão em Paredes Construídas com Blocos encaixáveis de Solo-Cimento**. 2008. 233f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em:

<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/PASA-7R-RFY3/19.pdf?sequence=1>> Acesso em: 08 jan. 2013.

_____. **Pesquisa sobre projeto e execução de equipamento para fabricação de tijolos especiais de solo-cimento prensado (Tijolitos)**. Belo Horizonte. 1990. 75 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos**. Rio de Janeiro, 1984a.

_____. **NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1984b.

_____. **NBR 10832: Fabricação de Tijolo Maciço de Solo-Cimento com a utilização de prensa manual - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15270: Componentes Cerâmicos – Parte 1 – Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, N. P.; MATTONE, R.; MESBAH, A. Blocos de concreto de terra: Uma opção interessante para a sustentabilidade da construção. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DO CONCRETO, 44. , 2002, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos...**
Belo Horizonte, 2002. Disponível em: < <http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/DowContador?OpenAgent&unid=AE6EC233B84C285B03256F940051465F>>. Acesso em: 08 jan. 2013.

BARROS, J. M. C.; PECORIELLO, L. A. **Alvenaria de Tijolos de Solo - Cimento.** Revista Técnica, São Paulo, ed. 87, p.58-61, junho. 2004.

CASTRO, J. F.; GODINHO M. H; OLIVEIRA, P. R. S. Orçamento Participativo da Habitação em Belo Horizonte – O caso do Conjunto Granja de Freitas III. **Coleção Habitare.** Porto Alegre, capítulo 16, 2007. Disponível em: < http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao7/capitulo_16.pdf>. Acesso em: 17 jan.2013.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS DA EE. UFMG, Laboratório de Análise Experimental de Estruturas, LAEES, (4º. relatório), **Estudo do Comportamento Estrutural de Paredes de Tijolos Furados Cerâmicos.** Belo Horizonte, Setembro de 1993.

_____. (2o. relatório). **Estudo do Comportamento Estrutural do Tijolito.** Belo Horizonte, Junho de 1993.

_____. (1o. relatório). **Estudo do Comportamento Estrutural do Tijolito.** Belo Horizonte, Maio de 1993.

ECO-MÁQUINAS. **Prensas Hidráulicas.** Disponível em: <http://www.ecomaquinas.com.br/ver_prod.php?id=12>. Acesso em: 14 Jan. 2013.

FERREIRA, A. C. et al. Eco-residência com sustentabilidade no sertão paraibano. **Revista Educação Agrícola Superior,** Brasília, v.22, n.1, p.23-32, 2007.

Disponível em: http://www.abeas.com.br/wt/files/06_2007.1.pdf >. Acesso em: 02 jan. 2013.

FIGUEROLA, V. **Alvenaria de Solo Cimento**. Revista Técnica, São Paulo, ed. 85, p.30-36, Abril. 2004.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br>>. Acesso em: 11. Jan. 2013.

GARETA TIJOLOS ECOLÓGICOS. **Comparativo: Alvenaria convencional x Tijolo ecológico**. Disponível em: <<http://www.tijolosgareta.com.br/comparativo.html>>. Acesso em: 14 Jan. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, IPT. **Ensaio de caracterização em blocos do SAGCI**. Relatório Técnico 832.499. São Paulo, 1995.

LIMA, S.; PASSOS, M. E.; SANTOS, F. A. **Utilização de Tijolos Solo-Cimento na construção de casas populares**: Treinamento de mão-de-obra e resultados.2001. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR19_0369.pdf . Acesso em: 13 jan. 2013.

LOTURCO, B. **Concepção dos prédios do Jardim Botânico de Poços de Caldas busca alinhamento aos programas de educação ambiental**. Revista Técnica, São Paulo, ed.130, p.24-25, Janeiro. 2008.

PENTEADO, P. T; MARINHO R. C. **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**. 64f. 2011. Monografia

(Graduação em Engenharia de Produção Civil) –, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento. **Sinergia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, jan/jun. 2005. Disponível em: <http://www.cefetsp.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia_2005_n1/pdf_s/segmentos/artigo_07_v6_n1.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2013.

SAHARA. **Máquinas para tijolos**. Disponível em: <http://www.sahara.com.br/index.php?m=menu_home&action=maq_tijolo>. Acesso em: 14 Jan. 2013a.

_____. **Catálogos** – Impressos Informativos – Brinck. Disponível em: <<http://www.sahara.com.br/files/catalogos/brick.pdf>>. Acesso em: 14 Jan. 2013b.

SEGANTINI, A. A. S; ALCÂNTARA M. A. M. Solo Cimento e Solo – Cal. In: **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007, 1ª. Ed. v.2. Cap.25.p.834 – 845.

SILVA, M. R. O uso do solo-cimento na construção. In: BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 1994, 5ª. Ed. v. 1. Cap. 24.p. 704 – 729.