Cálculo da resistência térmica – Compreendendo os limites da analogia por circuito elétrico

Veja Também

Considere-se o estudo de problemas de condução de calor unidimensional, sem geração de calor, em regime permanente, para materiais de condutividade térmica constante. Neste caso o circuito térmico que representa a difusão do calor no meio é análogo ao circuito elétrico que governa a condução da carga elétrica. O estudante aprende que é possível a aplicação desta analogia em paredes compostas, muito utilizadas em engenharia, se o fluxo de calor puder ser considerado unidimensional. Assim pode então ser calculanda uma resistência equivalente a da parede composta, como mostrado na Fig. 1. Deve-se ressaltar que esta analogia fornece resultados precisos apenas nas situações UNIDIMENSIONAIS, o que no caso da Fig. 1 é facilmente identificado.

A aplicação desta analogia em situações em que diferentes materiais estão associados em paralelo, como mostra a Fig. 2, possibilita representar o circuito térmico equivalente de duas maneiras, denotadas por (a) e (b). Embora o fluxo de calor seja evidentemente bidimensional, em muitos casos de engenharia é razoável considerá-lo unidimensional, uma vez que conhecidamente as soluções para os circuitos (a) e (b) definem os limites entre os quais está a taxa real de transferência de calor. Para uma aplicação segura, esta margem de erro deve ser bem conhecida.

É interessante, portanto, mostrar que a hipótese de unidimensionalidade da condução de calor pode não ser válida quando a associação é em paralelo. Para atingir este objetivo, o problema mostrado na Fig. 3 foi resolvido para diferentes valores de k2 e k3. Se por exemplo, k2 cresce em relação a k3, mais facilmente o calor se transfere através do material 2, visto que este oferece menor resistência térmica. Logo, quanto maior a razão entre k2 e k3, mais o fluxo de calor se desvia do comportamento unidimensional.

O problema bidimensional pode ser resolvido utilizando o Transcal v1.1. Uma malha suficientemente refinada para garantir a independência dos resultados com a discretização e critérios apropriados de convergência precisam ser aplicados à solução numérica do modelo matemático dado por:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\dot{q}=\rho c_p\frac{\partial T}{\partial t} \qquad (1)$$

Considerando “exata” a solução numérica obtida com o software Transcal 1.1 para o problema bidimensional, pode-se comparar estes resultados com as soluções unidimensionais obtidas usando a analogia com os dois circuitos elétricos. A Fig. 4 mostra o erro quando o modelo da analogia por circuito elétrico para as duas configurações é usado, comparado com a solução numérica. Note-se que quando k2 for igual a k3 o erro é nulo, visto que o problema se torna unidimensional. É preciso ser lembrado que o problema bidimensional apresentado não foi resolvido utilizando parâmetros adimensionais. Portanto, o erro mostrado na Fig. 4 não pode ser aplicado à outras combinações de parâmetros.

