

Introdução às Medidas em Física

11ª Aula

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide>

Alexandre Suaide

Ed. Oscar Sala

sala 246

ramal 7072

Resfriamento de um Líquido

- Objetivos:
 - Medidas de temperatura:
 - Estudar o resfriamento de um líquido aquecido colocado em temperatura ambiente;
 - Medidas de temperatura;
 - Análise de dados:
 - Análise gráfica – escala logarítmica;
 - Fórmulas empíricas;

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.
- Portanto, um objeto mais quente que a temperatura ambiente, irá perder calor para o ambiente até igualar sua temperatura com o mesmo.

Medida de temperatura

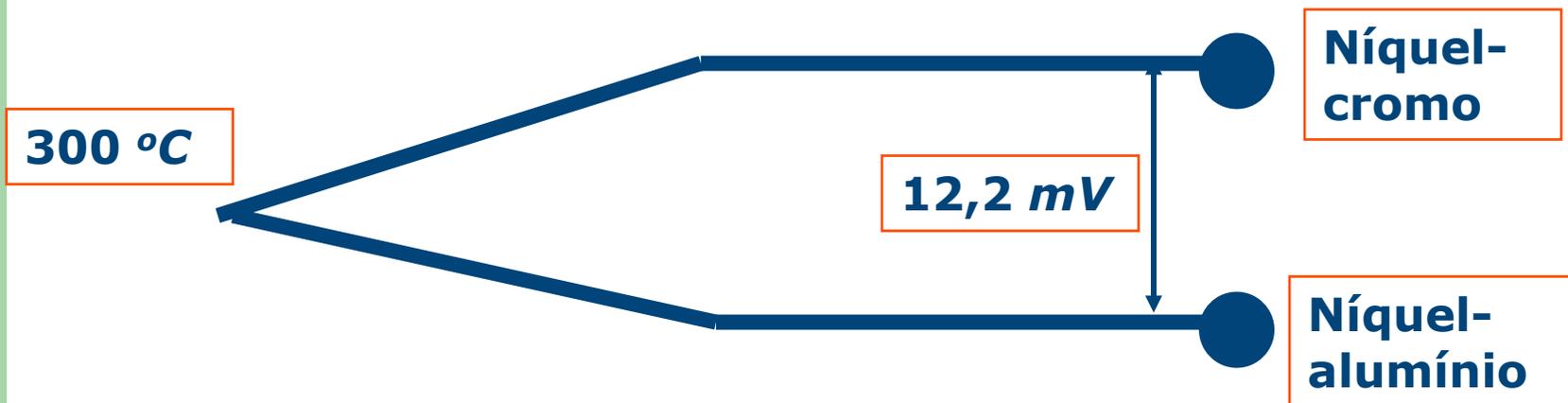
- A temperatura de um sistema é medida através de fenômenos físicos cuja dependência com a temperatura é conhecida.
- O tipo de termômetro mais comum é o de coluna de mercúrio. O fenômeno físico usado neste caso é o da dilatação volumétrica de líquidos quando estes são aquecidos.

Termopar

- Termopar é um tipo de termômetro bastante popular;
- Seu princípio de funcionamento baseia-se em um efeito descoberto em 1822 por um médico da Estônia chamado Thomas Seebeck;
- Esse efeito corresponde à produção de uma diferença de potencial na junção entre dois metais, cujo valor depende da temperatura na junção.

Termopar

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



Lei de Resfriamento

- Objetivo do experimento:
 - Ao aquecermos uma substância a uma certa temperatura, como se dará o seu resfriamento até a temperatura se igualar à temperatura ambiente?
 - A temperatura diminui linearmente com o tempo? Ou a diminuição da temperatura é descrita por outra função matemática?

Lei de Resfriamento

- Objetivo do experimento:
 - Na ausência de um modelo, iremos estabelecer uma função matemática que descreve esse fenômeno de maneira empírica, isto é, com a ajuda dos dados.
 - Naturalmente, precisamos usar hipóteses físicas também...

