

## **FIBRAS DO COCO COMO INDUTOR DE ISOLAMENTO TÉRMICO EM TIJOLOS SOLO-CIMENTO**

**Luiz Cláudio Ferreira da Silva**

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

**José Ubiragi de Lima Mendes**

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

E-mail: [ubiragi@ct.ufrn.br](mailto:ubiragi@ct.ufrn.br)

**George Santos Marinho**

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

E-mail: [gmarinho@ct.ufrn.br](mailto:gmarinho@ct.ufrn.br)

### **RESUMO**

*Utilizou-se o pó da fibra da casca do coco como agregado na composição de tijolos de solo-cimento. Foram fabricados tijolos na concentração de 6% em pó com relação ao cimento. Realizaram-se testes para análise da resistência mecânica (compressão) e determinação da condutividade térmica, com base em normas ABNT e ASTM, respectivamente. Comparados tijolos de solo cimento convencional, considerado padrão no desenvolvimento da pesquisa, os tijolos de solo-cimento com agregado apresentaram redução da condutividade térmica sem comprometimento da resistência mecânica. Os resultados apontam para a possibilidade de utilização dessa alternativa na redução da carga térmica em habitações populares, contribuindo, dessa forma, para reduzir o desconforto térmico em habitações localizadas em regiões com elevado índice de insolação, como é o caso do Nordeste do Brasil.*

**PALAVRAS CHAVES:** Tijolo Solo-cimento, Fibra vegetal, Condutividade térmica, Desempenho térmico, Resistência à Compressão.

### **1. INTRODUÇÃO**

O conhecimento das propriedades dos materiais é a base da formação de critérios para escolha do mesmo visando uma determinada aplicação ou serviço. Além da capacidade de transferência de tecnologia, a exigência entre a necessidade ambiental, econômica e social requer que os novos materiais possam atender estes requisitos.

No entanto, as inovações tecnológicas devem ter um alcance social que possibilite as pessoas, de forma geral, usufruir destes benefícios com a necessidade da conscientização em torno do uso racional dos materiais. Dentro desta linha de raciocínio destacamos os tijolos solo-cimento cuja confecção é caracterizado por um processo simples e acessível à população de baixa renda. Uma das grandes vantagens deste tipo de aplicação está no aspecto da preservação ambiental, eliminando o desmatamento da vegetação nativa utilizada para

alimentação dos fornos no processo de queima do tijolo comum além de também eliminar a emissão de gases poluentes para a atmosfera, resultante deste processo.

Pesquisar significa buscar alternativas dentro dos desafios a que o pesquisador se propõe. Esse trabalho ousa em utilizar uma matéria prima usada na indústria cerâmica que é a argila, e dar-lhe uma nova aplicação dentro do aspecto de utilização do solo-cimento, ou seja, investigar a possibilidade de fabricação de tijolos solo-cimento utilizando a matéria prima da indústria cerâmica e agregando a mesma o pó da fibra do coco, com o intuito de propiciar diminuição no valor da condutividade térmica do produto acabado.

Materiais com baixa condutividade térmica apresentam a vantagem de transmitirem pouca quantidade de calor através de sua massa, que para o caso de materiais construtivos têm ação direta na minimização dos efeitos radiativos nos espaços fechados induzindo maior conforto térmico àqueles que se encontram no interior do mesmo. Portanto, focalizou-se nesse trabalho especial atenção a influência que o pó da fibra do coco irá propiciar no valor da condutividade térmica dos tijolos solo-cimento quando incorporados aos materiais básicos para construção destes. Com isto, abre-se novas perspectivas de utilização destes tijolos na construção de residências populares conferindo no seu interior à população que a utiliza, temperaturas menos quentes nas regiões ensolaradas e temperaturas mais quentes nas regiões frias; condições normalmente adquiridas com o auxílio de sistemas de refrigeração ou sistemas de aquecimento e que são de difícil acesso a esta classe menos favorecida da população.

