

# ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO COM E SEM ADIÇÃO DO PÓ DA FIBRA DE COCO.

**Luiz Cláudio Ferreira da Silva**

**José Ubiragí de Lima Mendes**

**Rasiah Ladchumananandasivam**

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, 59072, Natal, RN, Brasil

## Resumo

A fibra de coco é moída e adicionada a argamassa de solo-cimento com vistas a produção de tijolos maciços sendo analisada no âmbito da resistência à compressão, da capacidade de absorção de água e da condutibilidade térmica em tijolos solo-cimento. Inicialmente, enquadraram-se os tijolos fabricados nas normas ABNT 8491 e 8492 para tijolos solo-cimento maciço definindo um traço que receberá a fibra moída, logo após o conjunto foi analisado e os efeitos da adição da fibra moída na resistência à compressão, absorção de água e condutibilidade térmica foram comparados com os tijolos sem adição da fibra moída e contabilizados. Para a determinação da condutibilidade térmica foi construído um aparato experimental em regime permanente, seguindo os métodos da “caixa quente protegida”, Farhat, 1988, e o método da “dupla placa”, Hawkins e Jacob, 1957, ambos baseados na norma ASTM C177 e C 236.

Palavras-chaves: tijolos, solo-cimento, fibra, coco, condutibilidade

## 1. INTRODUÇÃO

O conhecimento das propriedades dos materiais quer sejam térmicas ou não é a base da formação de critérios para sua escolha, visando uma determinada aplicação ou serviço. A exigência entre a necessidade ambiental, econômica e social requer que os novos materiais possam atender estes requisitos, além da capacidade de transferência de tecnologia para que no âmbito social, a ciência atrelada a tecnologia, possa atender e gerar a conscientização em torno do uso racional dos materiais. Dentro desta linha de raciocínio destacamos os tijolos de solo-cimento que possibilita a confecção de tijolos de forma simples e acessível a população de baixa renda.

No âmbito do solo-cimento, remonta-se sua utilização por volta de 1800 em pavimentação de leitos de estradas para o tráfego de veículos puxados a cavalos. Nos idos de 1900 os estudos sobre estabilização dos solos ganhou novo impulso através dos estudos de Proctor aplicado para pavimentação, reservatórios, tijolo, blocos e paredes monolíticas. Em torno de 1944 surge os primeiros estudos normalizando os ensaios da utilização de solo-cimento para a pavimentação. Abiko, 1988, cita que na década de 60 foi construído uma prensa para a fabricação de tijolos solo-cimento pelo Centro Interamericano de Vivenda, na Colômbia. No Brasil data-se as primeiras construções em solo-cimento nos anos de 1945 e 1948. No entanto, em meados do ano de 1970 os estudos da Associação Brasileira de Cimento Portland, os trabalhos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento do estado da Bahia e os do Instituto de Pesquisa Tecnológicas do estado de São Paulo impulsionaram a aplicação do solo-cimento em habitações populares. Atualmente, trabalhos tem sido desenvolvidos com o

uso de solo estabilizado, seja no âmbito da pavimentação ou da construção civil. Como os trabalhos de Barros et al.(1988), Bauer e Silva(1994), Ferreira et al.(1996).

Uma das grandes vantagens deste tipo de aplicação está no aspecto da limpeza do processo de fabricação, sem danos ao meio ambiente, desde que haja uma exploração das jazidas de forma racional e equilibrada.

Procuramos, neste trabalho, investigar a possibilidade de fabricação de tijolos solo-cimento com o uso do material argiloso da indústria de cerâmica de tijolos do Município de São Gonçalo do Amarante/RN. Propiciando melhoras em torno da condutibilidade térmica com adição do pó da fibra de coco. Uma vez que os trabalhos de Agopyan e Holmer, 1997, apontam para o uso da fibra de coco em matrizes frágeis na construção civil, além da sua capacidade isoladora, térmica e acústica, e sua resistência em meio alcalino em relação as demais fibras vegetais.

## 2. FABRICAÇÃO DOS TIJOLOS SOLO-CIMENTO

### 2.1 Matéria-prima

O solo utilizado sendo matéria-prima para a fabricação de tijolos cerâmicos apresentam altos teores de argila e grãos finos necessita de correção com areia. Desta forma o solo foi corrigido na composição 50% de areia para 50% de solo argiloso e 70% de areia para 30% de solo argiloso. Utilizou-se as peneiras ABNT N°40 e N°30 para a seleção dos grãos que formaram o solo corrigido e submetendo-os, juntamente com os tijolos fabricados sem correção de areia, aos ensaios de absorção, resistência à compressão e condutibilidade térmica.

