

Estimativa da Condutividade Térmica do Poliestireno Expandido usando o Método do Fio Quente

Alisson Augusto Azevedo Figueiredo*, Luís Henrique da Silva Ignacio, Gilmar Guimarães

*Laboratório de Transferência de Calor: Modelagem e Experimento, alissonfigueiredo@hotmail.com.br

Palavras-chave

estimativa, condutividade térmica, fio quente, experimento

1. INTRODUÇÃO

A condução de calor é um problema em diversos casos de engenharia. Sendo a condutividade térmica uma das propriedades físicas mais importante de um material. Em muitos processos que envolvem temperaturas extremas, como em isolamento térmico de fornos industriais ou câmaras frigoríficas, necessita-se do uso de materiais de baixa condutividade térmica para a diminuição da perda de calor pelas paredes.

A determinação experimental da condutividade térmica apresenta algumas dificuldades e requer alta precisão. Existem diversas técnicas na literatura capazes de determinar esta propriedade física. Sendo que o método mais usado atualmente para materiais isolantes térmicos é o método do fio quente (SANTOS, 2002).

O método do fio quente foi utilizado pela primeira vez por Haupin (1960) na determinação da condutividade térmica de materiais cerâmicos. Diversos outros autores aplicaram a técnica em diferentes problemas. A norma DIN 51046 estabelece que a técnica é capaz de medir condutividade térmica até $25 \frac{W}{mK}$ (SANTOS, 1988).

Este trabalho visa a estimativa experimental em laboratório da condutividade térmica do poliestireno expandido (EPS) usando o método do fio quente.

2. MÉTODO DO FIO QUENTE

O método do fio quente é uma técnica transiente baseada na medida da variação de temperatura de uma fonte linear de calor embutida no material a ser testado. Considera-se que o calor gerado pela fonte é constante e uniforme ao longo do comprimento do corpo de prova. A partir da variação de temperatura, em um intervalo de tempo conhecido, calcula-se a condutividade térmica da amostra (Gravena et al., 2010).

A Figura 1 apresenta a montagem esquemática para o método do fio quente. A técnica foi realizada com a inserção de uma fonte de calor (fio de níquel-cromo) no centro da amostra de EPS. O "fio" tem a função de dissipar calor por efeito Joule. Um termopar tipo K é inserido entre fonte de calor e a mostra para medir a temperatura do experimento.

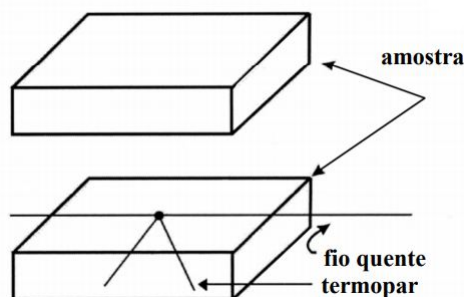


Figura 1: Modelo esquemático do método do fio quente (SANTOS, 2002).

A partir da variação da temperatura, devido ao fluxo imposto, ao longo de um intervalo de tempo conhecido, é possível estimar a condutividade térmica da amostra por SANTOS (2002)

$$T = \frac{q''}{4\pi k} \left(\ln \frac{4\alpha t}{r^2} - \gamma \right) \quad (1)$$

onde T é a temperatura medida em $^{\circ}\text{C}$, q'' é o fluxo de calor imposto em $\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, k é a condutividade térmica do material em $\frac{\text{W}}{\text{mK}}$, α é a difusividade térmica do material em $\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, t é o tempo do experimento em s , r é o raio do fio quente em m e γ é a constante e Euler igual a 0,577215...

A Equação 1 mostra que a temperatura próxima ao fio quente é proporcional ao logaritmo do tempo, e a condutividade térmica do meio está contida na constante de proporcionalidade. Isso indica que a condutividade térmica pode ser calculada a partir do coeficiente angular da reta do gráfico (Temperatura x Logaritmo do tempo). Como a fonte de calor não é ideal, e existe uma resistência de contato entre o fio e a amostra, o trecho inicial da curva não é linear, e portanto não deve ser considerado no cálculo da condutividade térmica.

