

Introdução às Medidas em Física

4300152

Elisabeth Mateus Yoshimura

emateus@if.usp.br

Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl 108

Conceitos Básicos

Lei Zero da Termodinâmica

- Dois corpos inicialmente a temperaturas diferentes, quando colocados em contato por um tempo suficiente chegam a um estado final em que a temperatura de ambos se iguala. Esse estado é chamado de equilíbrio térmico

Se um dos corpos é um reservatório térmico, o corpo inicialmente mais quente que o reservatório perde calor para ele até que sua temperatura iguale à do reservatório

Lei de Resfriamento Newton

- Hipóteses:

- A taxa de troca de calor entre um corpo e o ambiente (reservatório a T_R constante) é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente.

$$\frac{dQ}{dt} = cte \times (T - T_R)$$

- Como variações de calor são proporcionais à variação da temperatura ($Q=C \Delta T$), também é esperado que a variação de temperatura seja proporcional à diferença de temperatura:

$$\frac{d(T - T_R)}{dt} = \frac{d\Delta T}{dt} = -\frac{1}{\tau} (T - T_R)$$

a constante τ é positiva e tem unidade de tempo, e depende de formato e material do corpo.

Lei de Resfriamento Newton

- Conseqüências:

- Espera-se que a temperatura caia exponencialmente no tempo.

$$\Delta T = (T - T_R) = \Delta T_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ΔT_0 é a diferença inicial de temperatura entre o líquido e o ambiente.

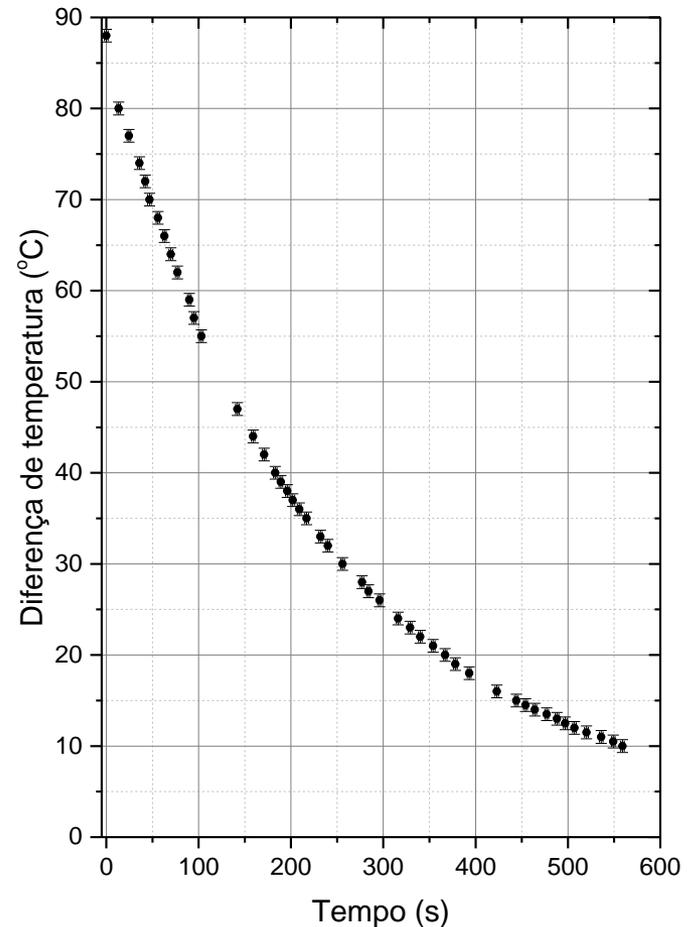
- Propriedades de exponenciais decrescentes com tempo: o tempo necessário para diminuir de uma certa fração é fixo; o instante inicial não importa; derivada da exponencial é exponencial.
- Vamos tentar obter essa lei de forma empírica
 - Ajuste dos dados experimentais
 - Variação da temperatura em função do tempo

Análise de Dados

Como analisar uma dependência que claramente não é linear?

A curva traçada pelos pontos experimentais não é uma reta?

Qual é essa função?

