

## Estudo do Processo de Obtenção e Caracterização de Tijolos Solo-Cimento

**Arnon Vieira<sup>a,b</sup>, Bruna Cechinel<sup>a,b</sup>, Caroline Deghenhard<sup>a,b</sup>, Debora Magnus<sup>a,b</sup>,**

**Rafael Holthausen<sup>a,b</sup>, Reginaldo Tass<sup>a</sup>, Claudio Modesto<sup>a</sup>,**

**Agenor De Noni Jr.<sup>a</sup>, Maykon Cargnin<sup>a\*</sup>**

<sup>a</sup>*Instituto Maximiliano Gaidzinski (IMG)*

<sup>b</sup>*Alunos do curso técnico de cerâmica*

*\*e-mail: maykon.cargnin@imgnet.org.br*

**Resumo:** O tijolo solo-cimento é um material obtido através da mistura homogênea de solo, cimento e água, em proporções adequadas e que, após compactação e cura úmida, resulta num produto com características de durabilidade e resistências mecânicas definidas. A principal aplicação do solo-cimento em habitações populares no meio urbano é a construção de paredes monolíticas, porém, por afinidade, seu emprego pode ser estendido para construções de casas, depósitos, galpões, aviários, armazéns, etc. O solo-cimento vem se consagrando como tecnologia alternativa por oferecer o principal componente da mistura - o solo - em abundância na natureza e geralmente disponível no local da obra ou próxima a ela. Por isso, este trabalho tem por objetivo estudar o processo de obtenção e caracterização do tijolo solo-cimento, denominado também de tijolo ecológico, utilizando uma mistura de solo, areia, cimento e água. Foram determinados dois traços que se diferem quanto ao uso da areia (feldspática e lavada), priorizando, no entanto, a proporção e a cura, que foram de fundamental importância para que os mesmos adquirissem resistência mecânica à compressão e absorção de água satisfatórias, chegando a valores até melhores que os atuais.

**Palavras-chaves:** *solo-cimento, cimento, absorção de água, resistência à compressão.*

### 1. Introdução

Há várias tecnologias alternativas para a construção de moradias. A eficácia de uma em relação à outra dependerá principalmente da proximidade e abundância das matérias-primas, pois são precisamente estes fatores que diminuem os custos de produção e tornam viáveis as manutenções de empreendimentos. A necessidade de preservação ambiental e a tendência de escassez dos recursos naturais, hoje em dia, fazem com que a construção civil passe a adquirir novos conceitos, buscando soluções técnicas que visem a sustentabilidade de suas atividades<sup>1</sup>.

O déficit habitacional é maior nas regiões Nordeste e Norte, correspondendo a 23 e 21,9% das moradias permanentes, respectivamente. A coabitação familiar e o ônus excessivo com aluguel são mais graves no Sudeste, Sul e Centro-Oeste, enquanto a habitação precária é mais grave no Nordeste, devido à elevada participação do déficit rural nessa região<sup>2</sup>.

O tijolo solo-cimento apresenta-se como possível alternativa em reduzir o problema do déficit populacional brasileiro, em virtude do baixo custo que agrega nas construções, na medida em que busca valorizar os materiais naturais, aliado ainda, a muitas outras vantagens.

Por isso, o objetivo deste trabalho é de estudar o processo de obtenção e caracterização do tijolo solo-cimento, denominado também de tijolo ecológico, utilizando uma mistura de solo, areia (feldspática e lavada), cimento e água.

### 2. Fundamentação Teórica

#### 2.1. Tijolo solo-cimento

O tijolo solo-cimento (Figura 1), é o resultado da mistura homogênea de solo, cimento Portland e água em proporções adequadas, após sofrer compactação ou moldagem e cura. É um material que possui boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade e boa durabilidade. Pode-se fabricar tijolos com encaixe, dispensando o

uso de argamassa de assentamento e estes ainda podem possuir furos opcionalmente para a passagem de ferros, tubos e fios elétricos<sup>5</sup>.

#### 2.2. Procedimento do ensaio de retração

Há solos que não podem ser utilizados no processo, então existe a possibilidade de misturar areia para obtenção de um solo viável que venha a estabilizar-se, no ensaio de retração<sup>3</sup>:

- deve ser utilizada uma porção de solo destorroado e peneirado;
- a água deve ser misturada à composição, até que o solo comece acumular na espátula;
- após, o solo umedecido é colocado sem compactar, em uma caixa de madeira com as dimensões internas de 60 x 85 x 35 mm, previamente lubrificada;
- a mistura então, é distribuída uniformemente, até preencher todo volume interno da caixa;
- a superfície é nivelada com auxílio de uma régua;
- após, levanta-se e deixa-se cair uma das extremidades, de altura aproximada de 7cm, por duas vezes, repetindo a mesma operação com a outra extremidade para uniformizar o adensamento.
- deixar a caixa guardada, em um ambiente fechado, ao abrigo do sol e da chuva, durante sete dias; e
- após este período, fazer a leitura da retração nas extremidades e nas trincas, no sentido do comprimento da caixa. Se a soma não ultrapassar 2cm, o solo pode ser utilizado; caso contrário, adicionar areia até obter um solo com as características desejadas.

