11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT 2006 - Curitiba, Brazil, 2006

IDENTIFICAÇÃO DE PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

MÉTODOS NORMALIZADOS

Prof. Gilmar Guimarães – Universidade Federal de Uberlândia

Faculdade de Engenharia Mecânica

Lab. Transf. Calor e Massa e Din. Dos Fluidos - LTCM

Problemas de Identificação de Propriedades termofísicas

- Modelo térmico conhecido (incluindo fluxo de calor ou condições de contorno avaliáveis
- Alguns ou todos os parâmetros desconhecidos
- *O problema é obter a melhor estimativas destes parâmetros a partir de medições de uma variável a ser modelada*

DESAFIO DE QUALQUER TÉCNICA

- CONCEPÇÃO DO MODELO TÉRMICO
  - (hipóteses simplificativas)

X

- *EXECUÇÃO EXPERIMENTAL DO MODELO*

(reprodução das hipóteses do modelo)

DESAFIO DE QUALQUER TÉCNICA

- SIMPLICIDADE DO MODELO

X

- *MAIOR A DIFICULDADE EXPERIMENTAL*

DISPOSITIVO DE PLACA QUENTE COMPENSADA

MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Aplicação

- Materiais sólidos
- Não condutores
- Planos
- Normas
- ASTM C177
- ISO 8302
-
- K < 16.00 W/mK