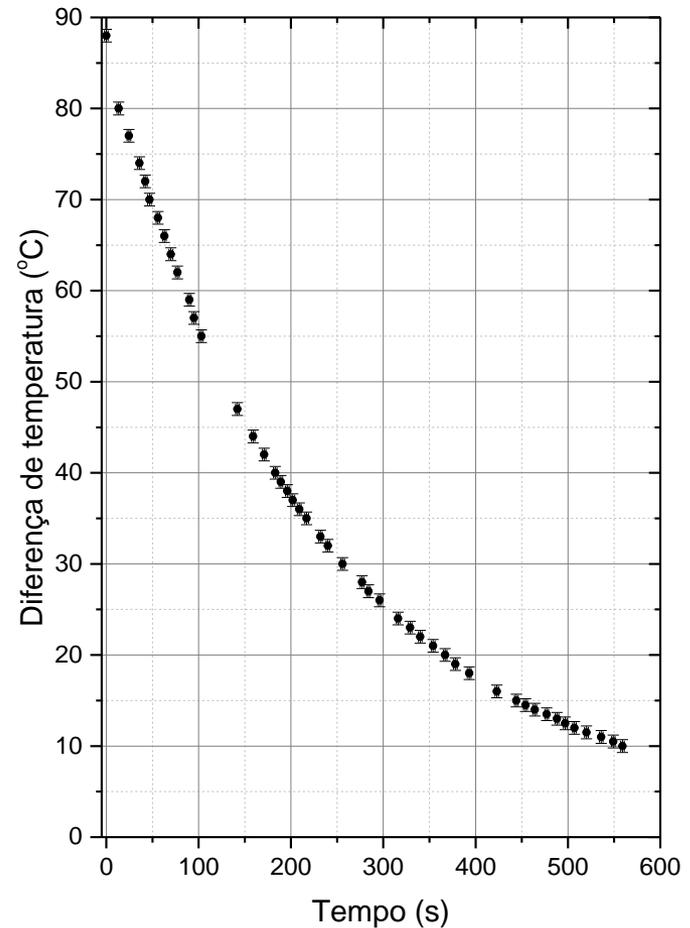


Análise de Dados

Modelo da Lei de
Esfriamento:

$$\Delta T = (T - T_R) = \Delta T_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Como testar?



Análise de Dados

Se $\Delta T = \Delta T_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ então

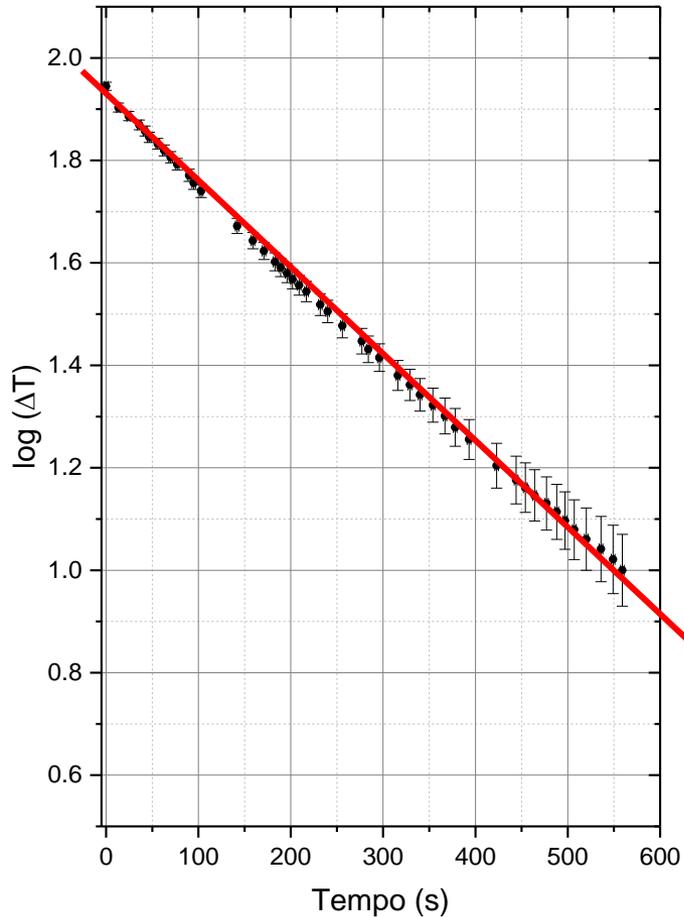
$$\log(\Delta T) = \log\left(\Delta T_0 e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \log(\Delta T_0) + \log\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \log(\Delta T_0) + \left(-\frac{t}{\tau}\right)\log(e)$$