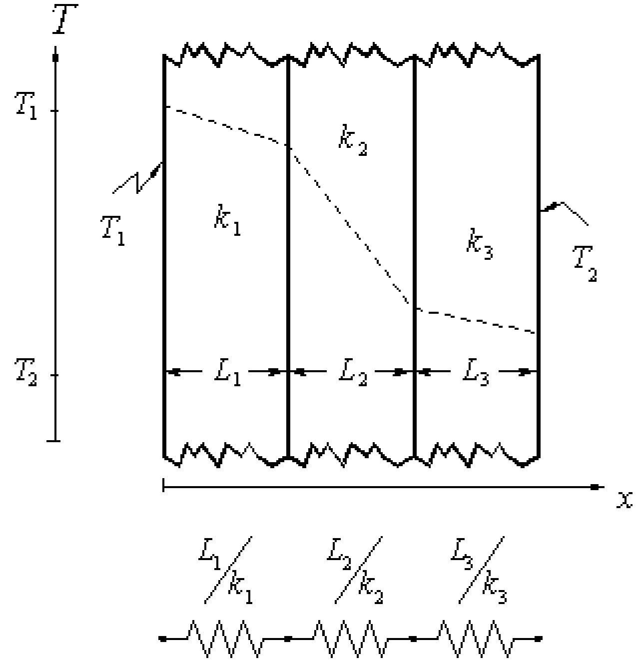

Fig. 1 - Parede Composta. Analogia por circuito elétrico em série

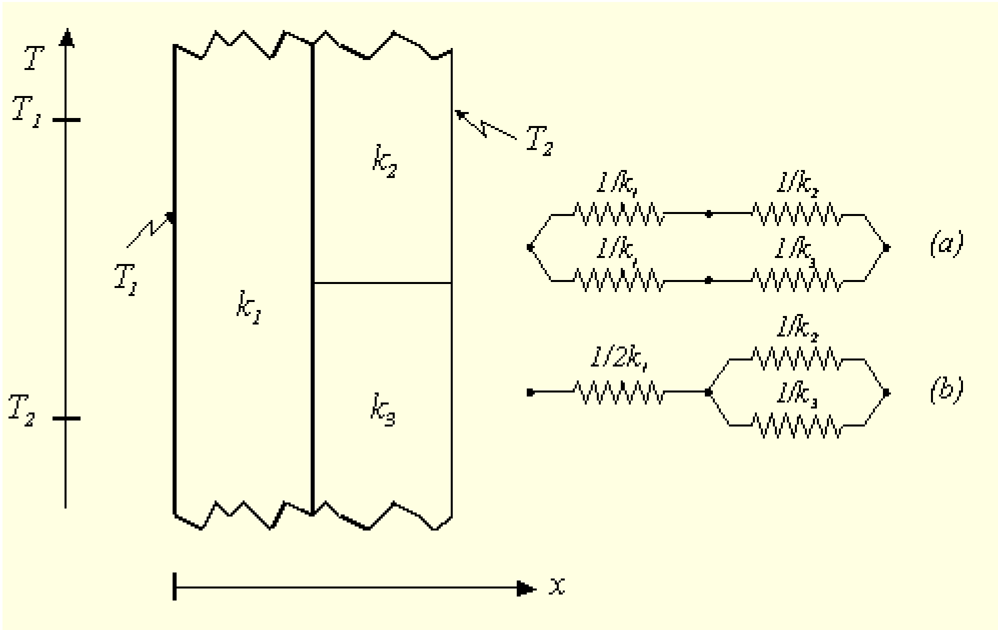

Fig. 2 - Parede Composta. Analogia por circuito elétrico em paralelo

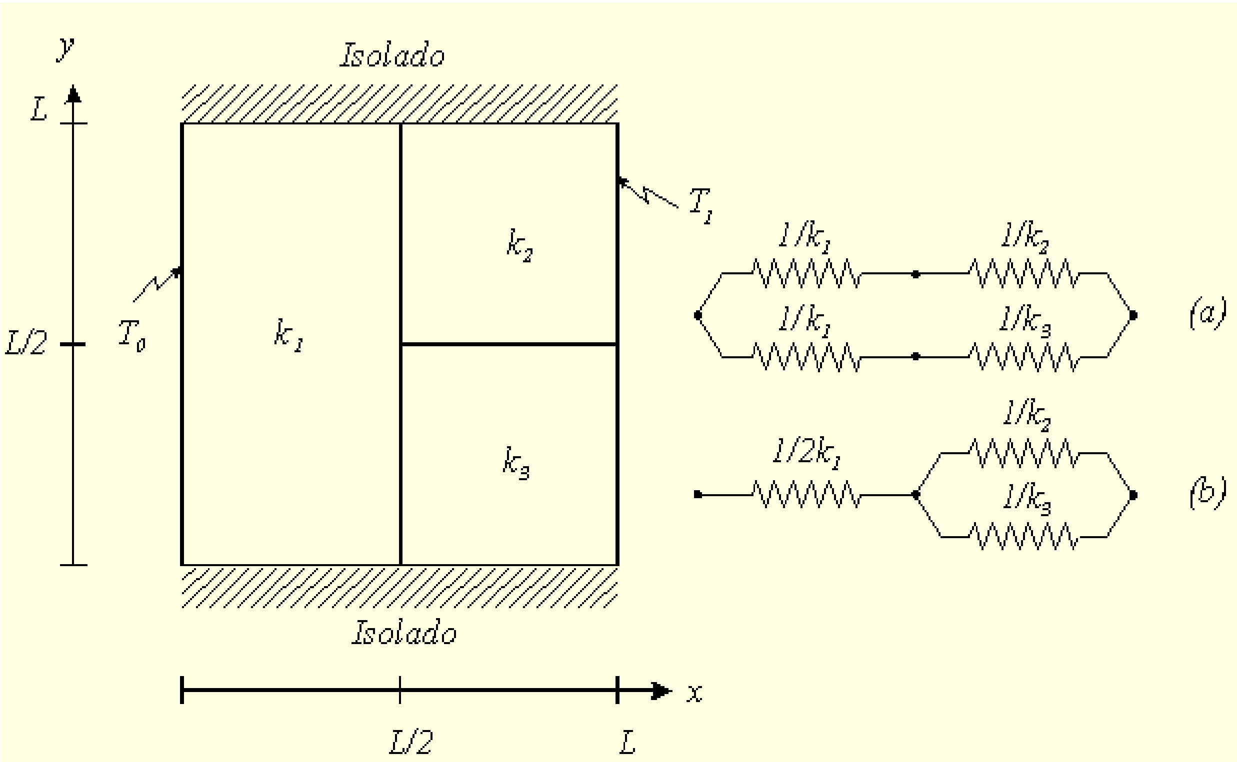

Fig. 3 - Problema 2D quando k2 é diferente de k3

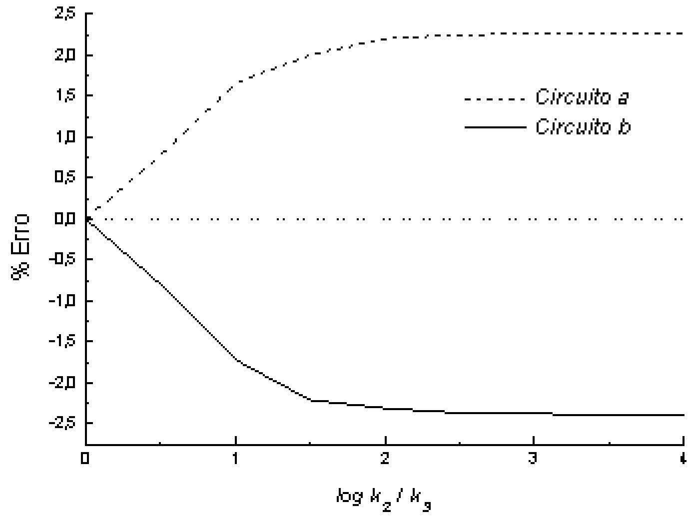

Fig. 4 - Erro quando se usa o modelo 1D para calcular a resistência térmica

O resultado exato fica entre as duas soluções unidimensionais, a primeira delas superestimando e a outra subestimando o fluxo de calor. A