#### 2.2. Procedimento do ensaio de absorção de água

O procedimento do ensaio de absorção de água para tijolos solo-cimento obedece à norma NBR 10834/94, sendo que consta que a

absorção de água de um tijolo solo-cimento, para valores individuais não deve ultrapassar de 20%. Já a média geral dos valores de absorção de água não deve ultrapassar 22%<sup>6</sup>.

### 2.3. Procedimento do ensaio de resistência mecânica à compressão

A resistência mecânica à compressão é realizada de acordo com a norma NBR 12025 – Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos, sendo que informa que os valores de resistência mecânica à compressão devem ser superiores a 1,7MPa 6.

### 2.4. Rejeito anfíbolítico

Os solos podem ser definidos por um conjunto de partículas sólidas provenientes da desagregação de rochas por ações físicas e químicas, com água (ou outro líquido) e ar, ou ainda ambos em seus espaços intermediários. Neste sentido o rejeito anfíbolítico, tem origem da rocha metamórfica do Anfíbolio. Na extração da bauxita existem dos tipos de rochas que ficam ao redor, sendo o Anfíbolio e o Gnaisse, gerando na sua extração rejeitos como o Anfíbolítico<sup>4</sup>.

Visualmente, o rejeito de Bauxita da Região de Minas Gerais apresenta-se como uma lama, alto teor de umidade, granulometria fina, porém baixa plasticidade. De acordo com a Tabela 1, que mostra a sua análise química, os dados mais relevantes deste material é que apresenta um alto teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e TiO<sub>2</sub>, fornecendo uma coloração escura ao mesmo e possui um baixo somatório de óxidos refratários (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>).

### 2.5. Areia feldspática

- Material não-plástico;
- Aumenta a permeabilidade do material cru;
- Tem pequena retração de secagem; e
- Apresenta granulometria fina segundo a ABNT.

### 2.6. Areia lavada

- Material composto essencialmente de sílica e que passou por um processo de beneficiamento;



Figura 1. Tijolo solo-cimento.

Tabela 1. Análise química do rejeito da bauxita da Região de Minas Gerais.

Elemento	Percentual (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,3
SiO <sub>2</sub>	11,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,1
MnO	3,5
Na <sub>2</sub> O	3,1
TiO <sub>2</sub>	19,8
CaO	5,1
ZrO <sub>2</sub>	0,9
P.F	13,3

- Forma das partículas arredondadas são mais favoráveis que os grãos achatados ou longos que dificultam e prejudicam a capacidade de compactação; e
- Apresenta granulometria média segundo a ABNT.

### 2.7. Cimento Portland

- Cimento Portland – CP II;
- Possui em sua composição 6 a 14% de Pozolana;
- Suas propriedades atendem desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento; e
- Indicado para solo-cimento em função do ganho de resistência que deve ser controlado para evitar retração.

## 3. Procedimento Experimental

### 3.1. Escolha do traço

Os percentuais de água adicionados nos traços foram diferenciados, pelo fato de ocorrerem variações de umidade entre as areias. Sendo assim, no traço da areia feldspática foi necessário introduzir 2% de água (Tabela 2), já que a mesma possui umidade elevada. Ao contrário da areia lavada que possui uma umidade baixa e então foi necessário introduzir 9% de água (Tabela 3), para adquirir os mesmos valores na proporção do traço. E vale ressaltar que as duas composições tiveram o mesmo percentual final de água (40%), para evitar retrações diferenciadas.

### 3.2. Preparação da mistura

O solo (rejeito) destorroado e o cimento foram misturados como se fosse uma argamassa, até a completa homogeneização, que foi alcançada quando a mistura adquiriu uma coloração uniforme.

A mistura foi então distribuída em uma base e foi adicionado o percentual de água necessário, em forma de spray, até atingir a umidade ideal. A quantidade de água a ser adicionada à mistura, deverá ser suficiente para hidratar o cimento e propiciar a compactação máxima.