3. RESULTADOS

A Figura 3 apresenta a montagem experimental realizada em laboratório para a estimativa da condutividade térmica do EPS. Inseti-se uma fio de níquel-cromo (1,5 Ω) com comprimento de 214 mm e diâmetro de 0,361 mm entre duas peças de EPS, cada uma com dimensões 153 x 150 x 73,5 mm. Acima das amostras é colocado uma carga para aumentar o contato entre os componentes. O fio de resistência é alimentado com uma tensão de 0,496 V, ocasionando assim uma potência gerada de 0,164 W. O termopar tipo k é usado para a aquisição das temperaturas a cada 1s durante o aquecimento.

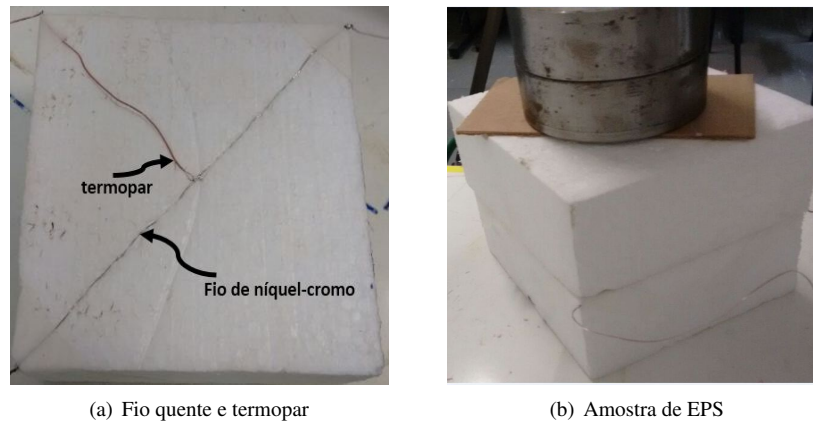


Figura 2: Montagem experimental da técnica do fio quente

A Figura 3a apresenta as temperaturas obtidas ao longo dos 10 experimentos durante 100s. A Fig. 3b apresenta o gráfico do logaritmo natural do tempo versus as temperaturas do experimento.