Amostras

- **Dimensões 30 x 30 x 5 cm**

Equação de Fourier

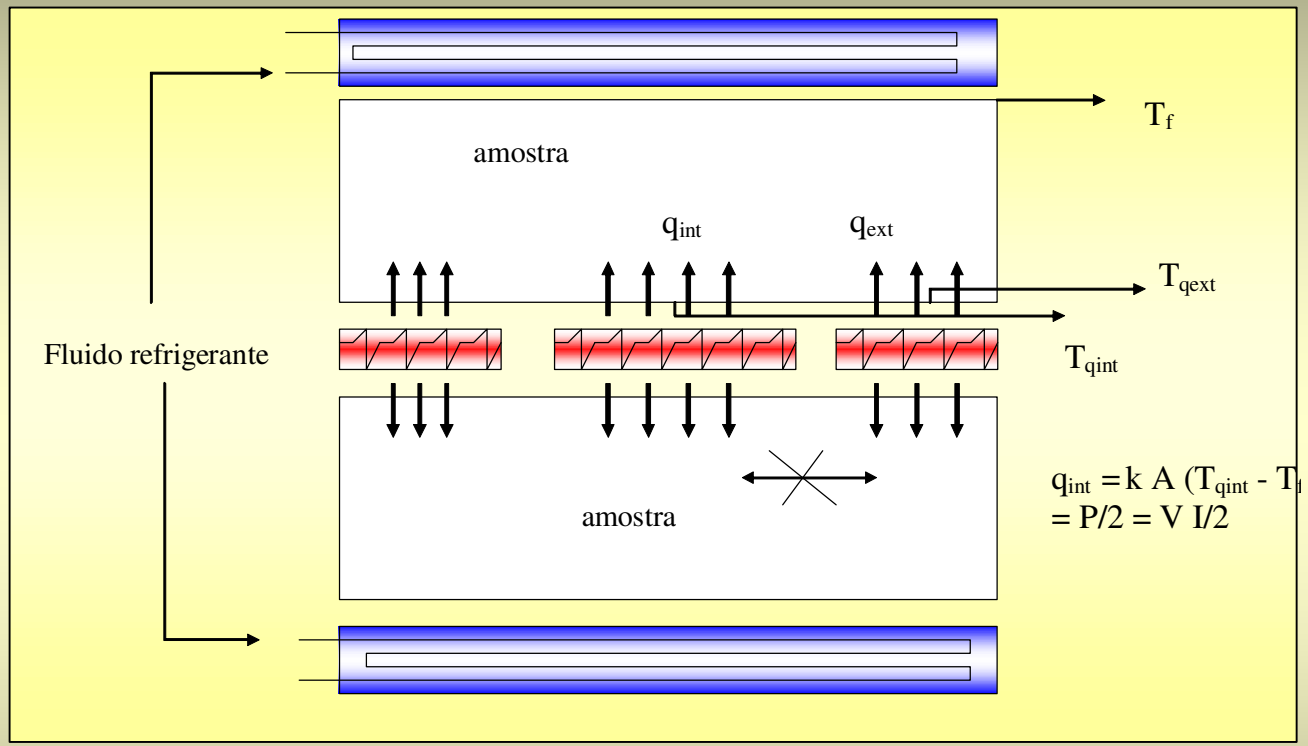
Regime Permanente

Experimento deve reproduzir a Eq. de Fourier

$$q = -k \; A \frac{\Delta T}{\Delta x} = k \; A \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$k = \frac{L \; q}{T_1 - T_2} \frac{1}{A}$$