Temos então uma função linear entre $\log(\Delta T)$ e o tempo (t), com os seguintes coeficientes:

$$\log(\Delta T) = \log(\Delta T_0) + \left(-\frac{t}{\tau}\right)\log(e)$$

$$Y = a + bt \text{ com : } Y \equiv \log(\Delta T), a \equiv \log(\Delta T_0), b \equiv \frac{-\log(e)}{\tau}$$

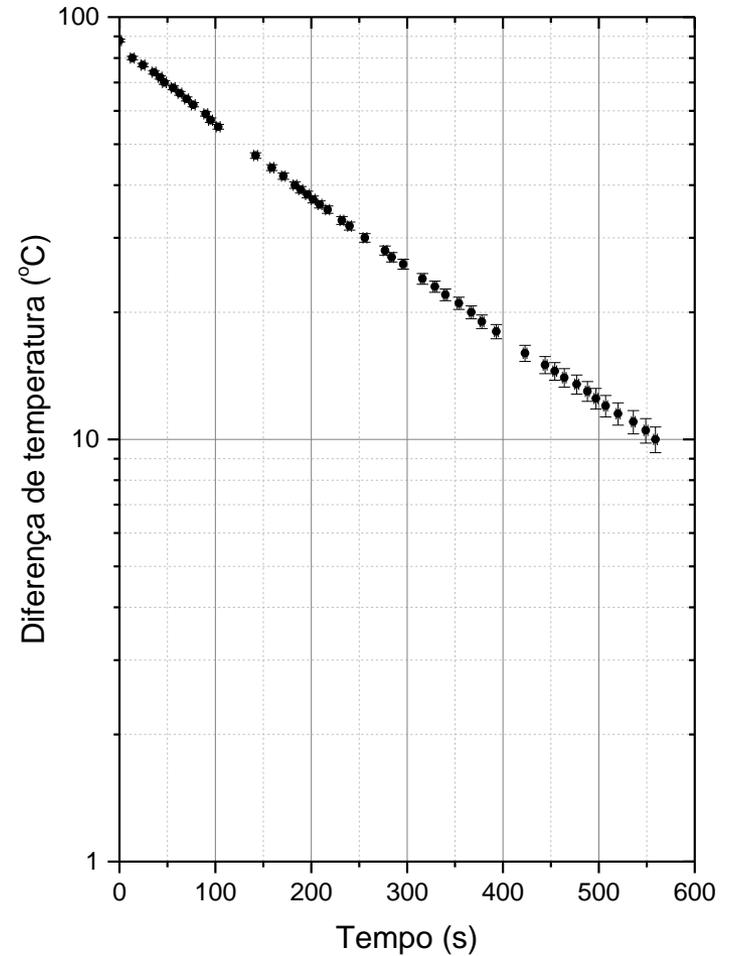
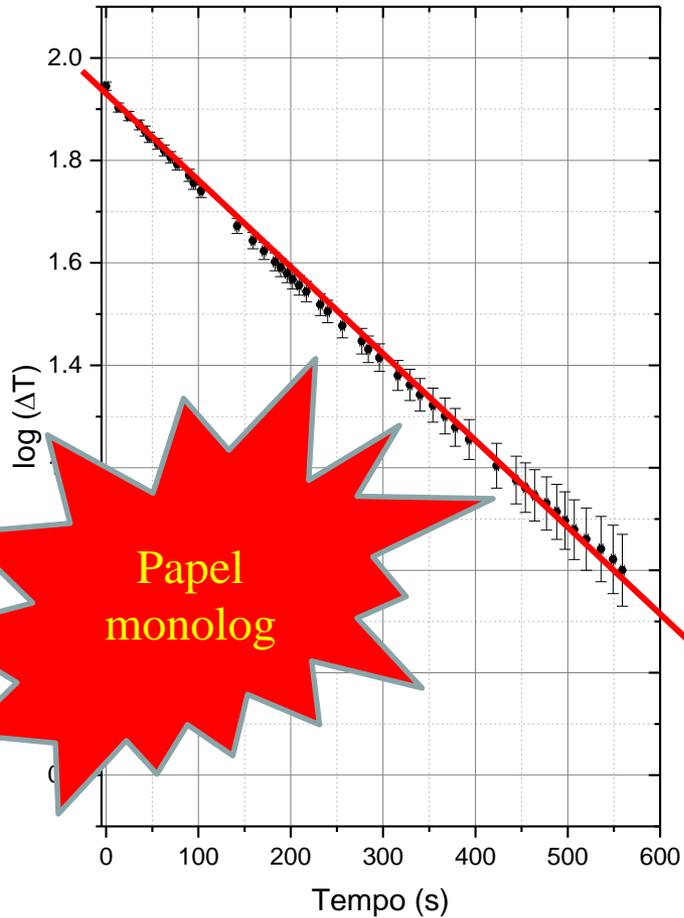
Análise de Dados