porcentagem de erro no fluxo de calor é calculada comparando os resultados dos modelos unidimensionais com a solução numérica.

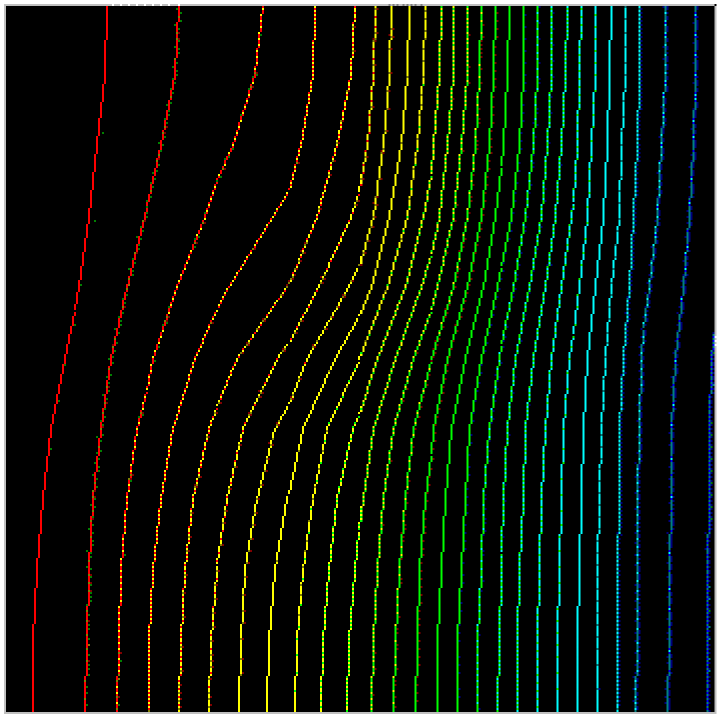

Fig. 5 - Isotermas do problema 2D

A Fig. 5 mostra claramente como as isotermas se desviam da situação unidimensional, para uma dada combinação de k2 e k3. Com o objetivo de explorar os aspectos da física envolvida, é interessante manipular as dimensões do domínio fazendo-o mais alto, por exemplo. Neste caso observa-se que a intensidade do desvio dos fluxos se reduz, aproximando-se do caso unidimensional.