Dispositivo de Placa quente compensada esquema

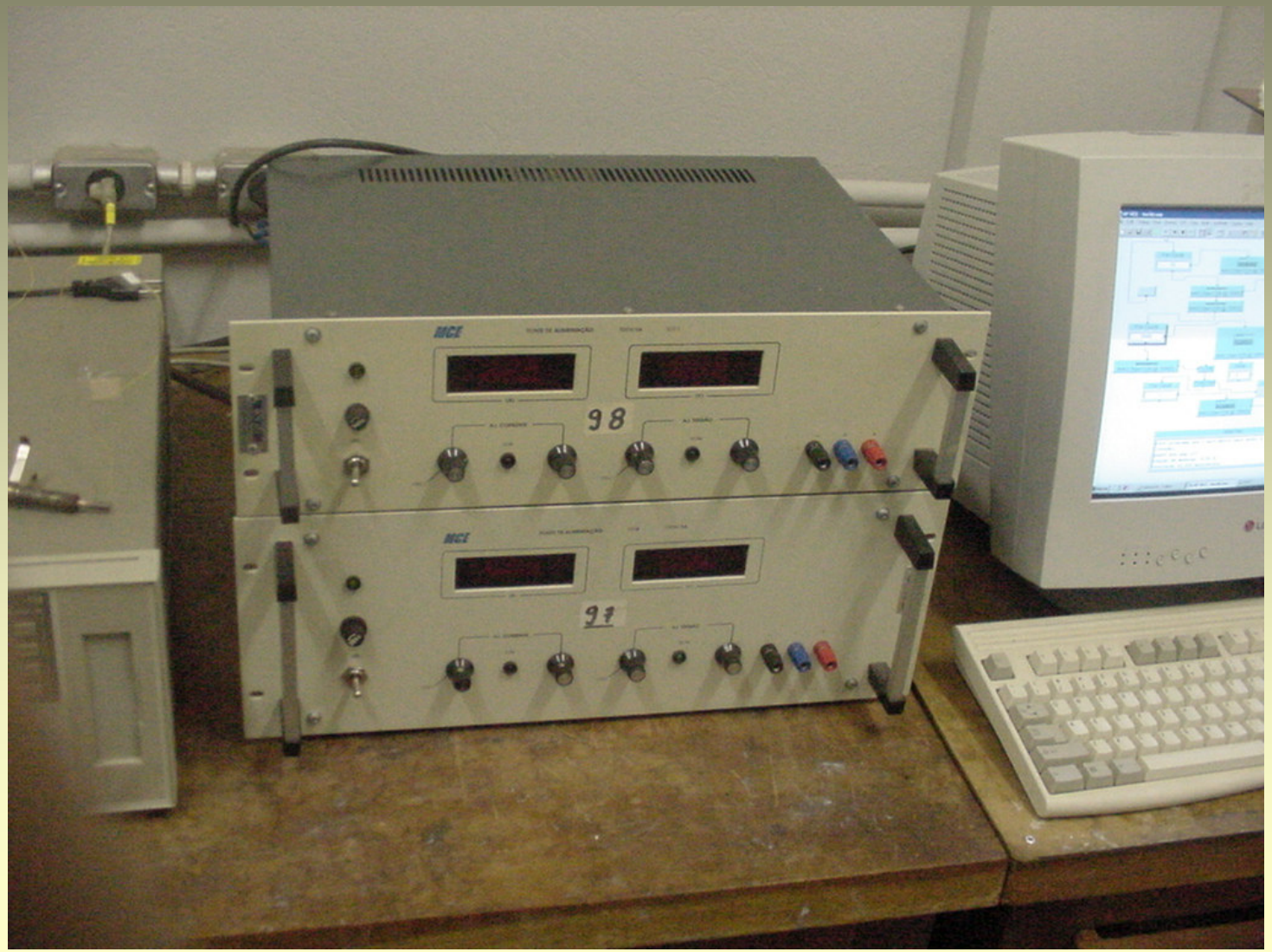


Composição:
Nucleo, anel externo, serpentina, termopares

Regime Permanente

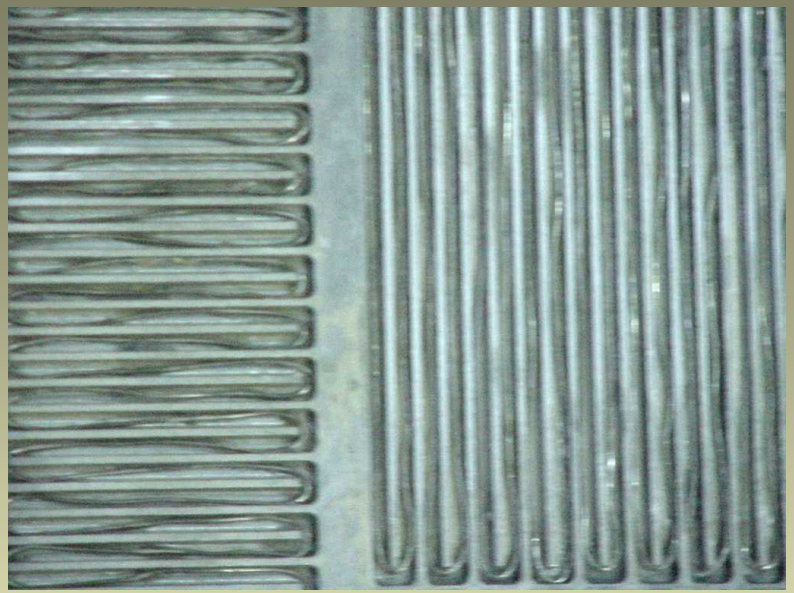
$$k = \frac{L \quad (V.\ I/2)}{T_1 - T_2} \quad \frac{1}{A}$$

