

Determinação de propriedades térmicas de materiais em paredes compostas utilizando o método do problema inverso

Pedro A. P. Borges; Rosane V. Zanon

Depto de Física, Estatística e Matemática, DeFEM, UNIJUI
98700-000, Iuí, RS

E-mail: pborges@unijui.edu.br; rosane.varnierzanon@yahoo.com.br

Luciano P. Specht e Ricardo F. Rupp

Depto de Tecnologia, DeTEC, UNIJUI
98700-000, Iuí, RS

E-mail: specht@unijui.edu.br; ricardo.rupp@unijui.edu.br

RESUMO

A proposição de métodos de construção e materiais de edificações evoluiu rapidamente nos últimos anos, tendendo a processos de otimização das soluções nos aspectos estruturais, estéticos, funcionais, econômicos e térmicos. Tais aspectos, evidentemente, estão relacionados entre si [1]. Com relação aos aspectos térmicos, o projeto de novas construções contempla o uso de novos materiais (borrachas, fibras, isopor) ou a composição de materiais conhecidos (tijolos e argamassa compostos com espaços de ar ou isopor), de modo a diminuir as trocas térmicas com o ambiente, minimizando o gasto de energia com refrigeração e aquecimento de ambientes.

Os dados das propriedades térmicas utilizados em projeto, geralmente são obtidos em bibliografia estrangeira, cujos valores de tais propriedades não correspondem aqueles dos materiais efetivamente utilizados nas construções locais.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo desenvolver um método para o cálculo da difusividade térmica de materiais de construções utilizados nas edificações do Sul do Brasil e calcular o fluxo de calor de paredes compostas com diferentes materiais, considerando condições de extremo verão e inverno.

Foram realizados experimentos no Laboratório de Engenharia Civil simulando as condições de aquecimento de paredes, durante 24 horas. A Figura 1(a) ilustra o aparato experimental utilizado: a corrente elétrica em uma lâmpada foi ajustada para produzir calor, simulando a ação do sol; dois termopares foram instalados, um em cada superfície da parede, fornecendo a temperatura das fronteiras; outros quatro termopares foram instalados no interior da parede, posicionados de acordo com as espessuras e os tipos de materiais utilizados para compor a parede. Um sistema de aquisição de dados foi utilizado para monitorar as leituras dos termopares. Os dados experimentais obtidos consistem de valores de temperaturas para cada posição dentro da parede, ao longo de 24 horas.

O problema de transferência de calor em paredes compostas por diferentes tipos de materiais foi modelado pela conhecida equação da energia (1) [2], [3].

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha_i \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}, \quad 0 < x < L \text{ e } t > 0 \quad (1)$$

$$T(0,t) = T_1(t), \quad \text{para } t > 0$$

$$T(L,t) = T_2(t), \quad \text{para } t > 0$$

$$T(x,0) = T_o(x), \quad \text{para } 0 < x < L,$$

onde α_i é a difusividade térmica (m^2/s) dos materiais i , com $i = 1, 2, 3, 4, 5$, posicionados nas partições finitas e_i do domínio $x \in [0, L]$; T é a temperatura ($^\circ\text{C}$); t é o tempo (s); x é a direção de transferência de calor (m); $T_1(t)$ e $T_2(t)$ são as condições de fronteira interna e externa, respectivamente; e $T_0(x)$ é a condição inicial.

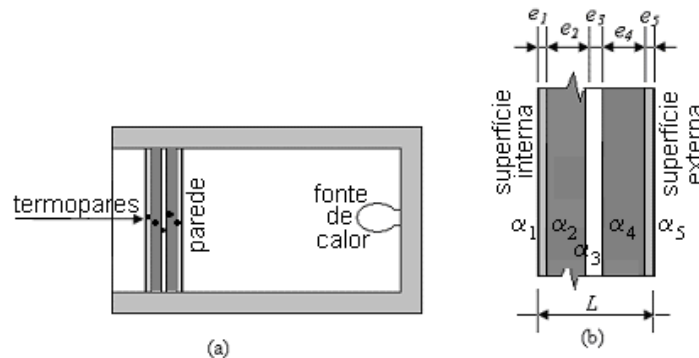


Figura 1 – (a) Esquema experimental. (b) Detalhe da parede composta por materiais de difusividades térmicas $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ e espessuras e_1, e_2, \dots, e_5 .

As condições de fronteira foram obtidas experimentalmente para determinados valores de tempo e expandidas para cada instante de tempo por meio de um ajuste de curvas. O mesmo procedimento foi efetuado para a condição inicial, expandindo os dados discretos para qualquer valor de x . A Eq. (1) foi discretizada e resolvida em Diferenças Finitas Centrais pelo Método Implícito, levando em conta as condições de contorno como funções do tempo.

As difusividades térmicas dos materiais foram calculadas resolvendo o problema inverso de transferência de calor, com base nos dados experimentais de temperatura em função do tempo, para cada posição dos termopares no interior da parede, utilizando os Métodos de Procura em Rede (MPR)[4] e o Método de Levenberg-Marquardt (MLM)[4]. O MPR é um método que não tem problemas de convergência, nem de cálculo de derivadas, porém sua execução computacional tende a ser mais demorada que outros métodos. Mesmo assim, mostrou-se um método eficiente para a pesquisa do intervalo de soluções e, portanto, como método preliminar para os métodos de procura local. A combinação dos dois métodos mostrou-se eficiente tanto do ponto de vista da otimização do tempo computacional, como de precisão dos resultados.

O programa desenvolvido, além de estimar o valor das difusividades dos materiais envolvidos, calcula o fluxo de calor na superfície interna da parede em função do tempo, viabilizando a análise do desempenho térmico de diferentes composições de materiais. A comparação dos fluxos de calor para cada composição é uma informação importante para a atividade de projeto na construção civil, visando uma melhor utilização dos materiais e a minimização do gasto de energia com refrigeração e aquecimento de ambientes.

Palavras-chave: Problemas inversos; transferência de calor; conforto térmico

Referências

- [1] E.C.D. Costa, “Física aplicada à construção: conforto térmico”, Blücher, São Paulo, 1974.
- [2] D.P. DeWitt e F.P. Incropera, “Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa”, Editora LTC–Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2003.
- [3] M.N. Özisik, “Heat conduction”, Taylor & Francis, New York, 1977.
- [4] A. J. Silva Neto e F. D. Moura Neto, “Problemas Inversos: conceitos fundamentais e aplicações”, Ed. UERJ, Rio de Janeiro, 2005.