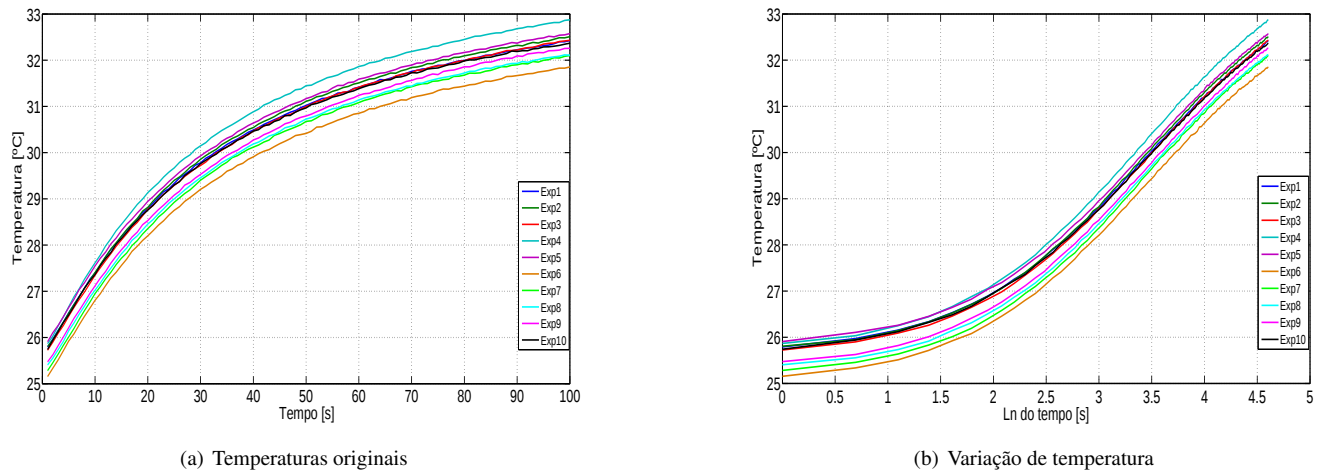


Figura 3: Temperaturas experimentais no EPS

O próximo passo é obter o coeficiente angular do gráfico da Fig. 3b. A faixa considerada linear neste gráfico é a partir de $x = 3,5$. Substituindo o coeficiente angular obtido em cada experimento na Eq.1, conhecendo o fluxo de calor gerado q'' que é a potência gerada dividido pelo comprimento do fio, obtém-se o valor do coeficiente de condutividade térmica para cada experimento. A Figura 4 apresenta os resultados para essas estimativas.

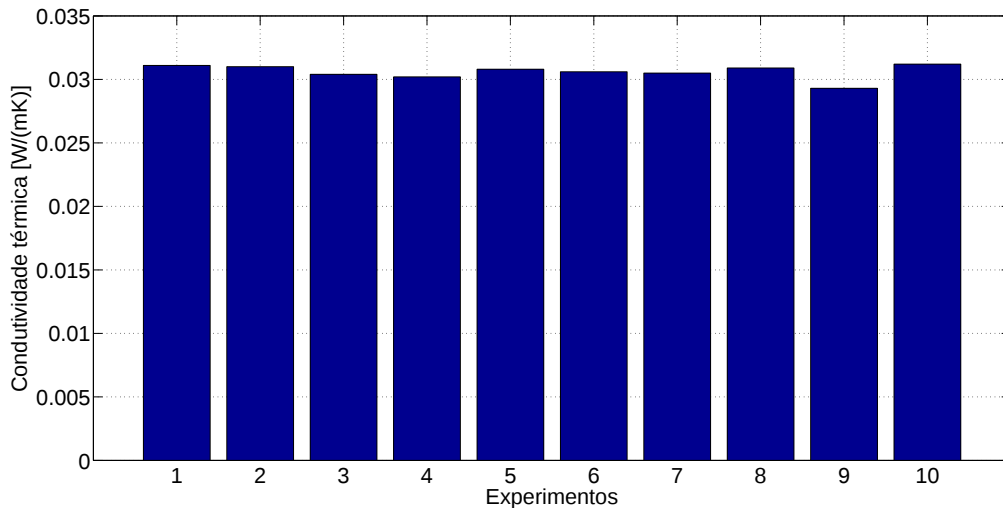


Figura 4: Estimativa da condutividade térmica

A média obtida para a condutividade térmica foi de $0,0306 \frac{W}{mK} \pm 0,0006$. A Associação Brasileira do Poliestireno Expandido informa em seu site que o coeficiente de condutividade térmica do EPS varia de $0,35$ a $0,42 \frac{W}{mK}$. Portanto, o valor obtido nos experimentos se aproxima dos valores conhecidos. Porém, é importante destacar que esta propriedade é dependente do tipo de fabricação do material, tornando o seu valor impreciso.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para a estimativa do coeficiente de condução de calor do poliestireno expandido usando o método do fio quente foram satisfatórios. Conforme a literatura, esta técnica possui simplicidade na sua aplicação, mas deve-se avaliar a razão entre o comprimento do fio e o seu diâmetro, que neste trabalho foi de aproximadamente 600, tornando o experimento válido para o uso do método.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio das agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Gravena, D. A., dos Santos Carollo, L. F., and de Lima e Silva, S. M. M. CaracterizaÇÃo térmica de polímeros usando o método do fio quente. 2010.
- Haupt, W. E. Hot wire method for rapid determination of thermal conductivity. *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 39:139–141, 1960.
- SANTOS, W. N. D. ContribuiÇÃo ao estudo da condutividade térmica do material cerâmico concreto refratário utilizando a técnica de fio quente com ajuste por regressão, 1988.
- SANTOS, W. N. D. (the hot wire method: the hot wire parallel technique and the hot wire surface technique. *Cerâmica*, 306(48), 2002.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.