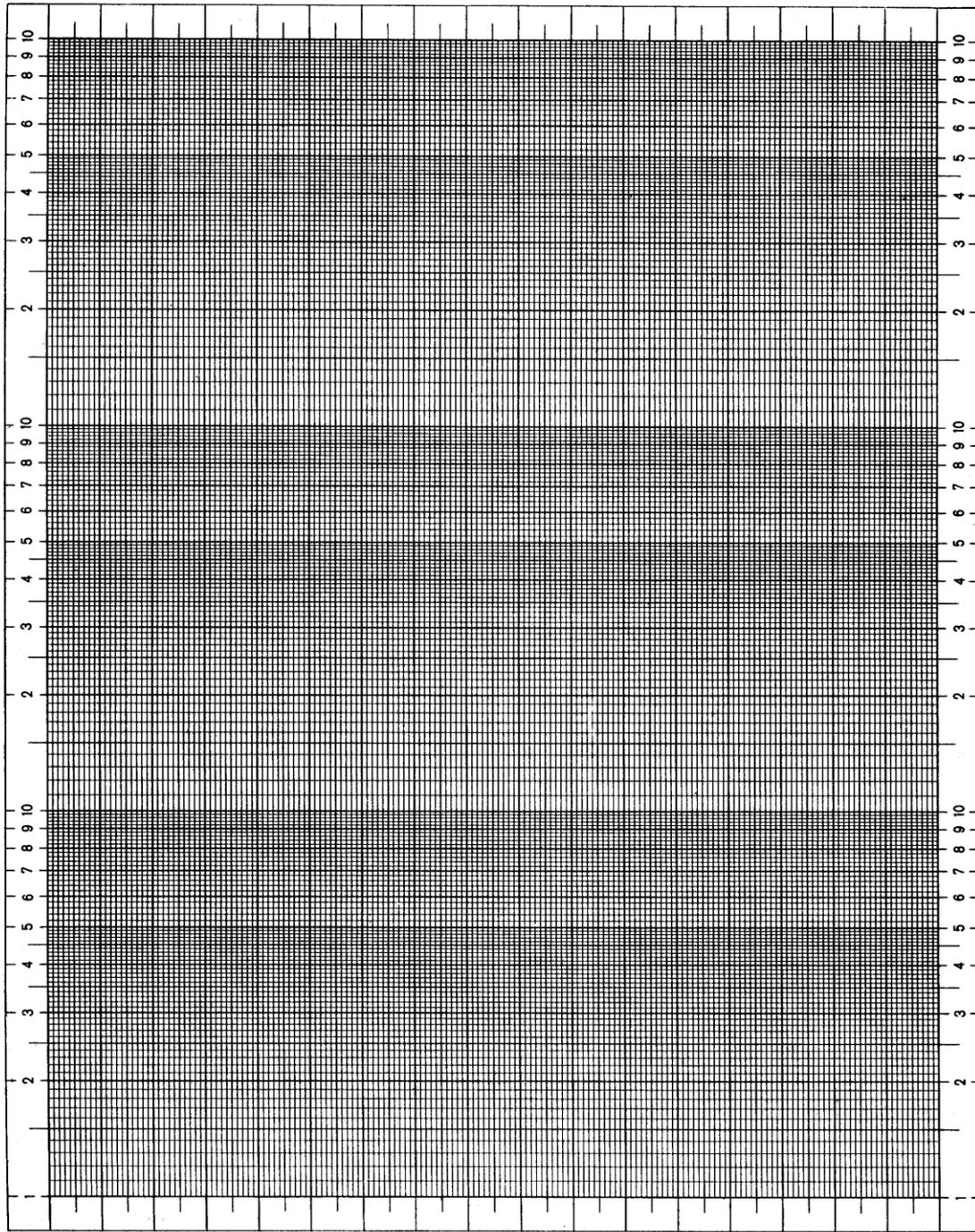


$$\log(\Delta T) = \log(\Delta T_0) + \left(-\frac{t}{\tau}\right) \log(e)$$

$$Y = a + bt \text{ com: } Y \equiv \log(\Delta T), a \equiv \log(\Delta T_0), b \equiv \frac{-\log(e)}{\tau}$$

