



ISSN: 1984-3151

TIJOLO DE SOLO-CIMENTO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS

SOIL-CEMENT BRICK: ANALYSIS OF PHYSICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION TECHNIQUES

Jessica Campos Soares Silva Motta¹; Paola Waleska Pereira Morais¹; Glayce Nayara Rocha¹; Joicimara da Costa Tavares¹; Gabrielle Cristina Gonçalves¹; Marcela Aleixo Chagas¹; Jalson Luiz Mageste¹; Taiza de Pinho Barroso Lucas²

- 1 Graduandos em Engenharia Civil. Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH, 2015. Belo Horizonte, MG. jessicacampossoares@gmail.com; paola.waleska1@gmail.com; glaycenrocha@gmail.com; joicimara_tavares@hotmail.com; gabriellecristina@yahoo.com.br; edi-marcela-0107@oi.com.br; jalsonluiz@hotmail.com
- 2 Mestre em Geografia. Instituto de Geociências da UFMG, 2007. Professora do Centro Universitário de Belo Horizonte - UNIBH. Belo Horizonte, MG. taiza.lucas@prof.unibh.br

Recebido em: 06/09/2013 - Aprovado em: 20/04/2014 - Disponibilizado em: 31/05/2014

RESUMO: Com a possível escassez de recursos naturais, a construção civil, que consome grande parte desses recursos, procura reduzir o consumo e minimizar os impactos gerados. O Tijolo de Solo-Cimento, que é feito de solo, água e cimento, é uma opção para suprir essas necessidades, uma vez que possui fácil processo de fabricação, favorecendo a redução de custos e prazo de construção. Para tal, é necessário relacionar as vantagens e desvantagens da fabricação e utilização, além da viabilidade econômica do tijolo. Pode-se constatar que o fator determinante para a qualidade do tijolo é o tipo de solo, umidade de moldagem, tipo de prensa, proporção de solo/cimento, tipo de estabilizante e o processo de cura. Desta forma, o produto final possui maior resistência e seu processo de construção torna-se economicamente mais viável que uma alvenaria convencional.
PALAVRAS-CHAVE: Tijolo. Solo-Cimento. Sustentabilidade.

ABSTRACT: With the possible scarcity of natural resources, the construction industry, which consumes a large part of these funds, aims to reduce and minimize the impacts. The Brick Soil-Cement, which is made of soil, water and cement, is an option to meet those needs. Since, with easy manufacturing process to help reduce costs and construction time. For this it is necessary to relate the advantages and disadvantages of manufacturing and use, and the economic viability of the brick. It can be seen that the determining factor for the quality of the brick is the soil type, moisture molding, press type, proportion of soil / cement ratio, type of stabilizer and the healing process. Thus, the end product has increased strength and its construction process becomes economically more viable than a conventional masonry.
KEYWORDS: Brick. Soil-Cement. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a possível escassez dos recursos naturais é a principal justificativa para o aumento da busca pela sustentabilidade. Desta forma, a cada dia,

procuram-se materiais e técnicas que minimizem os impactos ambientais.

Na construção civil, setor que consome diariamente inúmeros materiais não renováveis – areia, cal, água potável, por exemplo –, além do entulho e rejeitos de

materiais usados, buscam-se constantemente tecnologias que possam substituir essas fontes. Uma dessas tecnologias é o uso do solo para confecção de tijolos. O processo baseia-se em uma mistura de solo, cimento e água, compactada e curada à sombra.

Um dos benefícios da adoção desse método é a redução de custos, do consumo de água, da energia, além de propulsar o desenvolvimento de novos produtos que contribuam para o mercado e para a diminuição da poluição. O tijolo de solo cimento proporciona outras vantagens, como a melhoria da imagem institucional; aumento da produtividade; melhoria das relações com órgãos governamentais, comunidades e grupos ambientalistas; e melhor adequação aos padrões ambientais.

O tijolo ecológico, assim também chamado, é uma alternativa para suprir uma carência habitacional devido ao baixo custo da construção, uma vez que busca valorizar os materiais naturais. Além das facilidades na linha de produção – é um produto de encaixe, que dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura -, o que garante mais agilidade ao longo da construção.

Desta forma, é necessário pontuar as vantagens e desvantagens da fabricação e utilização, além de identificar a viabilidade econômica do tijolo. Para isso, é importante apresentar suas propriedades e características, realizar testes de resistência à compressão com base na NBR 8491/1984, ensaios de absorção, para enfim comparar o tijolo de solo-cimento com o tijolo convencional e sua aceitação no mercado.

Segundo Mota *et al.* (2010), o tijolo de solo-cimento possui solo, cimento e água em sua composição, e a sua resistência à compressão equipara-se à do tijolo convencional. Além de outros benefícios, o material em questão é importante devido à sua matéria-prima, que, de acordo com Pisani (2005, p. 53), “é abundante em todo o planeta, não gasta energia para ser

queimado e possui características isolantes”, sendo assim, pode-se economizar energia tanto na fabricação quanto no condicionamento de ambientes confortáveis.