O solo-cimento é constituído de solo, cimento e água e, eventualmente, aditivos que são misturados e submetidos a uma compactação, resultando em um material mais resistente que o solo. No entanto, esta resistência é bastante influenciada pelo processo de fabricação envolvendo itens como: homogeneidade da mistura, dosagem do cimento, natureza do solo utilizado, teor de umidade entre outros. O processo de fabricação pode ser manual ou automático, mas, deve-se ter em mente que o uso do solo-cimento precisa ser dosado em determinadas proporções e o produto final ser analisado técnica e economicamente tendo em vista que a maior ou menor quantidade dos componentes poderá tornar a obtenção do produto solo-cimento inviável.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Fabricação dos tijolos solo-cimento**

Para a fabricação dos tijolos solo-cimento utilizou-se como matéria prima o solo, cimento, água e adicionou-se a estes fibra do coco na forma de pó. Estabeleceu-se para composição do solo o índice 70/30, isto é, para 30% de solo argiloso acrescentou-se 70% de areia. O cimento utilizado na fabricação dos tijolos foi o convencional nº 32. Com relação a quantidade de água, os ensaios de compactação indicaram um teor ótimo de 8,5% para a água de mistura. Já o teor de pó de fibra do coco na mistura foi baseado no teor de cimento, usando-se o valor de 6% para isto.

Os tijolos maciços de solo-cimento para este trabalho têm características dimensionais de 23 cmx11cmx5cm, padrão tipo II da ABNT-NBR 8491 (1984). Os mesmos foram fabricados em uma prensa manual composta por três cubas, fixadas no Laboratório de Materiais de Construção do NTI / UFRN, Natal-RN. Para a cura dos tijolos seguiu-se as orientações especificadas pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que recomenda a cura ao abrigo do sol e do vento por um período de sete a dez dias. Ao final da cura os tijolos fabricados eram encaminhados para determinação da resistência à compressão e determinação da condutividade térmica.

## 2.2. Determinação da resistência à compressão

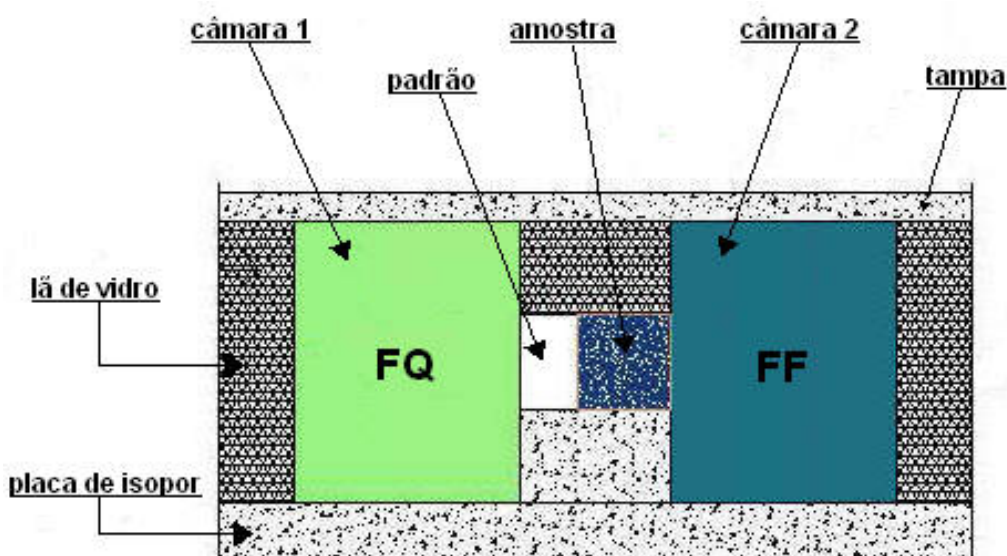
O ensaio de resistência a compressão tem o objetivo de verificar se o tijolo fabricado está dentro das exigências estabelecidas pelas normas ABNT-NBR 8491 (1984) e ABNT-NBR 8492 (1984), bem como indicar qual dos tijolos fabricados apresentam melhores resultados.

