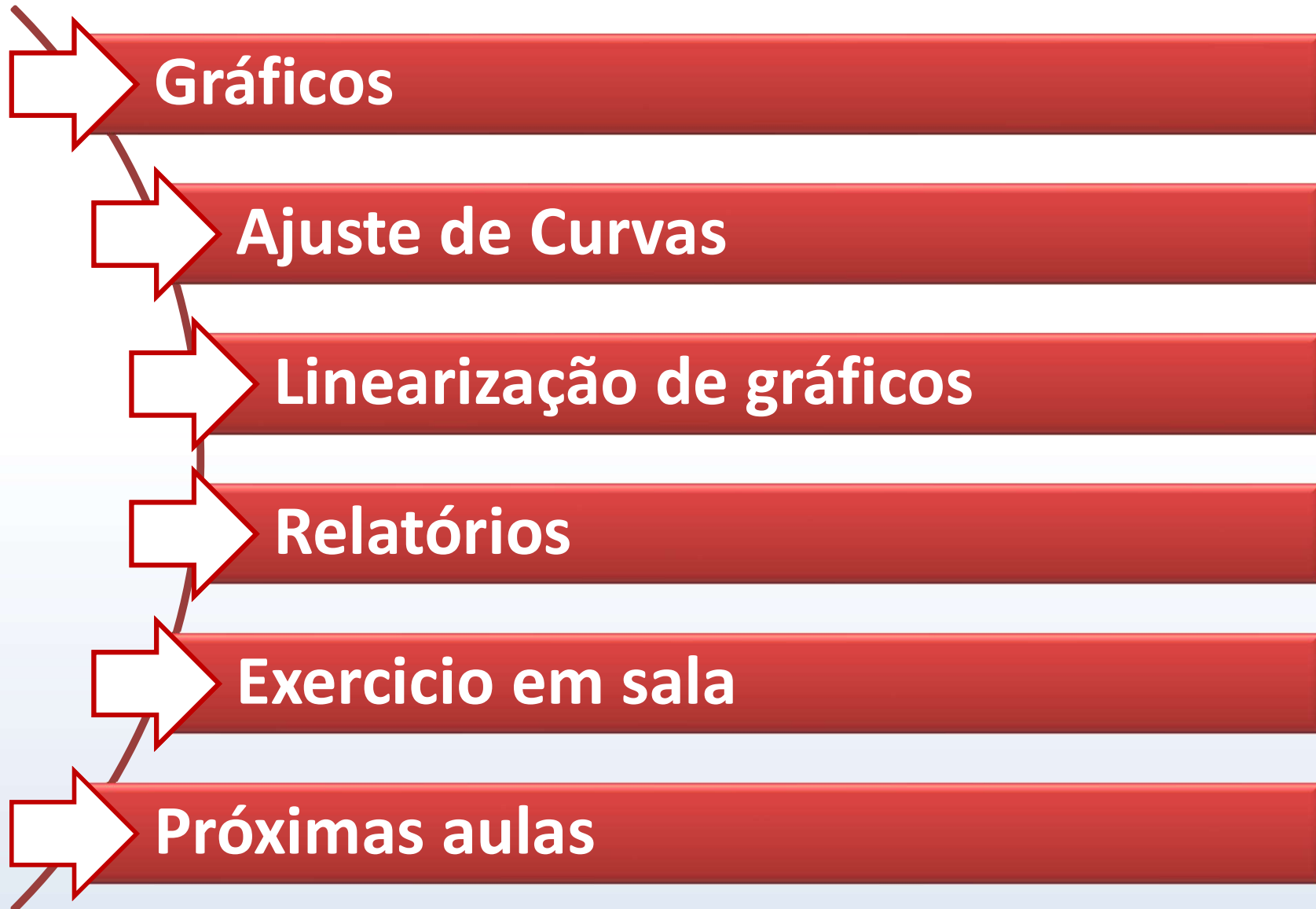


# **Física Experimental Básica: Termodinâmica**

## **Aula 2**

### **Metodologias**

# Conteúdo desta aula



# Gráficos

Fornecida uma tabela com dados de duas grandezas físicas que se relacionam, a construção de um gráfico nos auxilia a:

- Visualizar de forma direta e rápida a relação entre as grandezas.
- Interpretar o fenômeno físico.
- Obter informação quantitativa a partir da análise gráfica.

**Exemplo (Aula 1):** dados de tensão ( $V$ ) e corrente ( $I$ ) para aferição da resistência ( $R$ ) elétrica de um elemento resistivo ôhmico.