### 3.3. Processo de confecção dos corpos-de-prova

Após a preparação da mistura, a mesma é transferida a um molde de PVC de 38 mm de diâmetro, disposto em uma base e lubrificado previamente com óleo, onde este fornecerá a forma cilíndrica ao bloco, como mostra o esquema da Figura 2.

O preenchimento do molde foi realizado em etapas para garantir a homogeneidade da mistura.

Tabela 2. Proporção – Areia Feldspática

Composição	Traço	Umidade (%)
Cimento	1	0
Rejeito	3,6	38
Areia	2,7	17
Água	2,9	-
Água adicionada	-	2

Tabela 3. Proporção – Areia Lavada.

Composição	Traço	Umidade (%)
Cimento	1	0
Rejeito	3,6	38
Areia	2,7	1
Água	2,9	-
Água adicionada	-	9

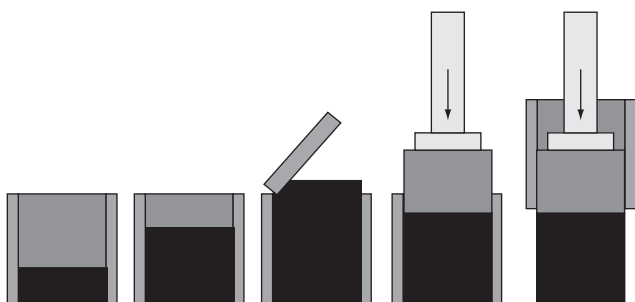


Figura 2. Etapas do processo de confecção dos corpos-de-prova.

Após a composição atingir a altura do molde, utilizou-se uma espátula para ajustar o excesso de material na extremidade superior deste.

É sempre necessário o controle da pressão de compactação que será exercida pelo êmbolo, para que o bloco apresente-se coeso e homogêneo.

A extração do bloco ocorreu através da pressão exercida na extremidade superior pelo mesmo êmbolo.

Na etapa final ocorreu o ajuste das rebarbas do bloco cilíndrico e o encaminhamento para a fase de cura.

### 3.4. Cura

Após a etapa de fabricação dos blocos e durante o período de cura, os mesmos foram submetidos à pesagem para acompanhar a perda de água.

Durante os sete primeiros dias, os blocos permaneceram no recipiente de apoio. A secagem foi realizada por convecção natural.

Há casos em que não há condições de cura em local aberto, se isto ocorrer deve-se secar em local coberto e sob ação do calor proporcionando a eliminação da umidade.

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Absorção de água

Como demonstrado nos resultados de absorção de água no gráfico da Figura 3, pode-se perceber que o traço de areia lavada foi o que melhor se aproximou dos valores estipulados pela norma NBR 10834/94.

A explicação mais aceita se dá pelos corpos cilíndricos com traço de areia lavada apresentarem menor porosidade, pois com granulometrias maiores consegue-se um melhor empacotamento de partículas e com a saída da água na cura, as partículas tendem a se aproximar. Dessa forma quando a água do sistema é retirada, esta se conservará na forma dada pelo intertravamento entre as partículas, justificando assim a menor absorção de água; além da melhor homogeneidade do corpo cilíndrico, enquanto o corpo de areia feldspática apresentou deformação e fissuras difíceis de serem eliminadas na etapa de conformação, o que contribuiu para o aumento dos valores de absorção de água dos corpos-de-prova com traço de areia feldspática.

### 4.2. Resistência mecânica à compressão

Conforme os resultados do gráfico da Figura 4, observa-se que os corpos-de-prova de traço de areia lavada também foram os que apresentaram os melhores resultados de resistência à compressão em relação a areia feldspática, como consequência da areia lavada possuir maior granulometria, ou seja, proporcionando um melhor empacotamento de partículas.

Apesar dos resultados atenderem a norma para tijolo convencional, não foram suficientes para atender as normas do tijolo solo-cimento.

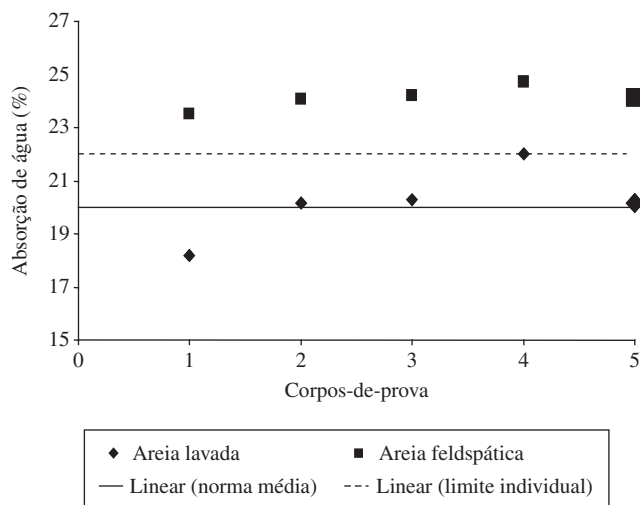


Figura 3. Gráfico de absorção de água.