Este ensaio foi executado com seis corpos de prova onde as amostras foram cortadas no meio, perpendicularmente à sua maior dimensão, unindo-as depois com uma fina camada de pasta de cimento (2 a 3 mm). Após o endurecimento, os corpos de prova são imersos em água durante 24 horas. Depois deste período, são colocados sobre o prato inferior da máquina de ensaio onde é aplicada uma carga de forma uniforme até a ruptura do material ensaiado, onde os valores individuais da resistência à compressão são expressos em MPa (Kgf/cm<sup>2</sup>).

## 2.3. Determinação da condutividade térmica

A determinação experimental da condutividade térmica foi feita através do método da placa quente protegida o qual está fundamentada pela norma ASTM C177-76 (1982) e foi realizado no Laboratório de Metrologia do NTI/UFRN.

O sistema utilizado era composto por duas câmaras, uma quente (20°C) e outra fria (0°C), que se encontravam em um ambiente com temperatura controlada a 20°C durante todo o decorrer do experimento. As câmaras estavam termicamente isoladas, entre as quais era colocado o corpo de prova a ser analisado (3 amostras de cada composição) e o padrão de referência . Fig.(1).



**Figura 1.** Ilustração do sistema de determinação da condutividade térmica.

Como padrão de referência, utilizou-se um bloco de sílica da Mitutoyo com dimensões de 100mm x 37,7mm x 8,8mm e com condutividade térmica 0,292 W/mK. Três corpos de prova de solo-cimento também com dimensões 100mm x 37,7mm x 8,8mm com traço 1:8 e composição do solo de 70/30, ou seja, 70% de areia e 30% de argila foram analisados. Outros 3 corpos de prova com as mesmas dimensões, traço e composição porém com inserção do pó da fibra do coco na proporção de 6% também foram analisados.

Depois de estabelecida a condição de regime permanente no sistema dava-se início a monitoração das temperaturas nas câmaras quente e fria e nas amostras, utilizando-se termopares tipo T e termômetros de bulbo, em intervalos de quinze minutos por um período de tempo de três horas para cada ensaio. Com os valores das temperaturas, calculou-se a condutividade térmica dos corpos de prova através da Eq. (1):

$$K_2 = \frac{K_1 \Delta T_1}{\Delta T_2} \frac{L_2}{L_1} \quad (1)$$

Onde:

$K_2$  – condutividade térmica da amostra (W/mK)

$K_1$  – condutividade térmica do padrão (W/mK)

$L_2$  e  $L_1$  – espessura do padrão e da amostra, respectivamente (m)

$\Delta T_1$  e  $\Delta T_2$  – diferença de temperatura no padrão e na amostra, respectivamente (K)

## 2.4. Verificação do desempenho térmico.

O desempenho térmico dos tijolos solo-cimento com pó da fibra do coco, foi verificado através de uma análise comparativa com tijolos solo-cimento sem o pó da fibra de coco e com tijolos de bloco de cimento. Para isto, utilizou-se o sistema computacional “Arquitrop 3.0” com o qual simulou-se recintos fechados localizados na cidade de Natal-RN construídos com os três tipos de tijolos acima especificados. Para os três casos foram verificados o amortecimento térmico, o retardo térmico e o coeficiente global de transmissão de calor, onde, a partir dos quais sedimentaram-se algumas conclusões.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 3.1. Resistência à compressão

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão para os dois tipos de composição são expressos na Tab. (1).

**Tabela 1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa) - TRAÇO 1:8.**

[illegible]

Pelo exposto na Tab. (1) observa-se que, para as duas composições, os valores encontrados para a resistência à compressão em todos os corpos de prova (com e sem adição do pó da fibra do coco) satisfazem aos limites mínimos de resistência individual determinados pela norma. E que, apesar da redução de 33,5% no valor médio da resistência à compressão para o corpo de prova com pó da fibra, a mesma ainda satisfaz aos limites estabelecidos pela norma.

### 3.2. Condutividade térmica

Os valores encontrados para a condutividade térmica nos corpos de prova com e sem pó da fibra do coco, são mostrados na Tab. (2).