O cimento utilizado foi convencional N° 32 nos traços 1:12, 1:10 e 1:8. A água de mistura, determinado pelo ensaios de compactação foi de 8,5% e o pó da fibra de coco utilizados nos teores de 6% e 4% em relação ao cimento, sendo a fibra moída em moinho elétrico e passada na peneira ABNT N°50.

### 2.2 Processo de fabricação

Para a fabricação dos tijolos solo-cimento maciço os seguintes procedimentos foram adotados:

- a) Homogeneização da mistura;
- b) Umedecimento da mistura homogeneizada;
- c) Prensagem manual da mistura;
- d) Alojamento dos tijolos na área de cura;
- e) Submeter os tijolos aos ensaios de absorção, compressão e selecionar as amostras para a condutibilidade térmica;

### 2.3 Tijolos solo-cimento

Os tijolos fabricados apresentaram as seguintes características dimensionais 23x11x5 (cm) enquadrando no padrão tipo II especificado pela ABNT tendo em média 2000g de solo/tijolo, tendo sido fabricados 60 tijolos no total.

#### 2.1 Cura dos tijolos

Os tijolos fabricados foram curados à sombra, sem exposição ao vento e submerso em tanque de imersão por 23 dias após 6hs da fabricação dos tijolos, sendo encaminhados depois deste período para a verificação da resistência à compressão e absorção de umidade.

### 3 ENSAIOS REALIZADOS

#### 3.1 Ensaios para a caracterização do solo

A caracterização do solo utilizada para este trabalho foi realizada com o solo inicialmente sem adição de areia, cuja adição se deu após os resultados preliminares obtidos pelos ensaios de caracterização do solo. Os ensaios foram realizados no laboratório de solos do Núcleo de Tecnologia da UFRN, atendendo as normas vigentes.

#### 3.2 Verificação da resistência à compressão

Os ensaios de verificação da resistência à compressão foram realizados para os tijolos fabricados com e sem adição da fibra de coco no laboratório de materiais de construção no Núcleo de Tecnologia/UFRN, utilizando os traços de 1:10 e 1:8, tendo sido usado 39 tijolos para este ensaio empregou-se a máquina universal de ensaio à compressão Amsler, seguindo a norma NBR8492 para tijolos solo-cimento maciço. Os resultados encontram-se no gráfico 1, abaixo ilustrado.

#### 3.3 Absorção de água

Os ensaios de absorção foram realizados no laboratório de solos do Núcleo de Tecnologia /UFRN com as amostras de tijolos solo-cimento com e sem adição de pó da fibra de coco, sendo os traços ensaiados de 1:10 e 1:8 com a granulometria ABNT 40 e 30. Foram ensaiados um total de 15 tijolos, padrão tipo II da ABNT especificado pela norma: NBR 8492, cujos resultados são apresentados no gráfico 2, abaixo.

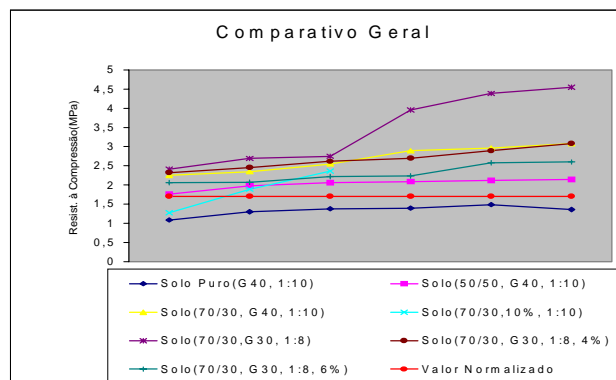


Gráfico 1 – gráfico comparativo entre os diversos tipos de tijolos solo-cimento fabricados(verificação à compressão).

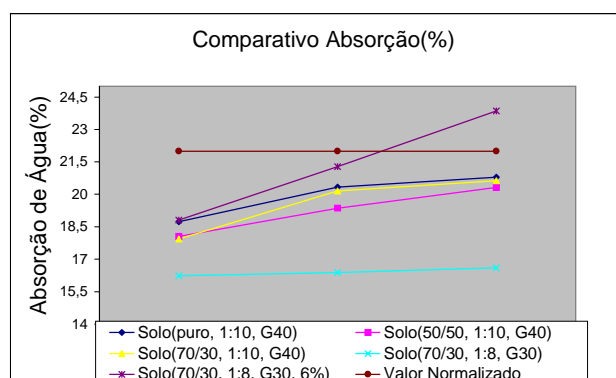


Gráfico 2 – Comparativo geral entre os diversos tijolos fabricados(absorção de umidade)

### 3.4 Condutibilidade térmica

Para a determinação da condutibilidade térmica foi confeccionado um aparato experimental para a sua determinação baseado na proposta de Hawkins e Jacob, 1957, e em Farhat, 1988. O sistema foi submetido a um gradiente de temperatura em regime permanente e uma vez que a condutibilidade térmica do bloco padrão é conhecida a condutibilidade da amostra foi determinada pela relação:

$$k_A = k_P \frac{(\Delta T)_P L_P}{(\Delta T)_A L_A}, \quad (1)$$

onde:

$k_A$  e  $k_B$  - condutibilidade térmica da amostra e do padrão, respectivamente.