Determinação de um modelo empírico para resfriamento de um corpo

- Arranjo experimental
 - Tubo de glicerina no qual inserimos um termopar
 - Tubo é colocado em um cilindro com fluxo de ar constante. Isso mantém a temperatura ambiente constante ao redor do tubo
- Procedimento:
 - Medir a temperatura do cilindro de ar (sem o tubo) (5 vezes em intervalos de tempo de 1 min)
 - Aquecer o tubo até aproximadamente 110°C
 - Inserir o tubo no cilindro.
 - Iniciar cronômetro quando a temperatura atingir 90°C
 - Medir o tempo para variações de 5°C até atingir uma temperatura aproximadamente 5°C maior que a do cilindro.

Atividades

- Tomada de dados da experiência
 - Não esquecer de medir a temperatura do cilindro (5 vezes em intervalos de 1 min)
 - Não aquecer a glicerina acima de 110°C
- Qual a incerteza na temperatura? Consultar manual do termômetro
- Qual a incerteza em tempo?
 - Quanto tempo o experimentador leva para perceber o valor de tempo no cronômetro?
 - Como isso se compara ao tempo de resposta do experimentador?
 - Qual fator é mais importante? Qual a incerteza no tempo?

Modelo empírico

- Muitas leis de decaimento em Física possuem comportamento exponencial. Podemos utilizar o nosso conhecimento pré-estabelecido e aplicar essa mesma fenomenologia para o esfriamento da glicerina

$$\Delta T = T - T_{ambiente}$$

$$\Delta T = (T_{inicial} - T_{ambiente})e^{-\frac{t}{\tau}}$$

- Como testar essa hipótese
 - Teste gráfico
 - Papel mono-log
 - O papel mono-log é muito útil para fazer gráficos de funções exponenciais pois as mesmas são representadas como retas nesse tipo de papel

Papel mono-log

- O papel mono-log é bom para gráficos do tipo

$$y = Ae^{Bx}$$

- Aplicando log dos dois lados $\log y = \log(Ae^{Bx})$

$$\log y = \log(A) + \log(e^{Bx})$$

$$\log y = \log(A) + xB \log(e)$$

- Equação de reta

$$Y = C + Dx \quad \begin{cases} Y = \log y \\ C = \log A \\ D = B \log(e) \end{cases}$$

Década
(igualmente válido para o eixo X)

1

100

ESCALA (sempre múltipla de 10)