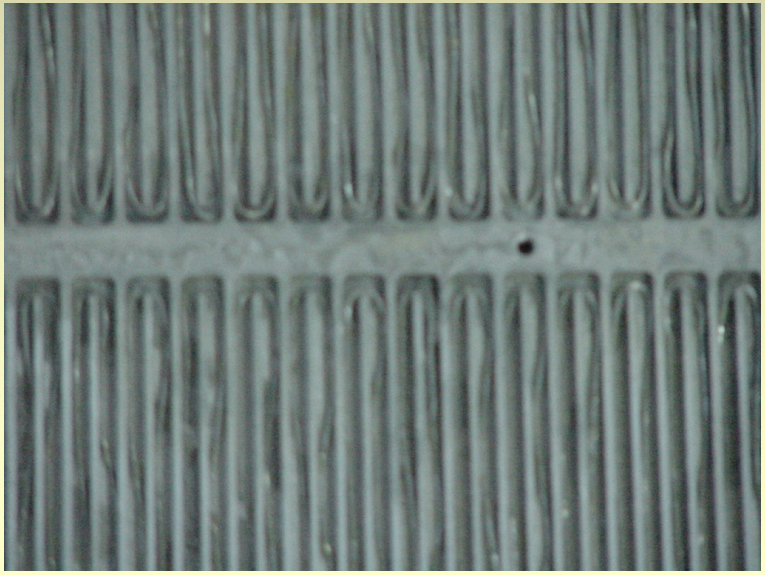
Fontes de alimentação

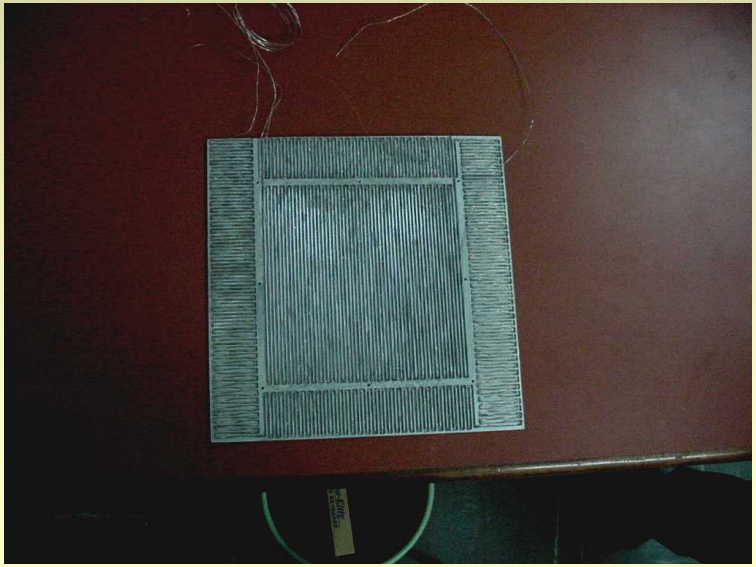


Banho termostático

Elemento aquecedor resistivo







DIFICULDADES X VANTAGENS

REGIME PERMANENTE
TEMPO LONGO

AMOSTRAS GRANDES

SUPERFÍCIES PLANAS

SOMENTE A CONDUTIVIDADE TÉRMICA

MÉTODO NORMALIZADO

CONFIANÇA

ACEITO

MÉTODO ABSOLUTO

TECNICA DO FIO QUENTE

MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA

E TAMBÉM DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA

CONCEPÇÃO

REGIME TRANSIENTE

Inserção de um elemento filiforme (sonda) no centro axial do meio

Sonda tem a função de dissipar calor (efeito Joule)

e medir a temperatura no interior da amostra atuando como um termômetro de resistência

Termopares podem ser adicionados

Fio quente padrão: norma DIN 51046
k até 2 W/mK
Fio quente paralelo: norma DIN 51046
k até 25 W/mK.

MODELO TÉRMICO

Equaçao da difusão de calor para uma fonte em forma de linha imersa num meio suposto infinito

$$\Delta T = T - T_0 = \frac{q}{4\pi k} \ln \frac{4\alpha t}{r^2 C}$$

$$\frac{r^2}{4\alpha t} << 1 \qquad C = \exp(\gamma) \quad \gamma = 0.57721...$$

A equação mostra que a temperatura próximo ao fio quente é proporcional ao logaritmo do tempo, e a condutividade térmica do meio está contida na constante de proporcionalidade.

MODELO TÉRMICO

Ou seja, condutividade térmica k pode ser calculada a partir do coeficiente angular da reta temperatura versus logaritmo do tempo.