Com o crescimento da construção civil, existe em todo o planeta a preocupação com a sustentabilidade, para que, a cada dia, os impactos se tornem cada vez menores – através de medidas ecologicamente corretas, como plantar árvores, utilizar maior quantidade de matéria-prima reaproveitada.

Esse setor é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. De acordo com John (2001) estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais utilizados pela sociedade. O setor consome, por exemplo, enormes quantidades de materiais com significativo conteúdo energético, que necessitam ser transportados por grandes distâncias. E, visando a diminuir esses impactos, dentre outras medidas, foi desenvolvido o Tijolo Solo-Cimento, mais conhecido com Tijolo Ecológico.

O Tijolo Solo-Cimento gera uma menor quantidade de resíduos, pode ser usado na fabricação os resíduos de outras construções e sua matéria-prima é abundante. Produzido apenas com solo, cimento e água, o tijolo solo-cimento pode ser montado por encaixe, colocando-se um sobre o outro, facilitando o assentamento e o tempo de execução e diminuindo a quantidade de argamassa ou cola empregada. Ocorre que peso das alvenarias fica menor, o que diminui o dimensionamento das fundações e outras estruturas. Esse tijolo possui dois furos, e isso aumenta o isolamento termo acústico, pois os furos compõem câmaras de ar no âmago das alvenarias. E, em relação ao tijolo convencional, ele também é mais resistente, impermeável e durável.

O trabalho apresentado tem por objetivo mostrar, através do tijolo-solo cimento, técnicas de construções sustentáveis, diante da necessidade da preservação

do meio ambiente. Comprovou-se sua melhor resistência e durabilidade, por meio de testes e análises, comparado ao tijolo tradicional. Além de aprimorar a construção de moradias populares e minimizar seus custos, a fim de encontrar alternativas para a, não muito distante, realidade do planeta de esgotamento de seus recursos naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE

Pode-se definir sustentabilidade por um conceito sistêmico, o qual propõe paradigmas da complexidade, instabilidade e intersubjetividade. De acordo com Bellen:

A sustentabilidade é um conceito fundamentalmente normativo, ela implica a manutenção, para cada geração, de um nível socialmente aceitável de desenvolvimento humano (BELLEN, 2005, p.68).

Diversas áreas perceberam a importância de se adequarem a essas novas demandas do consumidor, com isso começou-se a busca pelo desenvolvimento sustentável. Para Bellen (2005), o conceito surgiu após um longo processo histórico, no qual houve uma reavaliação sobre a relação entre o meio ambiente e a sociedade.

2.2 RECICLAGEM DE REJEITOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com Coelho e Chaves (1998), o lixo oriundo de entulhos da construção civil, embora não seja o mais incômodo, sob o ponto de vista da toxicidade, assusta pelo seu volume crescente e requer medidas imediatas. Além de ser a atividade econômica que mais consome recursos naturais, é também a maior geradora de resíduos urbanos.

A reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática

importante para a sustentabilidade, seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor, seja reduzindo os custos (JOHN, 2000).

Pinto (1999) define que a necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais fazem com que a construção civil passe a adquirir novos conceitos, buscando soluções técnicas que visem à sustentabilidade de suas atividades. Nesse sentido, o aproveitamento dos Resíduos de Construção e Demolição destaca-se como possível alternativa, na medida em que busca valorizar os materiais descartados nas obras de engenharia, atribuindo-lhes a condição de material nobre.

Ressalta-se que o aproveitamento dos RCD na própria construção, em determinadas situações, pode até mesmo trazer vantagens técnicas e redução de custos, como é o caso do uso dos resíduos de concreto na confecção de tijolos prensados de solo-cimento.

2.3 TIPOS DE TIJOLOS

2.3.1 TIJOLOS ECOLÓGICO

Segundo Sala, pode-se definir por tijolo ecológico:

O tijolo ecológico ou de solo-cimento é feito de uma mistura de solo e cimento, que depois são prensados; seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha, o que evita desmatamentos e não polui o ar, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente. Para o assentamento, no lugar de argamassa comum é utilizada uma cola especial (SALA, 2006).

Possui dois furos internos. Conforme FIG.1, eles permitem embutir a rede hidráulica e elétrica, dispensando o recorte das paredes. O sistema é modular e produz uma alvenaria uniforme, o que diminui as perdas no reboco.



Figura 1 - Tijolo de Solo-Cimento

Fonte- CIA DO BEM, 2011.s/p. Disponível em: <<http://ciaecologica.com/2011/09/22/tijolo-ecologico-e-opcao-economica-para-a-construcao-civil-casas-ecologicas-e-sustentaveis/>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

De acordo com Pisani (2005), pode-se acrescentar que, o tijolo de solo cimento possui matéria-prima abundante em todo o planeta por se tratar da terra crua. A autora ainda ressalta que o produto não precisa ser queimado, o que proporciona economia de energia, além de proporcionar ambientes confortáveis com pouco gasto energético, permitindo conforto térmico e acústico, pelo fato de possuir características isolantes, conforme imagem de uma construção concluída, FIG.2.