**Tabela 2.** CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/mK)

Composição	Solo 70/30	Solo 70/30 à 6% de pó
Condutividade térmica	1,206	0,768

A influência do pó da fibra do coco na condutividade térmica dos tijolos solo-cimento é evidenciada através da redução de 36,3% no valor desta propriedade, quando adicionou-se apenas 6% de pó na composição areia-argila para fabricação dos tijolos.

### 3.3. Desempenho térmico

O desempenho térmico de um sistema pode ser observado através dos vários parâmetros térmicos diretamente relacionados ao mesmo. Para o estudo em questão, optou-se por uma análise comparativa entre o coeficiente global de transmissão de calor, o retardo térmico e o amortecimento térmico. O coeficiente global de transmissão de calor, que é um dos parâmetros térmicos mais importantes de um sistema, está associado à resistência térmica total do sistema, ou seja: quanto maior a resistência térmica, menor será o fluxo de calor. O coeficiente global é dado pela Eq.:

$$U = \frac{1}{AR_T} = \frac{1}{A(1/h_{ce}) + (L/K_c) + (1/h_{ci})} \quad (2)$$

Onde:

$R_T$  – resistência total do sistema (K/W)

$A$  – área normal ao fluxo de calor (m<sup>2</sup>)

$h_{ce}$  – coeficiente convectivo do meio externo (W/m<sup>2</sup>K)

$h_{ci}$  – coeficiente convectivo do meio interno (W/m<sup>2</sup>K)

$L$  – espessura do componente (m)

$K_c$  – condutividade térmica do componente (W/mK)

O retardo e o amortecimento térmico, juntos, compõem a inércia térmica do sistema, a qual é função da densidade, da condutividade térmica e da capacidade térmica. O retardo térmico é o atraso provocado pelo componente sobre o fluxo de calor, induzindo uma diferença de tempo entre a temperatura máxima alcançada pela superfície externa e a temperatura máxima alcançada pela superfície interna. A equação do retardo térmico é dada por:

$$r_t = 1,382 e (\rho c_p / 3,6 K)^{1/2} \quad (3)$$

Onde:

$r_t$  – retardo térmico (h)

$e$  – espessura do componente (m)

$\rho$  - densidade do componente ( $\text{Kg/m}^3$ )

$c_p$  – calor específico do componente ( $\text{J/KgK}$ )

$K_c$  – condutividade térmica do componente ( $\text{W/mK}$ )

O amortecimento térmico indica quanto por cento do fluxo de calor que está em uma superfície, atravessará o componente até a outra superfície. A equação do amortecimento térmico pode ser expressa por:

$$At = \Delta T_i / \Delta T_e \quad (4)$$

Onde:

$At$  - amortecimento térmico (%)

$\Delta T_i = T_{\text{máx. int.}} - T_{\text{ref. int.}} \text{ (K)}$

$\Delta T_e = T_{\text{máx. ext.}} - T_{\text{ref. ext.}} \text{ (K)}$

$T_{\text{máx. int.}}$  – temperatura máxima interna (K)

$T_{\text{ref. int.}}$  – temperatura de referência interna (K)

$T_{\text{máx. ext.}}$  – temperatura máxima externa (K)

$T_{\text{ref. ext.}}$  – temperatura de referência externa (K)

Na Tabela (3), observa-se os valores relacionados às grandezas acima mencionadas, para os três tipos de tijolos analisados.

**TABELA 3. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PARÂMETROS TÉRMICOS**

	<b>Tijolo solo-cimento sem fibra</b>	<b>Tijolo solo-cimento com fibra</b>	<b>Bloco de cimento</b>
Coef. global de transferência de calor (W/mK)	3,529	3,028	3,152
Retardo térmico (hora)	2,58	2,89	2,09
Amortecimento (%)	49	53	42

Pela Tabela (3), observa-se que a adição do pó da fibra do coco no tijolo, induziu uma maior resistência térmica ao fluxo de calor no mesmo, o qual é evidenciado pelo menor valor do coeficiente global de transmissão de calor e ratificado pelo amortecimento térmico que apresentou o maior valor. A adição da fibra também induziu um maior retardo térmico, que para as condições climáticas de Natal aproxima-se do valor considerado ideal que é de 3 horas.