Análise de Dados





Nr. 375 1/2 A4 P



Década

10 ou 100 ou 1000

1 ou 10 ou 100

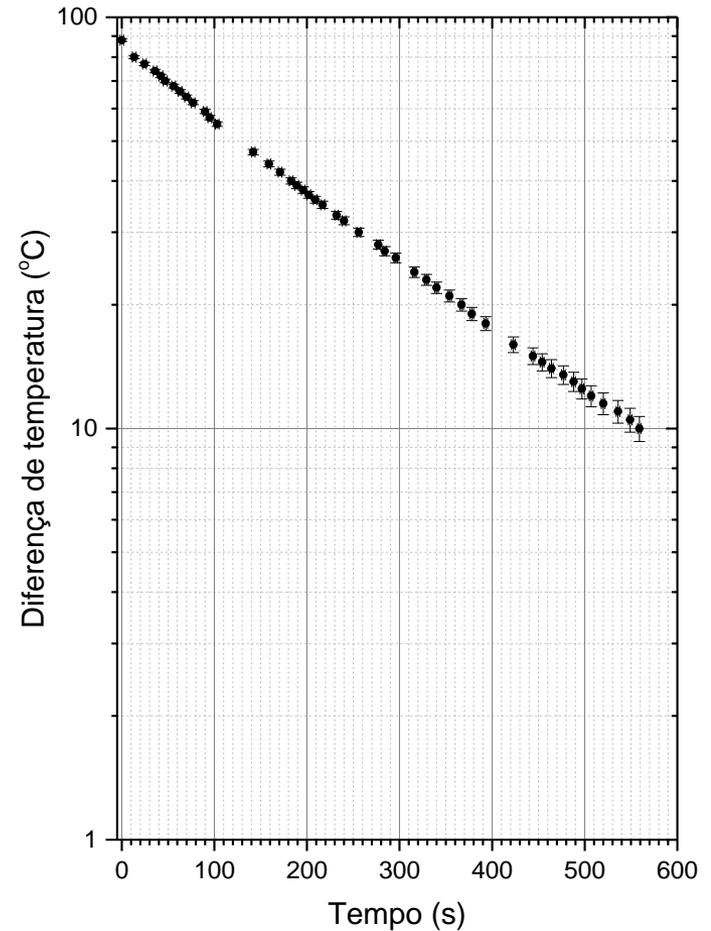
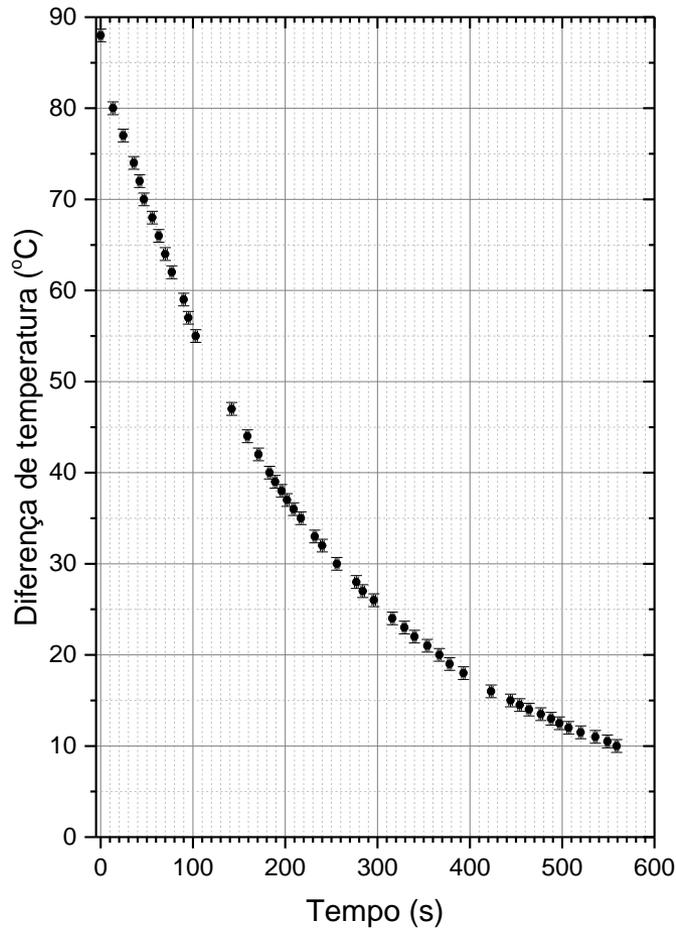
0,2 ou 2 ou 20