Figura 2 - Casa de Solo-Cimento

Fonte - CIA DO BEM, 2011. s/p. Disponível em: <<http://ciaecologica.com/2011/09/22/tijolo-ecologico-e-opcao-economica-para-a-construcao-civil-casas-ecologicas-e-sustentaveis/>>. Acesso em: 11 abr. 2013.

Segundo o SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) (p.3), as vantagens do tijolo de solo-cimento vão além das ambientais, servindo também para a economia no processo construtivo e conforto, estética. De acordo com “estudos realizados em todo o Brasil, (...) tijolos ecológicos trazem para a obra de 20 até 40% de economia com relação à construção convencional” (SEBRAE, p.3).

Conforme SEBRAE (p.3. *apud*, OSCAR NETO, 2010) “hoje, em uma obra convencional, cerca de 1/3 do material vai para o lixo”. Ainda de acordo com o autor, essa técnica construtiva possui outras vantagens, dentre as quais pode-se citar:

- Redução em 30% do tempo de construção em relação à alvenaria convencional;
- Estrutura – os encaixes e colunas embutidas nos furos distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes;
- Redução do uso de madeira para forma de vigas e pilares quase a zero;
- Economia de concreto e argamassa em cerca de 70%;
- Economia de 50% de ferro.

2.3.2 BLOCO DE CONCRETO

O bloco de concreto é um dos componentes da alvenaria estrutural. Sala (2006) relata que, devido à rapidez da execução da alvenaria, esse é o que apresenta o maior rendimento, em comparação aos demais.

“É o bloco mais resistente se comparado com os outros tipos, e o desperdício causado é muito pequeno em relação ao tijolo maciço de barro e o tijolo furado (baiano). Utiliza menos argamassa de assentamento e camadas mais finas de reboco, mas oferece menor conforto térmico em comparação com as outras opções. É aconselhável

optar por uma pintura acrílica nas paredes externas para aumentar a proteção contra a umidade” (SALA, 2006).

Exemplos de Bloco de Concreto na FIG.3.



Figura 3 - Bloco de concreto

Fonte - PR-2 ABCP, 2005. Práticas Recomendadas – PR2. Alvenaria – Como Projetar a Modulação. São Paulo, 2005.

De acordo com Accetti (1998), a maioria das construções em alvenaria estrutural no Brasil é feita com blocos de concreto. A vantagem dessa opção é que as normas brasileiras de cálculo e execução em alvenaria estrutural são apropriadas para esses blocos.

2.3.3 TIJOLO CERÂMICO

De acordo com Anicer (2008), o tijolo cerâmico pode-se destacar pela abundância da matéria-prima – a argila. Esse material é evidenciado devido à sua durabilidade.

Em continuidade ao raciocínio, Anicer continua, relatando a descoberta do tijolo cerâmico:

Há indicações de que sua utilização esteja presente na vida do homem desde 4.000 a.C.; entretanto, não se sabe ao certo a época e o local de origem do primeiro tijolo. Presume-se que a alvenaria tenha sido criada há cerca de 15.000 anos em função da necessidade de um refúgio natural para sua proteção contra intempéries e ataques de animais selvagens. Com este objetivo, o homem decidiu empilhar pedras e, depois de algum tempo, passou a substituí-la pelo tijolo seco ao sol, uma vez que ela começou a escassear. Este advento marca o surgimento do bloco cerâmico. O registro mais antigo do tijolo foi encontrado nas escavações

arqueológicas em Jericó, Oriente Médio, no período Neolítico inicial. (ANICER, 2008).

Isso demonstra que esse tijolo é o mais antigo dentre os blocos. Apesar de desenvolvido em uma época na qual a tecnologia era bastante rústica, perpetua-se no grupo dos tipos de blocos/tijolos usados nas construções civis até hoje. Vale ressaltar que, desde então, esse passou por aprimoramentos tecnológicos, o que garantiu a sua permanência no mercado.

2.4 COMÉRCIO DE TIJOLOS

2.4.1 MERCADO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS

O emprego de tijolos solo-cimento modulares está em conformidade com o grande desafio da diminuição de impactos ambientais causados pelas atividades da construção civil. Pesquisadores afirmam que é impossível atingir o desenvolvimento sustentável sem que o setor da construção civil passe por consideráveis transformações. Segundo Grande (2003), o conceito de desenvolvimento sustentável implica uma reformulação da visão de impacto ambiental das atividades humanas.

Apesar das vantagens destacadas a respeito da utilização do tijolo solo-cimento, no Brasil o interesse por esse material na construção de habitações, como componente de alvenaria, foi diminuindo à medida que outros materiais, na maioria dos casos mais industrializados, surgiram no mercado. O Brasil ainda está muito atrasado no sentido de implantação de métodos sustentáveis, com isso o mercado interno torna-se desfavorável à inserção de produtos ecológicos.