$(\Delta T)_A$  e  $(\Delta T)_B$  - diferença de temperatura entre as faces da amostra e padrão, respectivamente.

$L_A$  e  $L_B$  - espessura da amostra e padrão, respectivamente.

#### 3.4.1 As amostras

As seguintes amostras foram selecionadas baseado nos ensaios de verificação da resistência à compressão e absorção de umidade e submetidas aos ensaios para determinação da condutibilidade térmica.

- Amostra A: Puro, traço 1:10, G40, sem adição
- Amostra B: 70/30, traço 1:10, G40, sem adição
- Amostra C: 70/30, traço 1:8, G30, sem adição
- Amostra D: 70/30, traço 1:8, G30, com adição à 6%

#### 3.4.2 Processo de medição

As medições foram executadas no laboratório de metrologia no Núcleo de tecnologia/UFRN, aonde foi possível manter o meio ambiente a uma temperatura controlada durante todo o processo de medição. Usou-se um termômetro de bulbo, 0-100°C, 1°C, termopares de cobre-constantan e termômetro digital. A câmara fria, composta de água e gelo foi isolada do meio ambiente e as amostras eram alojadas 24hs antes do processo de medição. Usou-se um bloco padrão de zircônia e desprezou-se a resistência térmica provenientes do material das câmaras ( $e=2\text{mm}$ ). O desenho esquemático do aparato experimental e o conjunto amostra e padrão são apresentados abaixo.

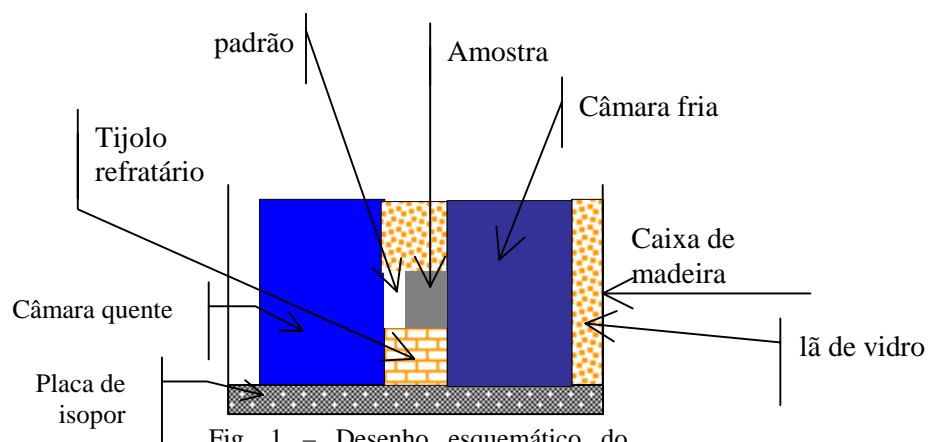


Fig. 1 - Desenho esquemático do aparato experimental confeccionado para a determinação da condutibilidade térmica

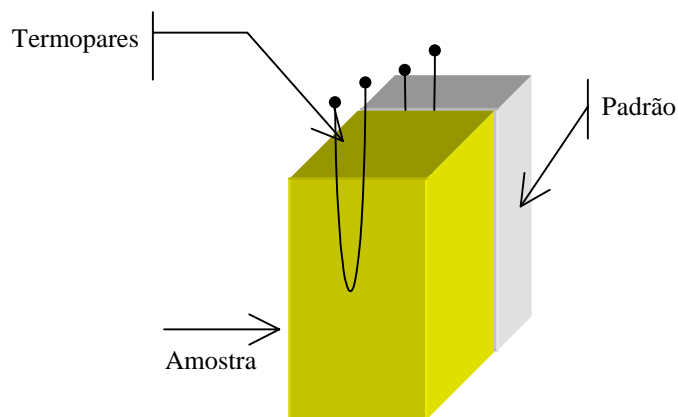


Fig. 2 - Desenho esquemático da posição dos termopares no conjunto amostra-padrão

O gráfico abaixo apresenta os resultados obtidos.