0,1 ou 1 ou 10

**ESCALA
(sempre múltipla de 10)**



Análise de dados com papel monolog



Análise de dados com papel monolog

$$\log(\Delta T) = \log(\Delta T_0) + \left(-\frac{t}{\tau}\right) \log(e)$$

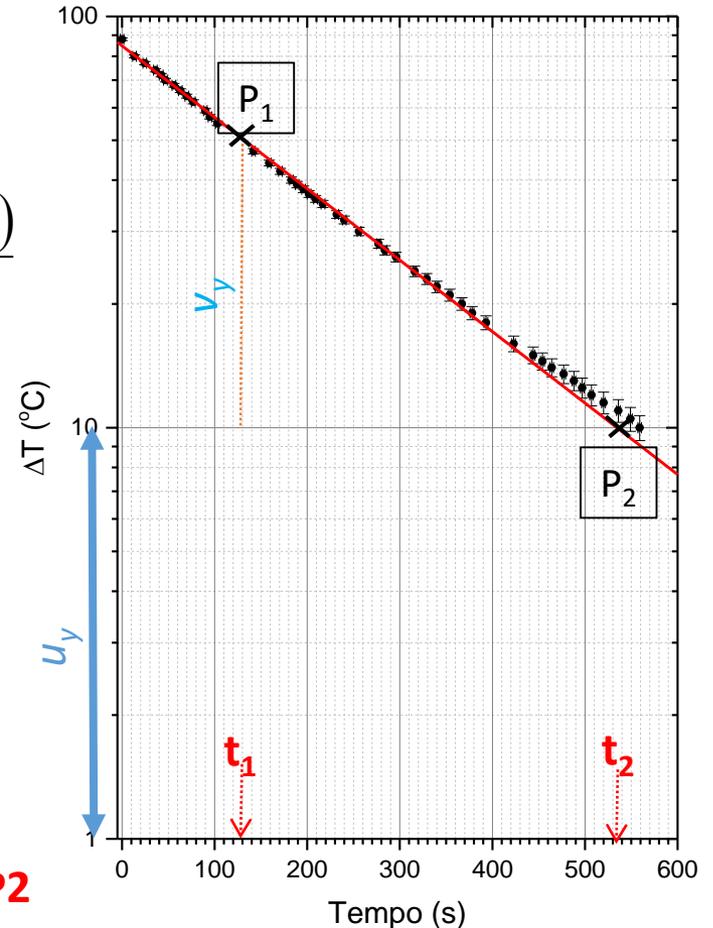
$$Y = a + bt \text{ com: } Y \equiv \log(\Delta T), a \equiv \log(\Delta T_0), b \equiv \frac{-\log(e)}{\tau}$$