Com o fácil processo de construção e diminuição do processo construtivo, de acordo com o SEBRAE (p.4), tijolo de solo-cimento favoreceria a redução do déficit habitacional do Brasil e, desta forma, potencializaria o mercado para esse tipo de produto, aproveitando

também o regime de mutirão na construção, ampliando o mercado e a procura pelo produto.

Segundo o SEBRAE (p.4), uma barreira a ser vencida é a resistência de consumidores a novos produtos, o que requer grandes investimentos em divulgações e propagandas.

3 METODOLOGIA

A necessidade de novas tecnologias relacionadas ao desenvolvimento sustentável favoreceu a escolha do tema e subtema do trabalho. De acordo com Gil (2002, p. 41), pode-se definir esta pesquisa por exploratória. Ele afirma que essa “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”.

Gil (2002, p.41) ressalta que a pesquisa exploratória envolve: “(a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que ‘estimulem a compreensão’”. Sendo assim, o presente trabalho será desenvolvido em torno desses 3 itens.

Para se conhecer melhor sobre tema escolhido e detalhes sobre os materiais, no dia 17/04/2013, às 14 horas, visitou-se à empresa ECOTIJOLOS BH, que fabrica e realiza cursos sobre o processo de fabricação do tijolo solo-cimento. Nessa empresa, o grupo descobriu detalhes sobre os materiais, os quais podem ou não ser utilizados, recebeu detalhes de testes de resistências, absorção e muitos outros, para obter base de comparação aos testes realizados. Amostras de solo e de tijolos de solo-cimento foram recolhidas para a execução dos testes.

Nos dias 2 e 3 de maio de 2013, no laboratório de Resistência do UniBH, assentou-se 3 amostras de tijolos solo-cimento para execução dos testes em 06 de maio. Os resultados encontrados foram analisados e comparados com os dos modelos convencionais.

Após os testes, conclusão das pesquisas e análise dos resultados, pode-se averiguar as propriedades, características, resistência, absorção e viabilidade do produto proposto.

4 RESULTADOS

4.1 TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

Os Tijolos Ecológicos são assim chamados porque evitam a utilização do processo de queima de madeira e combustível, eliminando assim o corte de árvores e emissão de monóxido de carbono na atmosfera.

Segundo Carvalho e Poroca, *apud* Carneiro (2001), as paredes construídas com tijolo de solo-cimento prensados têm comportamento térmico e durabilidade equivalentes às construídas com tijolos ou blocos cerâmicos. Além disso, os tijolos de solo-cimento podem ser utilizados em alvenaria de vedação ou estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas nos critérios de projetos, que devem ser os mesmos aplicados aos materiais de alvenaria convencional, bem como devem seguir as indicações de cuidados e manutenção do material.

Durante o período de contato com o produto, pode-se confirmar, através de um contato direto com uma construção feita totalmente com esse material, as propriedades afirmadas acima, como: conforto térmico e acústico.

4.2 FABRICAÇÃO

No treinamento feito, pôde-se acompanhar detalhadamente o processo de fabricação do tijolo de solo-cimento. Nele, participou-se desde a escolha do solo ideal ao início de processo de cura do produto.

Para esta escolha, analisou-se o teor de cada componente granulométrico. É necessário que o solo apresente plasticidade e que seu limite de liquidez não

seja excessivo (menor que 40-45%). Para o referente tipo de tijolo, é desejável que o solo contenha:

- 10% a 20% de argila;
- 10% a 20% de silte;
- 50% a 70% de areia.

Segundo a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) (1999), o solo-cimento é o produto resultante da mistura íntima de solo, cimento *portland* e água, compactados na umidade ótima e sob a máxima massa específica seca. Esse material nas proporções preestabelecidas adquire resistência e durabilidade através da hidratação do cimento. Na FIG.4 pode-se visualizar a matéria-prima do tijolo.



Figura 4 – Matéria-prima da fabricação

Fonte – ECO MAQUINAS, Disponível em:
<<http://www.ecomaquinas.com.br/pt-br/pub/1485>>.
Acesso em: 29 abr. 2013.

Um exemplo de solo ideal a ser usado na composição do tijolo de solo-cimento é o saibro, representado na FIG. 5.



Figura 5 – Saibro

Os equipamentos utilizados no processo de fabricação podem ser desde um simples equipamento de prensagem até unidades de produção compostas de pulverizador de solo (FIG. 6), peneirador (FIG. 7), misturador, dosador, prensa (FIG. 8) e outros acessórios.



Figura 6 – Pulverizador de solo

Fonte – ECO MAQUINAS, Disponível em:
<<http://www.ecomaquinas.com.br/pt-br/pub/1485>>.
Acesso em: 29 abr. 2013.



Figura 7 – Peneirador elétrico

Fonte – ECO MAQUINAS, Disponível em:
<<http://www.ecomaquinas.com.br/pt-br/pub/1485>>.
Acesso em: 29 abr. 2013.



Figura 8 – Prensa Hidráulica

Fonte – ECO MAQUINAS, Disponível em:
<<http://www.ecomaquinas.com.br/pt-br/pub/1485>>.
Acesso em: 29 abr. 2013.