10

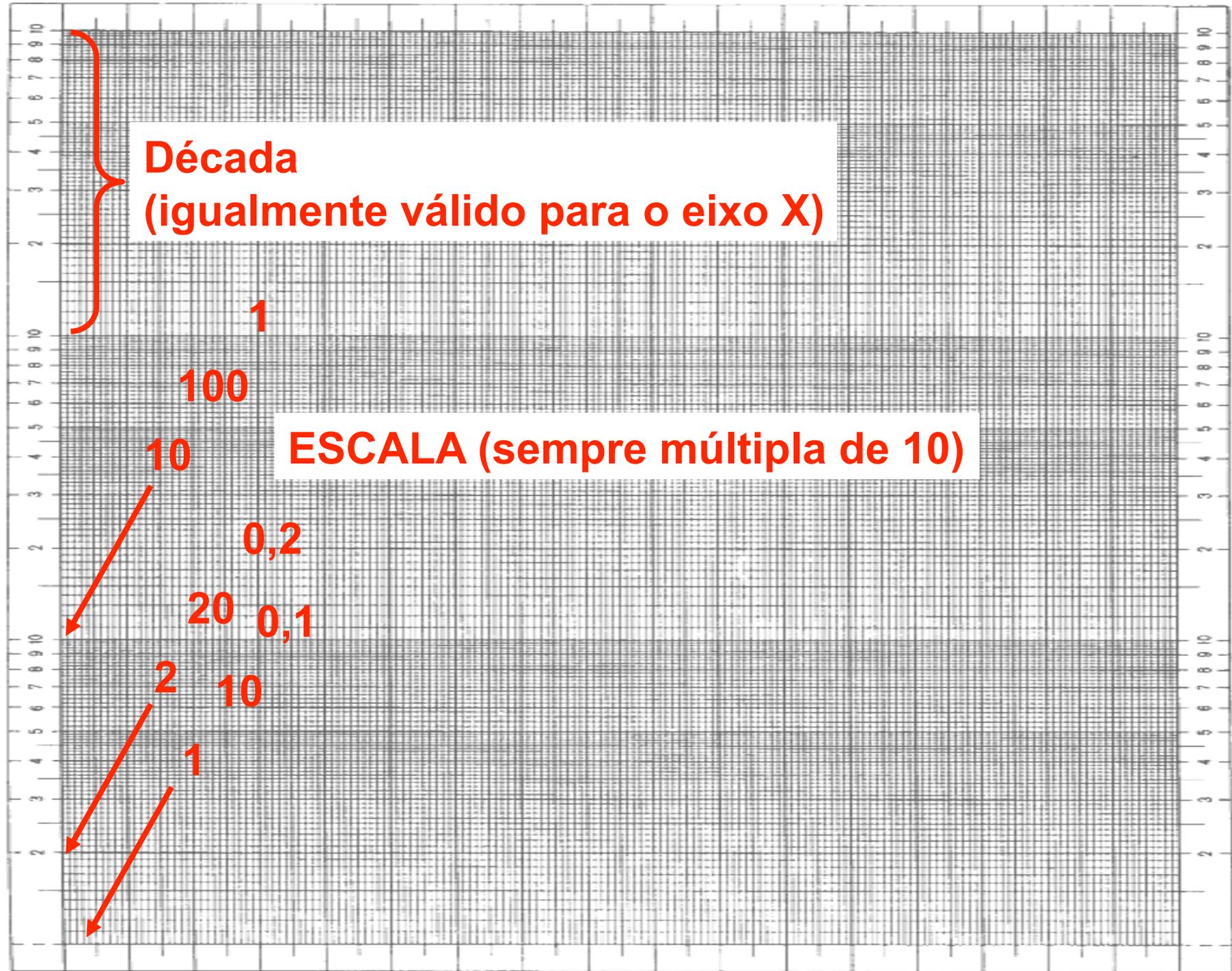
0,2

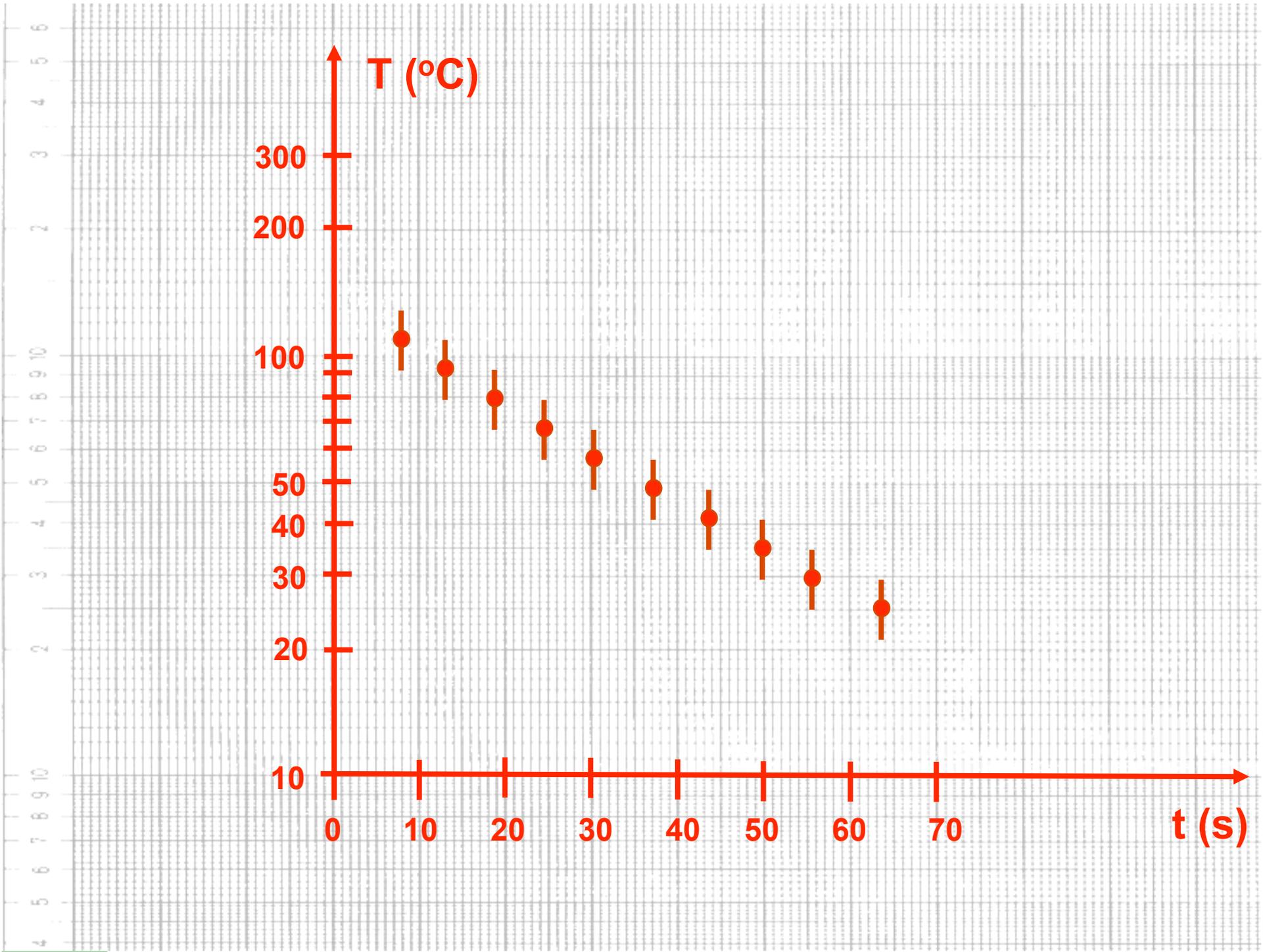
20 0,1

2

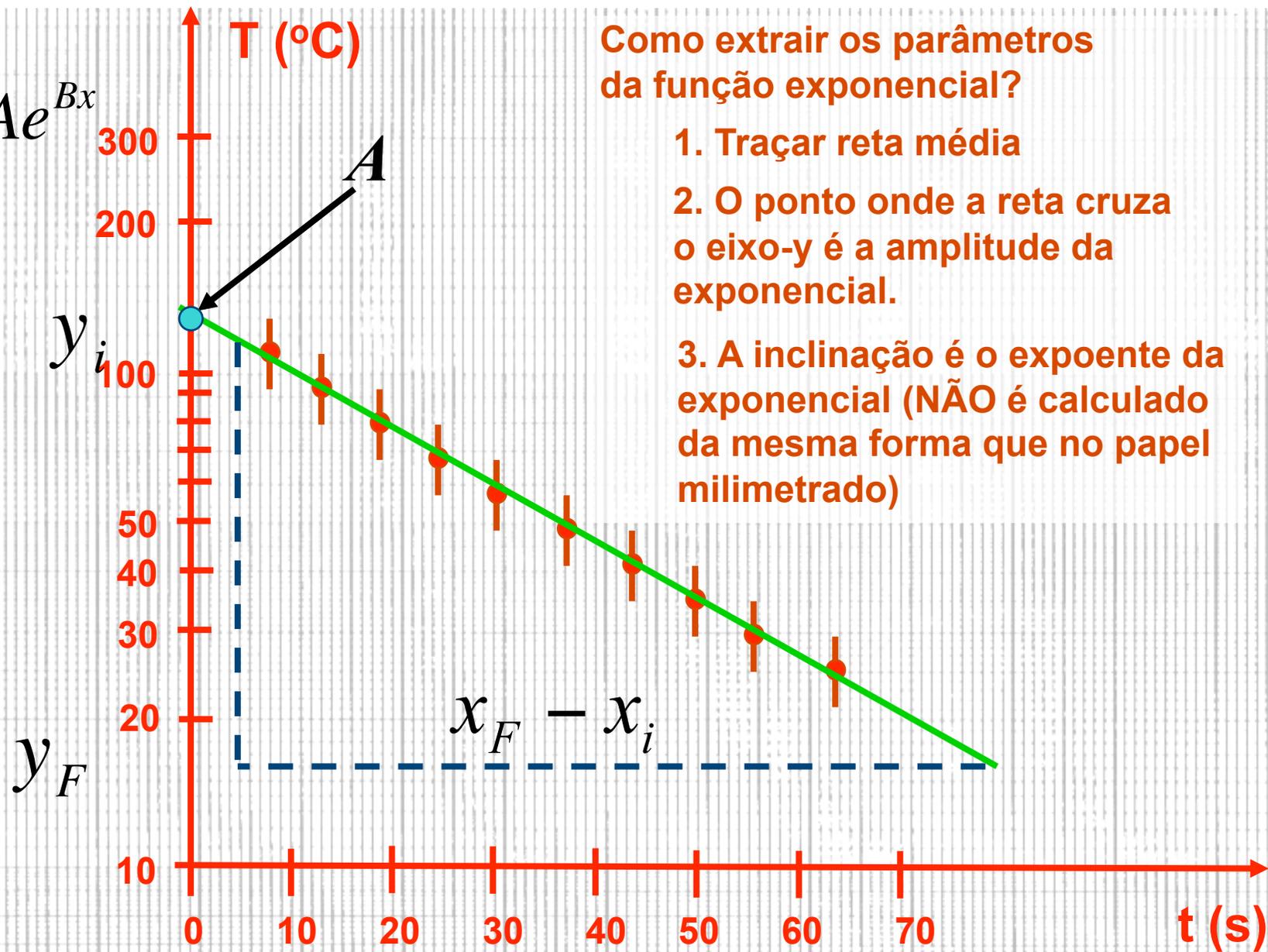
10

1





$$y = Ae^{Bx}$$

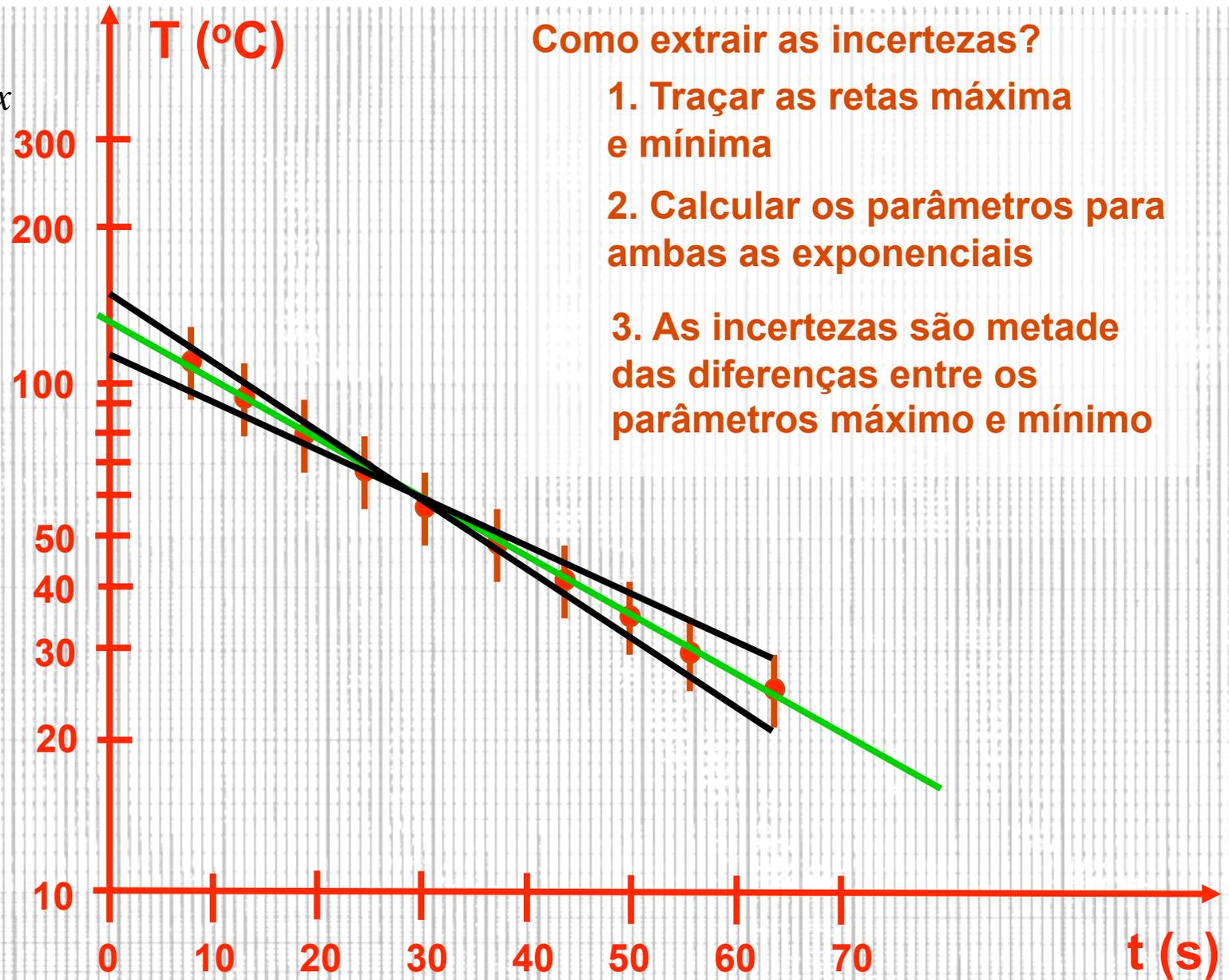


Como extrair os parâmetros da função exponencial?

1. Traçar reta média
2. O ponto onde a reta cruza o eixo-y é a amplitude da exponencial.