Além disso:

- diferenças de logaritmos são obtidas com régua!

$$b' = \frac{\log(\Delta T(t_2)) - \log(\Delta T(t_1))}{t_2 - t_1} = \frac{v_y / u_y}{t_2 - t_1}$$

Para $\log(\Delta T)$ mede com régua (na vertical):
 u_y é a década (em mm) e v_y é a distância (mm) P1 – P2



Para t_1 e t_2 : ler as coordenadas

Análise de Dados

Gráfico de temperatura × tempo utilizando o papel monolog

Extrair os parâmetros ΔT_0 e τ de um ajuste de reta

Gráfico de temperatura × tempo utilizando o papel milimetrado

Apresentar valores esperados usando os parâmetros obtidos acima

Exercício – aula 12

Exercício: Diversos fenômenos em ciência possuem comportamento temporal exponencial, seja crescente ou decrescente no tempo: o aumento populacional de grupos de animais sem predadores; o decréscimo da quantidade de bactérias em função do tempo de ação de um agente bactericida; a queda na quantidade de átomos radioativos em uma amostra etc.

A expressão matemática para esses fenômenos pode ser resumida assim: $y = A e^{\pm \lambda t}$, sendo o sinal negativo para os processos decrescentes e o positivo para processos crescentes no tempo. A constante A representa o valor inicial da variável y , e o parâmetro λ , com unidades de inverso de tempo, determina a rapidez com que a queda ou aumento do processo ocorrem. Uma das formas de obter a constante de tempo é fazendo a linearização:

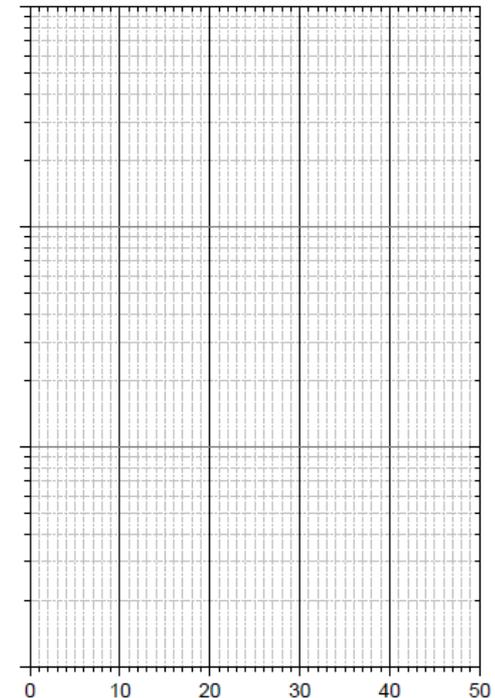
$$\log y = \log A \pm (\lambda \log e)t$$

Onde se observa uma variação linear do $\log y$ com o tempo t , com coeficiente angular $(\lambda \log e)$. A linearização pode ser feita usando um papel monolog, em que a escala vertical é logarítmica, mas a horizontal é linear.

Para o conjunto de dados da Tabela, coloque os pontos no papel monolog e determine as constantes A e λ , através de um ajuste linear ao conjunto de dados.