Sendo assim, peneirou-se o solo, para que estivesse totalmente seco e sem presença de matéria orgânica. Após esse processo, misturou-se com o cimento - essa fase pode ser feita de 2 maneiras diferentes: automatizado através de misturadores; ou manualmente. Feita a mistura do material, o tijolo foi prensado e moldado. É importante que o tijolo seja curado em sombra e umedecido em um período de 7 dias.

4.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Entre as vantagens do Tijolo de Solo-Cimento pode-se destacar desde o seu processo de fabricação, no qual se utiliza basicamente um material de grande abundância em todo planeta: o solo. Observa-se também que todo o processo pode ser feito manualmente, o que aproxima e abrange uma população menos favorecida de recursos. Além disso não é necessária a queima do tijolo, com isso não há emissão de gases poluentes.

Em relação às desvantagens do produto, tem-se o uso de solo, o que, quando feito indiscriminadamente, pode favorecer processos erosivos ao meio ambiente. Outro ponto é o erro de dosagem, o qual pode favorecer o surgimento de patologias na construção.

4.4 ENTREVISTA

Visitou-se, no dia 17/04/2013, a empresa ECOTIJOS BH, a qual produz e demonstra todo o processo de fabricação do tijolo. O responsável pela empresa é o Especialista em Tijolos Ecológicos Rogério M. Barcellos.

Aproveitou-se esse momento de grande aprendizado sobre todo o processo de fabricação do produto para realizar uma entrevista com o especialista, em que foram respondidas 7 perguntas sobre o tijolo de solo-cimento.

1. Deve-se utilizar qualquer tipo de solo para fabricação do tijolo de solo-cimento?

R: Não. Para se obter uma resistência superior à do tijolo convencional, deve-se utilizar o saibro, com a possibilidade de se acrescentarem resíduos da construção civil.

2. Quais os outros componentes da mistura?

R: Utiliza-se, além do solo, cimento e água, além de, como citado acima, resíduos da construção civil.

3. Qualquer pessoa pode produzir esse tijolo?

R: O processo de fabricação é muito simples. Usa-se apenas uma prensa, dispensando a queima em fornos. Os tijolos precisam somente ser umedecidos durante o período de cura para se tornarem resistentes. Assim, não é necessário mão de obra qualificada.

4. É necessário o uso de cola especial durante o assentamento do tijolo?

R: Não, pode-se usar a cola branca (escolar).

5. O uso do tijolo de solo-cimento requer uma fundação especial?

R: A fundação não precisa ser modificada em decorrência do menor peso das paredes.

6. Como você relaciona a sua casa de tijolo de solo-cimento com o outro tijolo convencional?

R: A meu ver, a casa feita com o tijolo de solo-cimento tem um aspecto muito mais bonito, além de proporcionar um ambiente com temperaturas agradáveis. Sendo que, no processo de fabricação, é muito mais rápido e econômico.

7. O que o tijolo de solo-cimento traz como benefício para o meio ambiente?

R: Como o tijolo de solo-cimento não precisa ser queimado, não proporciona emissão de gases poluentes ao ecossistema. Além de não ter desperdício de material, podendo-se utilizar o solo abundante na natureza, sem degradar o meio ambiente.

4.5 TESTES

4.5.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Para início do processo de fabricação do tijolo, seguiram-se os seguintes passos:

1. Busca do solo;
2. Testes de amostras;
3. Vidros transparentes para facilitar a visualização dos resultados;
4. Adicionar sal para tornar a água mais densa;
5. Após misturado solo dentro do frasco à fração areia, a parte mais densa aparecerá no fundo;
6. A fração de argila, que é a parte menos densa, ficará acima;
7. A matéria orgânica ficará na parte superior boiando;
8. O importante é que, no fundo do frasco, tenha-se de 50% a 70% do solo.

Considera-se bom quando a quantidade de areia passar da metade.

4.5.2 CORPO DE PROVA

Para execução dos testes, é necessário que haja corpos de prova e, para tal, procedeu-se:

- A mistura inicial feita com: 15 partes de solo; 01 parte de cimento;
- O material foi socado em frasco, embalagens lisas que permitam a remoção do corpo de prova sem danificá-lo;
- O corpo de prova bom não risca com a unha depois de desenformado.

Depois de confeccionados, os tijolos foram submetidos ao processo de cura e foram armazenados em local protegido do sol e do vento e molhados diariamente, de acordo com o período preestabelecido para cada tratamento.

As principais fases do processo concluídas conferem as propriedades requeridas para o tijolo ecológico. Estas propriedades, definidas em normas, são o índice de absorção de água e a resistência à compressão.

A fabricação de tijolos ecológicos não está amparada por nenhuma regulamentação específica, porém devem-se respeitar as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Os ensaios físicos e mecânicos devem obedecer às prescrições da norma da ABNT NBR-8492 (ABNT, 1982) denominada *Tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio* e da norma NBR-8491 (ABNT, 1984) denominada *Tijolo maciço de solo-cimento: especificação*.