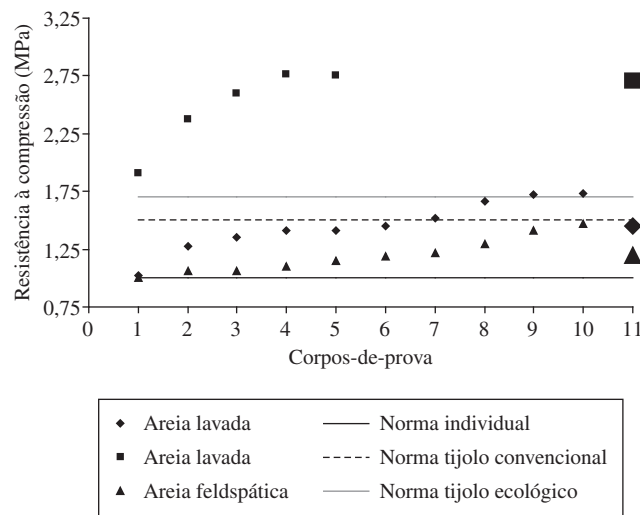


Figura 4. Gráfico de resistência à compressão.

No segundo teste realizado (pontos quadrados), a utilização da areia lavada apresentou valores de resistência à compressão superior aos estipulados nas normas. Assim, como justificativa, isto deve-se ao fato da melhor compactação dos corpos-de-prova obtendo uma superfície mais regular e homogênea proporcionando melhores resultados de resistência, chegando a valores em torno de 2,75 MPa, que neste caso, atende às normas regentes de padrões dos tijolos solo-cimento.

## 5. Conclusão

As vantagens da utilização dos tijolos de solo-cimento vão desde a fabricação até a sua utilização, além disso, os equipamentos utilizados são simples e de baixo custo de manutenção, reduzindo ainda os custos com transporte, energia, mão-de-obra e impostos.

Além dessas vantagens, o tijolo de solo-cimento agrada também do ponto de vista ecológico, pois não passa pelo processo de queima, no qual se consome grandes quantidades de madeira ou de óleo combustível, como é o caso dos tijolos convencionais que são produzidos em olarias.

Com os ensaios realizados, observou-se então que a utilização do rejeito juntamente com a areia de construção (areia lavada), água

e cimento apresentaram resultados satisfatórios, pois propiciaram melhorias substanciais nas propriedades de resistência mecânica à compressão e absorção de água do solo-cimento, obtendo-se resultados melhores que os estipulados nas normas brasileiras.

## Referências

1. Barbieri Jr., W. **Solo-cimento**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - Banco de Respostas – Resposta Técnica – USP/DT - Disque-Tecnologia/CECAE/USP, 25/11/2005. Disponível em <<http://www.sbrt.ibict.br>> Acesso em: 14 nov. 2007.
2. Fundação João Pinheiro. **Déficit Habitacional no Brasil** – Municípios Selecionados e Microregiões Geográficas. 2. ed. Minas Gerais, 2000. Disponível em < [http://www.fjp.gov.br/produtos/cei/deficit\\_habitacional\\_municipal\\_brasil.pdf](http://www.fjp.gov.br/produtos/cei/deficit_habitacional_municipal_brasil.pdf)> Acesso em: 14 nov. 2007.
3. Pires, I. B. A. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Salvador - UNIFAC, Salvador, BA, 2004. Disponível em:<<http://www.unifacs.br/graduacao/cursos/engcivil/TFG/TFG2004/2004%20-%20Ilma%20Bernadette%20A%20Pires.pdf>>. Acesso em: 25 maio. 2007.
4. HACHICH, W. **Fundações: teoria e prática** - Propriedades dos Solos. Editora Pini, São Paulo, SP, 1998.
5. FUNTAC – Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Departamento técnico e de produção. **Cartilha para a produção de tijolo solo-cimento**. Rio Branco. Disponível em:< [http://201.67.42.66:8051/web/apps/upload/arq\\_1162996746.pdf](http://201.67.42.66:8051/web/apps/upload/arq_1162996746.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2007.
6. UCHIMURA, M. S. **Cintas de amarração com tijolo ecológico**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - Banco de Respostas - Resposta Técnica - Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR, 10/01/2008. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> Acesso em: 15 jun. 2007.