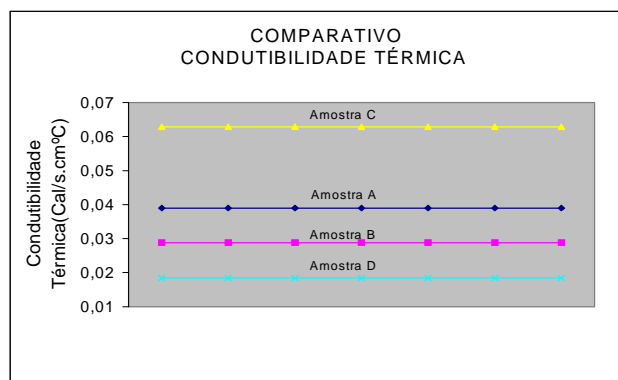


Gráfico 3 – comparativo entre condutibilidade térmica das amostras ensaiadas.

#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A cerca dos resultados apresentados destacamos o desempenho da amostra **D**, cuja condutibilidade térmica apresentada é menor que as demais amostras analisadas.

No caso da amostra **C**, que apresentou melhor desempenho nos ensaios de resistência à compressão e absorção, observou-se que os valores indicam que a amostra apresenta características isolantes inferiores as demais analisadas.

No que tange a adição do componente vegetal fica patente a sua influência sobre a resistência à compressão que propiciou uma diminuição em seu valor quando comparada com a mostra do mesmo traço e granulometria e sem adição da fibra na forma de pó.

Outro ponto a ser considerado é o efeito da porosidade e umidade na condutibilidade térmica, cujos resultados demonstraram que a amostra que apresentou a maior resistência e menor absorção é a mais condutiva.

Por outro lado, a que apresentou a maior absorção e menor resistência, quando comparada com as amostras de mesma composição, no caso 70/30, apresentou a menor condutibilidade térmica. Indicando, por sua vez, a influência da porosidade nas propriedades dos materiais e, conseqüentemente, o efeito na variação da condutibilidade térmica que pode ser constatado com a determinação da porosidade aparente de cada amostra analisada.

## 5. CONCLUSÃO

Diante dos tijolos fabricados, aqueles que seguem as características da amostra C são os que apresentam o melhor desempenho quanto a resistência à compressão e absorção sendo compatível aos tijolos tipo B, pela classificação da ABNT para tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Sendo, portanto, tecnicamente competitivo com os outros tipos de tijolos existentes no mercado, como demonstra os trabalhos de Ferreira et al., 1996 e Binoto et al., 1996.

Os resultados indicaram a viabilidade da adição do pó da fibra de coco ao solo-cimento, pois houve melhora do desempenho dos tijolos fabricados com referência a condutibilidade térmica, conseqüentemente, melhorando as características de isolamento térmico.

No entanto é necessário um estudo aprofundado acerca do envelhecimento das fibras de coco nas matrizes de solo-cimento e seus efeitos nas propriedades térmicas e estruturais.

## 6. REFERÊNCIAS

- (1) Abiko, A, K, 1988, Solo-Cimento: Tijolos, Blocos e Paredes Monolíticas. Tecnologia de Edificações, São Paulo, Brasil.
- (2) ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8491 – Tijolo maciço de Solo-Cimento, Especificação, 1984.
- (3) ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8492 – Tijolo maciço de Solo-Cimento, Determinação da resistência à Compressão e Ensaio de Absorção de Água, 1984.
- (4) Agopyan, V., Savastano, H., 1997, Disponibilidade de Resíduos de Alguns Tipos de Fibra Vegetal No Brasil Para Uso em Componentes de Construção, 1º Seminário Iberoamericano de Materiais Compostos Fibroreforçadas, Memoriais, Santiago de Cali, Colômbia.
- (5) ASTM, American Society Standard, Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate, C 177-76; 1982.
- (6) Picchi, F.A., Cincotto, M.A., et al., 1988, Tijolo Solo-Cal, Tecnologia de Edificações, São Paulo, Brasil.
- (7) Bauer, F., Silva, M.R., 1992, O uso de Solo-Cimento na Construção, Materiais de Construção, V.2,.
- (8) Farhat, G.M., 1988, Métodos de Medição de Condutibilidade Térmica em Materiais com Propriedades Isolante Térmica; Tecnologia de Edificações, São Paulo, Brasil.
- (9) Ferreira, H.C., Galdino, A.G.S. et al., 1996, Estudo das Propriedades Físico-Mecânicas dos Tijolos Furados Produzidos no Estado da Paraíba no Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Vol. 1, São Paulo, Brasil.
- (10) Hawkins, G.A., Jacob, M., 1954, Elements of Heat Transfer, Nova York, EUA.