4.5.3 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO COM BASE NA NBR 8491/1984

Partindo da NBR 8492/1984 para o ensaio de resistência à compressão simples, o capeamento das faces de trabalho deve ser feito com pasta de cimento *Portland* de consistência plástica, com espessura mínima necessária para que se obtenham faces planas e paralelas.

Os valores ideais a serem encontrados neste teste são: mínimo de 2 MPA(média) e 1,7 MPA (individualmente).

Na separação dos corpos de prova, os tijolos são cortados ao meio, perpendicularmente à sua maior seção, e superpostos, por suas maiores faces; as metades obtidas e suas superfícies cortadas são colocadas invertidas, ligadas por uma fina camada de cimento, que são deixadas em repouso.

A segunda etapa é realizada após 24 horas com a realização de uma cobertura de cimento sobre a superfície do tijolo. Quando a camada de cimento começa a endurecer, retira-se o excesso com a finalidade de dar um acabamento final à superfície.

Na terceira etapa, feita após 24 horas, realiza-se o mesmo processo na superfície oposta de trabalho. Após estes procedimentos, as dimensões dos corpos de prova devem ser determinadas com o auxílio de uma régua de precisão.

Para a compressão, os corpos de prova devidamente selecionados são colocados sobre o prato inferior da máquina de ensaios de compressão, ficando centralizados a ele (FIG. 9).



Figura 9 – Teste de resistência à compressão

Então se aplica uma carga sobre o corpo de prova e os resultados são anotados com unidade em (kgf), assim a carga é elevada até atingir a ruptura do corpo de prova.

A tensão de ruptura é obtida através da Eq. 1:

$$\left(\tau = \frac{F}{A} \right) (1)$$

onde: τ = tensão de ruptura [KN/mm²], F = carga de ruptura [KN], A = área da seção transversal do corpo de prova [mm²].

Assim, pode-se determinar a resistência média pela média aritmética das repetições do procedimento de compressão.

- Carga máxima adotada = 29,113 KN;
- Área da superfície de aplicação da força = 7853,98 mm²;

$$\tau = \frac{29,113 \text{ KN}}{7853,98 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0,003787 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

Conforme o resultado dos ensaios, observa-se que os corpos de prova apresentaram bons resultados de resistência à compressão, chegando a valores em torno de 3, 787 MPa que, neste caso, atende às normas regentes de padrões dos tijolos solo-cimento.

4.5.4 ENSAIOS DE ABSORÇÃO

Os valores ideais a serem encontrados neste teste são: máxima de 20% (média) e 22% (individualmente).

As amostras escolhidas constituem também os corpos de prova desse ensaio e devem ser secas em estufa, entre 105°C e 110°C, até a massa ficar constante. As pesagens são realizadas após os corpos de prova atingirem novamente a temperatura ambiente, obtendo-se a massa M1 em gramas.

Em seguida os corpos de prova devem permanecer imersos em um recipiente com água durante 24h. Passado esse período, devem ser retirados da água, enxugados superficialmente com um pano e devem ser pesados antes que o tempo de permanência fora da água atinja 3 minutos, obtendo-se a massa M2 em gramas.

O percentual encontrado a partir da diferença entre a massa saturada e a massa seca do corpo de prova corresponde ao valor de sua capacidade total de absorção de água. Tais valores são expressos em porcentagem pela Eq. 2:

$$A = \frac{M2 - M1}{M1} * 100\% \quad (2)$$

onde: A = absorção de água obtida [%], M1 = massa do corpo seco [g], M2 = massa do corpo saturada [g].

Dada a análise dos ensaios de absorção de água, elaborados sem auxílio de equipamentos especializados e de laboratório, mas teve o objetivo de determinar o índice de absorção de água dos tijolos ecológicos. Outro objetivo foi estabelecer comparação entre os índices de impermeabilidade do tijolo ecológico, tijolo convencional e bloco, mostrados nas TAB. 1 e TAB. 2.

Tabela 1 – Ensaio de absorção de água 1.

Ensaio de absorção de água			
Materiais	Dimensões (mm)		
	COMP	ALT	LARG
Bloco	39,00	19,00	18,50
Tij.conv	28,50	18,50	8,70
Tij.eco	21,50	9,50	10,50

Tabela 2 – Ensaio de absorção de água 2

Ensaio de absorção de água			
Materiais	Peso do material seco kg	Peso do material saturado	% umid
Bloco	10,78	14,783	37,134
Tij.conv	3,025	4,398	45,388
Tij.eco	3,685	4,25	15,332

4.6 TIJOLO: CONVENCIONAL X SOLO-CIMENTO

A título de comparação, desenvolveu-se uma tabela para analisar passo a passo ambos os tijolos convencionais e de solo-cimento. Nesta fase, os custos para construção das alvenarias foram totalizados e relacionados por m².

Dessa forma, a alvenaria de tijolo de solo-cimento apresentou uma economia de quase 21% em relação à alvenaria de tijolo convencional, com um custo de R\$ 21,047/m² contra R\$ 26,59/m².