3. A inclinação é o expoente da exponencial (NÃO é calculado da mesma forma que no papel milimetrado)

$$B \log(e) = \frac{\log y_F - \log y_i}{x_F - x_i}$$

$$y = Ae^{Bx}$$



Como extrair as incertezas?

1. Traçar as retas máxima e mínima
2. Calcular os parâmetros para ambas as exponenciais
3. As incertezas são metade das diferenças entre os parâmetros máximo e mínimo

Análise gráfica dos resultados

- Fazer o gráfico de T como função do tempo em mono-log
 - $\Delta T = T - T_{\text{ambiente}}$
 - O gráfico obtido é uma reta?
 - Como descrever o comportamento esperado para a temperatura?

Atividades para relatório

- Finalizar os gráficos de temperatura como função do tempo
 - Milimetrado e mono-log
- Traçar as retas médias (mais de uma, quando necessário) e extrair os parâmetros da exponencial
 - Calcular o tempo característico de esfriamento da glicerina
 - Lembre-se que, comparando as expressões
 - $\tau = 1/B$
- Calcular as incertezas nos parâmetros das exponenciais.

$$\Delta T = (T_{inicial} - T_{ambiente}) e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$y = Ae^{Bx}$$

$$\begin{cases} A = T_{inicial} - T_{ambiente} \\ B = -\frac{1}{\tau} \end{cases}$$