Tabela:

t (s)	y	σy
5	9,5	0,7
15	2,4	0,2
25	0,65	0,05
45	0,031	0,002



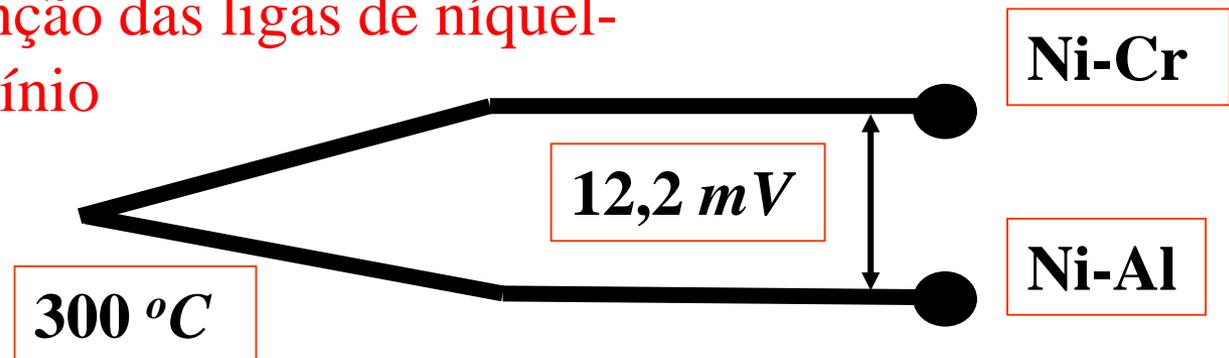
Medida de temperatura

- A temperatura de um sistema é medida através do registro de uma grandeza (fenômeno físico) cuja dependência com a temperatura é conhecida
- O tipo de termômetro mais comum é o de coluna de mercúrio (ou de álcool). O fenômeno físico usado neste caso é o da dilatação volumétrica de líquidos quando estes são aquecidos
- A coluna do líquido é acoplada a uma escala graduada e calibrada

Medida de temperatura: Termopar

- Termopar é um termômetro cujo princípio é o fato de a eletronegatividade de metais depender da temperatura, de forma diferente para cada metal.
- Assim, se as pontas da junção de dois metais diferentes estiver em temperaturas distintas há a produção de uma diferença de potencial, que é mensurável e se relaciona com a temperatura

Um dos tipos de termopar mais populares é do tipo K, composto pela junção das ligas de níquel-cromo e níquel-alumínio



Experimento

- Vamos estudar o resfriamento da glicerina

**Material: Tubo de ensaio com glicerina +
2 termopares acoplados a multímetro específico**

- Procedimento:

**Aquecer o tubo de ensaio com glicerina e
termopar cuidadosamente**

**Colocá-lo para esfriar dentro de um cilindro no
qual há um fluxo de ar constante**

**Medir diretamente diferença de temperatura em
função do tempo**

Experimento (Medidas)

- Posicionar os dois termopares: um ao lado do cilindro e outro dentro tubo (aproximadamente na metade da coluna de glicerina)

Antes de iniciar o aquecimento, medir a altura da glicerina no tubo de ensaio e coloca o termopar na metade desse valor

- Aquecer o tubo de ensaio até que $(T_{\text{glic}} - T_{\text{R}}) \sim 95^{\circ}\text{C}$
- Inserir o tubo de ensaio no cilindro com fluxo de ar

Evite encostar o tubo nas paredes e fundo do cilindro

Experimento (Medidas)

- Medir a diferença de temperatura ($\Delta T = T_{\text{glic}} - T_{\text{R}}$) para vários instantes de tempo. Por exemplo:

Dispare o cronômetro quando ΔT chegar a 90°C

Anote o valor de tempo: de 5 em 5°C até 40°C

de 2 em 2°C até 20°C

de 1 em 1°C até 10°C



Trabalho
em equipe

$T(^{\circ}\text{C})$	$t(\text{s})$
90	0
...	...

Relatórios

- **Resumo**
 - **Propostas + métodos + resultados**
- **Introdução**
 - Justificativa e Objetivos (Proposta), Base teórica
- Procedimento/Arranjo experimental - descrição simplificada
- Resultados e análise de dados – completa (diretos/indiretos)
 - Tabelas, gráficos, incertezas com justificativas
- **Discussão dos dados**
 - Comparações entre métodos ou valores teóricos,
 - Críticas: método, resultados, incertezas
- **Conclusão**
 - **Resposta à proposta apresentada**