4.7 MERCADO DO TIJOLO ECOLÓGICO

Pelo que se pôde notar durante a fase de pesquisa, o tijolo ecológico ainda não é muito utilizado. Não há fábricas, tampouco divulgação deste, porém o pensamento em desenvolvimento sustentável vem crescendo cada vez mais, com isso a tendência é de

que haja um crescimento do produto no mercado devido às suas inúmeras vantagens e baixo custo.

Relacionaram-se materiais necessários para a construção de 16,20 m², tanto para a alvenaria convencional quanto para a de tijolos de solo-cimento, nas tabelas abaixo, TAB. 3 e TAB. 4.

Tabela 3 – Relação de custos alvenaria de Tijolos de solo-cimento

TIJOLO ECOLÓGICO	UN	QDTE	PREÇO	TOTAL
1. PAREDE				
TIJOLOS ECOLÓGICOS 15X30X7,5	PÇ	360	R\$ 0,70	R\$ 252,00
CIMENTO	KG	12	ECONOMIA	ECONOMIA
AREIA	M3	0,13	ECONOMIA	ECONOMIA
CAL	KG	20	ECONOMIA	ECONOMIA
2. PILARES DENTRO DOS FUROS (3 GRAUTES) DE 2,90M				
AREIA	M3	0,12	R\$ 69,70	R\$ 8,36
CIMENTO	KG	8	R\$ 0,30	R\$ 2,40
BRITA	M3	0,1	R\$ 59,00	R\$ 5,90
TABUA DE 15CM P/ FORMA	ML	18	ECONOMIA	ECONOMIA
RIPA P/ TRAVAMENTO DA FORMA	ML	3	ECONOMIA	ECONOMIA
PREGOS	KG	0,5	ECONOMIA	ECONOMIA
ARMAÇÃO 8MM	ML	12	R\$ 1,40	R\$ 16,80
ARMAÇÃO 4,2MM P/ ESTRIBOS	ML	6,5	ECONOMIA	ECONOMIA
ARAME RECOZIDO	KG	0,25	R\$ 5,90	R\$ 1,48
3. CANALETA 0,10X0,10X3,0 = 3M (2 CANALETAS)				
AREIA	M3	0,02	R\$ 69,90	R\$ 1,40
CIMENTO	KG	10,5	R\$ 0,30	R\$ 3,15
BRITA	M3	0,02	R\$ 59,00	R\$ 1,18
TABUA DE 15CM P/ FORMA	ML	24	ECONOMIA	ECONOMIA
RIPA P/ TRAVAMENTO DA FORMA	ML	3	ECONOMIA	ECONOMIA
PREGOS	KG	0,5	ECONOMIA	ECONOMIA
ARMAÇÃO 8MM	ML	6	R\$ 1,40	R\$ 8,40
ARMAÇÃO 4,2MM P/ ESTRIBOS	ML	4,42	ECONOMIA	ECONOMIA
ARAME RECOZIDO	KG	0,05	R\$ 5,90	R\$ 0,30
4. REBOCO 16,20M²				
CIMENTO	KG	25	ECONOMIA	ECONOMIA
AREIA	M3	0,58	ECONOMIA	ECONOMIA
CAL	KG	80	ECONOMIA	ECONOMIA
5. PINTURA 16,20M²				
MASSA CORRIDA	GL	3	ECONOMIA	ECONOMIA
SELADOR PARA ALVENARIA	GL	1	ECONOMIA	ECONOMIA
TINTA NO TIJOLO	GL	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
CUSTO EM TIJOLO ECOLÓGICO				R\$ 340,96