$$\Delta T = K_1 \ \ln\left(K_2 \ t\right)$$

$$k = \frac{q}{\Delta T \ \ 4 \ \pi} \ \ln \frac{4 \ \alpha \ t}{r^2 \ \ C}$$

Condutividade térmica

$$\Delta T = T - T_0 = \frac{q}{4\pi k} \ln \frac{4\alpha t}{r^2 C}$$

mas

$$\frac{d(\Delta T)}{d(\ln(t))} = \frac{q}{4\pi k}$$

logo

$$k = \frac{q}{4\pi \dfrac{d(\Delta T)}{d(\ln(t))}} = \frac{q}{4\pi A}$$

A é a inclinaçao da reta

Difusividade térmica

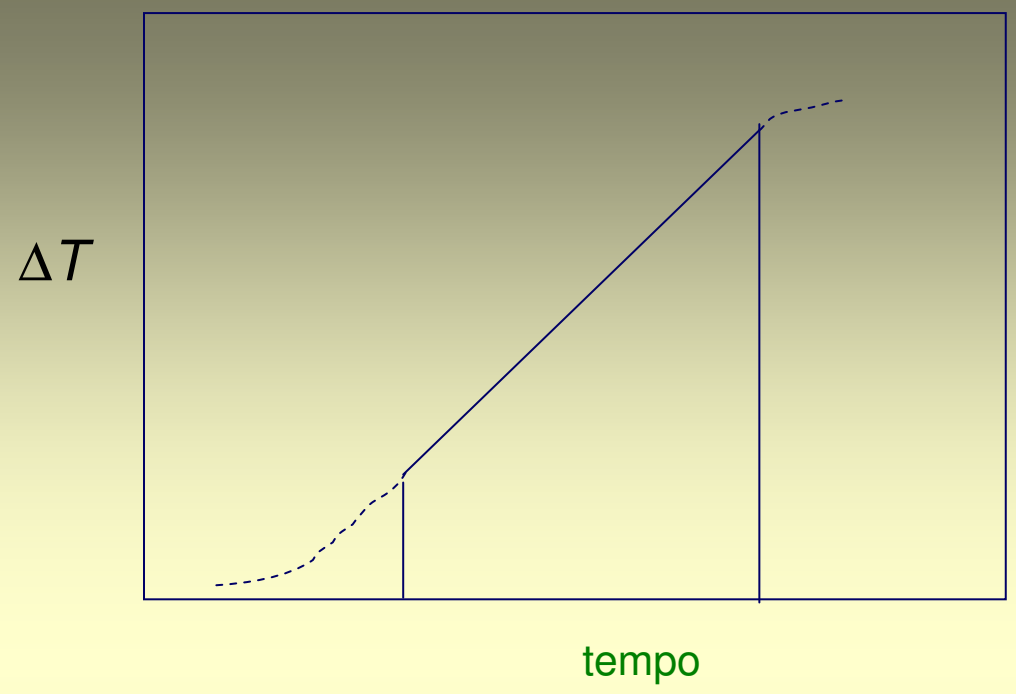
$$\Delta T = T - T_0 = \frac{q}{4\,\pi\,k}\ \ln\frac{4\,\alpha\,t}{r^2\,C} \qquad (*)$$

Substituindo k em (*)

$$\alpha = \frac{C\,r^2}{4\,t}\exp\left(\frac{\Delta T\ d(\ln(t))}{d(\Delta T)}\right) = \frac{C\,r^2}{4}\ \exp(B/A)$$

A é a inclinaçao da reta
e B é interceptação da ordenada > ΔT

Portanto,
k e α calculados
a partir do
coef. angular e
da interceptaçao
da reta de ajuste



Porém:

i) O fio quente (não é imaterial) (capacidade térmica e resistência de contato entre o fio e a amostra);