#### **4. CONCLUSÕES**

É viável tecnicamente a utilização dos tijolos solo-cimento com adição do pó da fibra do coco, visto que os ensaios de compressão realizados nestes satisfazem às exigências ditadas pela norma.

Fica patente a influência da adição do pó da fibra do coco na minimização do valor da condutividade térmica dos tijolos solo-cimento.

Através dos valores do coeficiente global de transmissão de calor, do retardo térmico e do amortecimento, leva-se a concluir que os fechamentos construídos com tijolos solo-cimento com adição do pó da fibra do coco apresentarão melhores condições de conforto térmico no seu interior que os recintos fechados com tijolos solo-cimento sem adição do pó e com os de bloco de cimento.

O uso de tijolos solo-cimento também é visto como um apelo à preservação ao meio ambiente.

Os tijolos solo-cimento com adição do pó da fibra do coco apresentam-se como uma alternativa de utilização no campo da construção civil.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao apoio obtido junto aos seguintes fomentadores da pesquisa

Direção do Núcleo Tecnológico Industrial – NTI da UFRN

Direção do Centro de Tecnologia – CT da UFRN

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFRN/Natal, PPGEM/UFRN

A realização da pesquisa descrita neste trabalho só se tornou possível graças ao financiamento do **CNPq**, através do Projeto **CT ENERG** – Processo N° 552.372/01-3.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT**- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984, “Tijolo Maciço de Solo-Cimento, Especificação”, NBR 8491.
- ABNT**- Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984, “Tijolo Maciço de Solo-Cimento, Determinação da Resistência à Compressão e Ensaio de Absorção de Água”, NBR 8492.
- ASTM** – American Society for Testing and Materials, 1982, “Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate”, C177-76.
- Acchar**, W., Gomes, U.U. e Silva, N.F., 1996, “Estudo das Características e Aplicação de Argilas da Região do Vale do Assú-RN”, Anais do 2º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Vol.1, S. Paulo, Brasil.
- Agopyan**, V., 1991, “Materiais Reforçados com Fibras para a Construção Civil nos Países em Desenvolvimento: Uso de Fibras Vegetais”, Escola Politécnica – USP, S.Paulo, Brasil.
- Bauer**, F., 1992, “O Uso de Solo-Cimento na Construção: Materiais de Construção”, Ed. Livros Técnicos e Científicos Ltda., Vol.2, 4ª ed., Rio de Janeiro, Brasil.
- Comitê Brasileiro de Construção Civil**, 1988, “Desempenho Térmico de Edificações”, pp.7-8.

## 7. DIREITOS AUTORAIS

### TITLE

### COCONUT FIBERS TO INDUCE THERMAL INSULATION IN SOIL-CEMENT-BRICKS

**First Author's Name:** Luiz Cláudio Ferreira da Silva

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

**Second Author's Name:** José Ubiragi de Lima Mendes

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

E-mail: [ubiragi@ct.ufrn.br](mailto:ubiragi@ct.ufrn.br)

**Third Author's Name:** George Santos Marinho

Laboratório de Transferência de Calor – NTI / UFRN

Campus Universitário, Natal-RN, 59072-970. Tel.: (84) 215 3740-R 232

E-mail: [gmarinho@ct.ufrn.br](mailto:gmarinho@ct.ufrn.br)

### ABSTRACT

*Powder from the coconut fibers was used as aggregate in soil-cement-bricks. Bricks were fabricated using 6% of this powder with respect to the cement. Compression tests and also thermal conductivity tests were conducted on the bricks, based on ABNT and ASTM standards, respectively. A comparison between conventional bricks and the bricks developed in this research indicated that the powder added reduced the thermal conductivity of the bricks with no effect on the mechanical strength. The results of the investigation indicated that soil-cement-bricks with addition of powder from coconut fibers can be used as a viable solution to reduce the thermal loads in low cost homes and thus, contributing to improve the thermal comfort in high temperature regions such as the northeast of Brazil.*

**KEYWORDS:** Soil-cement-bricks, natural-fibers, thermal conductivity, thermal performance, compression strength.