Tabela 4 – Relação de custos alvenaria convencional

ALV. CONVENCIONAL	UN	QDE	PREÇO	TOTAL
1. PAREDE				
TIJOLOS BAIANO 11,5X14X24	PÇ	235	R\$ 0,44	R\$ 103,40
CIMENTO	KG	12	R\$ 0,30	R\$ 3,60
AREIA	M3	0,13	R\$ 69,90	R\$ 9,09
CAL	KG	20	R\$ 0,20	R\$ 4,00
2. PILARES DENTRO DOS FUROS (3 GRAUTES) DE 2,90M				
AREIA	M3	0,12	R\$ 69,70	R\$ 8,36
CIMENTO	KG	8	R\$ 0,30	R\$ 2,40
BRITA	M3	0,1	R\$ 59,00	R\$ 5,90
TABUA DE 15CM P/ FORMA	ML	18	R\$ 1,99	R\$ 35,82
RIPA P/ TRAVAMENTO DA FORMA	ML	3	R\$ 1,10	R\$ 3,30
PREGOS	KG	0,5	R\$ 4,10	R\$ 2,05
ARMAÇÃO 8MM	ML	12	R\$ 1,40	R\$ 16,80
ARMAÇÃO 4,2MM P/ ESTRIBOS	ML	6,5	R\$ 0,60	R\$ 3,90
ARAME RECOZIDO	KG	0,25	R\$ 5,90	R\$ 1,48
3. CANALETA 0,10X0,10X3,0 = 3M (2 CANALETAS)				
AREIA	M3	0,02	R\$ 69,90	R\$ 1,40
CIMENTO	KG	10,5	R\$ 0,30	R\$ 3,15
PEDRA	M3	0,02	R\$ 59,00	R\$ 1,18
TABUA DE 15CM P/ FORMA	ML	24	R\$ 1,99	R\$ 47,76
RIPA P/ TRAVAMENTO DA FORMA	ML	3	R\$ 0,60	R\$ 1,80
PREGOS	KG	0,5	R\$ 4,10	R\$ 2,05
ARMAÇÃO 8MM	ML	12	R\$ 1,40	R\$ 16,80
ARMAÇÃO 4,2MM P/ ESTRIBOS	ML	4,42	R\$ 0,60	R\$ 2,65
ARAME RECOZIDO	KG	0,05	R\$ 5,90	R\$ 0,30
4. REBOCO 16,20M²				
CIMENTO	KG	25	R\$ 0,30	R\$ 7,50
AREIA	M3	0,58	R\$ 69,90	R\$ 40,54
CAL	KG	80	R\$ 0,20	R\$ 16,00
5. PINTURA 16,20M²				
MASSA CORRIDA	GL	3	R\$ 14,90	R\$ 44,70
SELADOR PARA ALVENARIA	GL	1	R\$ 17,90	R\$ 17,90
TINTA	GL	1	R\$ 26,90	R\$ 26,90
CUSTO EM ALVENARIA CONVENCIONAL				R\$ 430,72

5 CONCLUSÃO

Conforme a apresentação inicial deste trabalho, que teve como objetivo a análise do tijolo solo-cimento, testes de resistência e comparativo com a alvenaria convencional, apresentam-se as seguintes conclusões:

O fator determinante para uma melhor qualidade do solo-cimento depende do tipo de solo, umidade de moldagem, tipo de prensa, proporção de solo/cimento, tipo de estabilizante e o processo de cura. Para uma maior resistência à compressão, absorção e durabilidade do solo-cimento, deve-se utilizar um percentual maior de cimento na mistura.

A avaliação de resistência e absorção do material obteve-se por meio de ensaios de resistência e absorção. Com o ensaio de resistência, concluiu-se que o tijolo solo-cimento é mais resistente que a alvenaria convencional (cuja resistência é de 20kgf/cm²). Já o resultado do ensaio da absorção é

15,32%, menor que a de um tijolo convencional, que é de 45,388%.

Analisou-se as vantagens e desvantagens do tijolo, assim concluiu-se que é bastante benéfico financeira – pois há redução de gastos com material, mão de obra e tempo de construção – e ambientalmente – com o uso de matéria prima em abundância no planeta. Além

do mais, trata-se de um processo construtivo mais simples que os demais, o que proporciona a construção de casas em longa escala em projetos sociais para favorecer famílias de baixa renda.

REFERÊNCIAS

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. Dissertação (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ANICER. **Informações diversas**. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br>. Acesso em: 05 abr. 2013.

ABCP. **Práticas Recomendadas – PR2. Alvenaria – Como Projetar a Modulação**. São Paulo, 2005.

ABCP. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. São Paulo-SP, 1999. ABCP, ET-35, 51p.

ABNT. **NBR 8491: tijolo maciço de solo-cimento: especificação**. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT. **NBR 8492: tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água: método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1982.

BELLEN, H. M. v.. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005. 256p.

CARVALHO, A. R. O.; POROCA, J. S. **Como fazer e usar tijolos prensados de solo estabilizado**. Brasília: IBICT, 1995. 38p.

CIA DO BEM. **Tijolo Ecológico é opção econômica para a construção civil – Casas Ecológicas e Sustentáveis**. Disponível em: <http://ciaecologica.com/2011/09/22/tijolo-ecologico-e-opcao-economica-para-a-construcao-civil-casas-ecologicas-e-sustentaveis/>. Acesso em: 11 abr. 2013.

COELHO, P.E.; CHAVES A.P. **Reciclagem de entulho - Uma opção de negócio potencialmente**

lucrativa e ambientalmente simpática. Areia e Brita, São Paulo, v. 2, n. 5, p. 31-35, 1998.

GIL, A. C.. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas. 2002. 175p.

GRANDE, F. M. (2003). **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. São Carlos, 2003. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

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

JOHN, V. M.. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. São Paulo. 2001. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/apres1.htm>. Acesso em: 02 abr. 2013.

MOTA, J. D. *et al.* **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento**. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005. 53-59p.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários**. 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Ideias de Negócios**: fabrica de tijolos

ecológicos. SEBRAE. 26p. Disponível em: https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=a2fb927061&view=att&th=13e5b4089373585f&attid=0.1&disp=inline&safe=1&zw&saduie=AG9B_P9lRLpg1-o8omBa7ypQQsSL&sadet=1367422748242&sads=tbbhm1dOHPYlr3KLqF36llqyXEA. Acesso em: 19 abr. 2013.