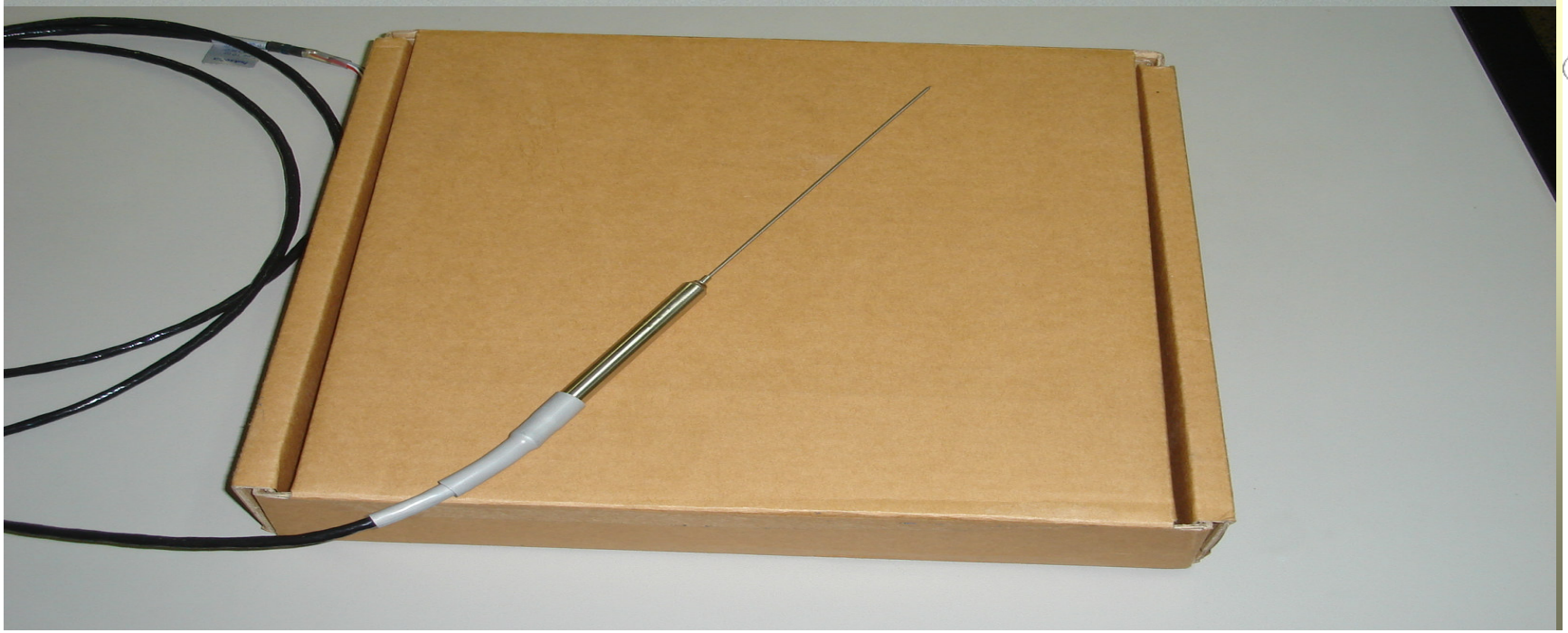
ii) A amostra também não é infinita;

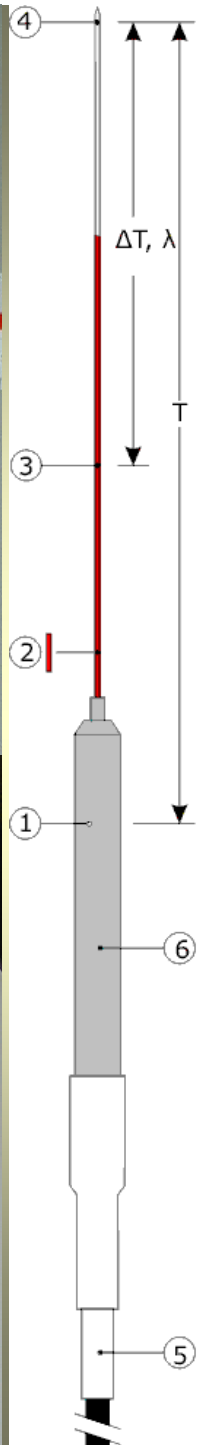
iii) Existe um tempo mínimo e máximo onde o comportamento é linear em funçao do tempo.

iv) Resistência de contato (metais)

SONDAS Cedidas por: Nicolau H.Thomson and Helcio R. B. Orlande

Federal University of Rio de Janeiro, UFRJ





COMENTÁRIOS FINAIS

BUSCA DE UMA TÉCNICA IDEAL:

BAIXAS FONTES DE ERRO

SIMPLICIDADE EXPERIMENTAL

POTENCIAL DE APLICAÇÃO:
TIPOS/TAMANHOS/FORMAS DAS AMOSTRAS

CONFIANÇA NOS RESULTADOS