Tensão (V)	Corrente (A)
1,0	0,052
2,0	0,098
3,0	0,151
4,0	0,195
5,0	0,244

# Gráficos

Essas grandezas são relacionadas por

$$V = RI.$$

Vamos construir o gráfico  $V \times I$ , o que significa que os dados de  $V$  serão colocados na coluna Y (eixo  $y$ ) e os dados de  $I$  na coluna X (eixo  $x$ ) do programa gráfico.

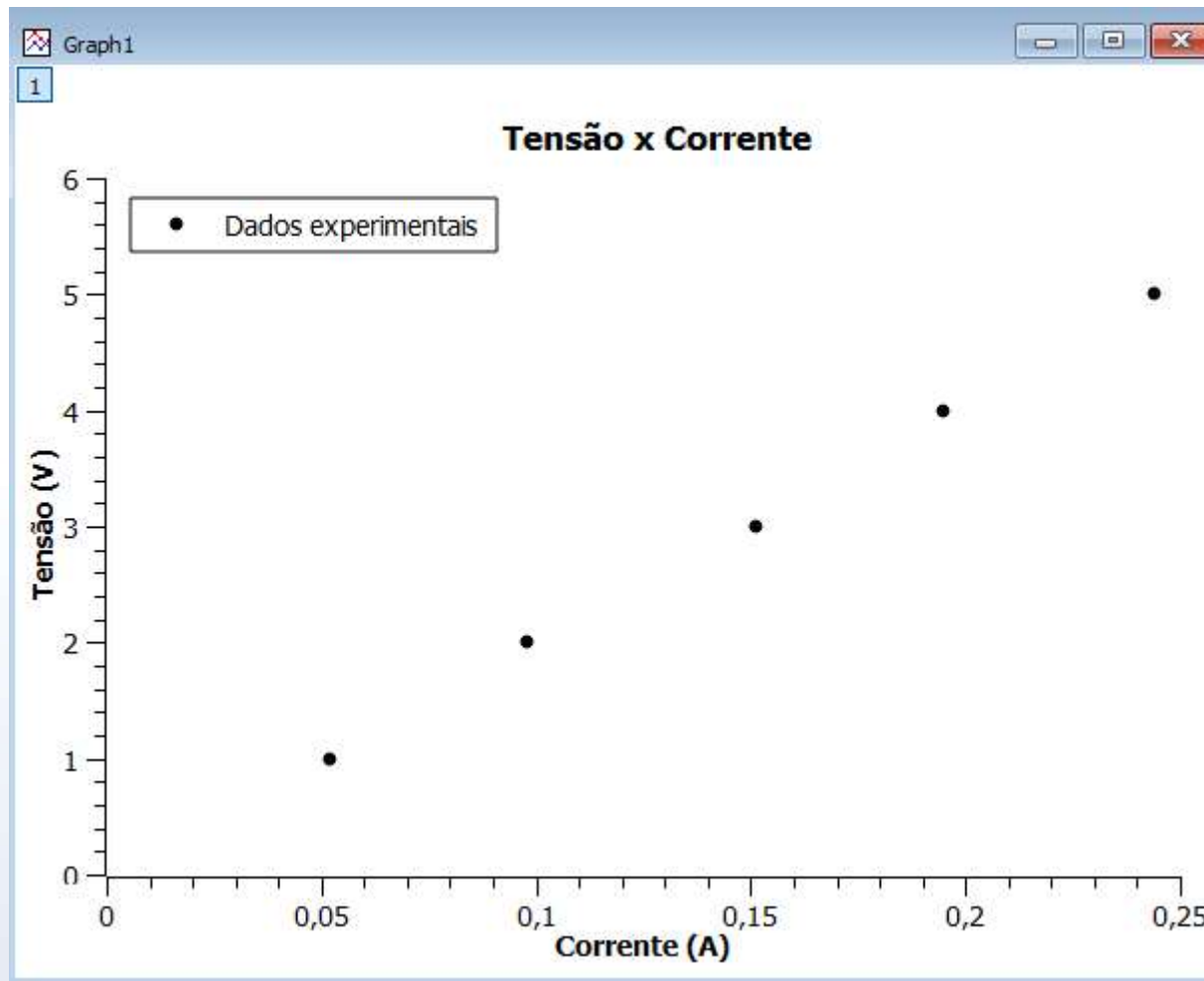
Tensão (V)	Corrente (A)
1,0	0,052
2,0	0,098
3,0	0,151
4,0	0,195
5,0	0,244

Atenção! Aqui estamos usando o SciDavis.

Table1		
	1[X]	2[Y]
1	0,052	1
2	0,098	2
3	0,151	3
4	0,195	4
5	0,244	5
6		
7		
8		
9		
10		

# Gráficos

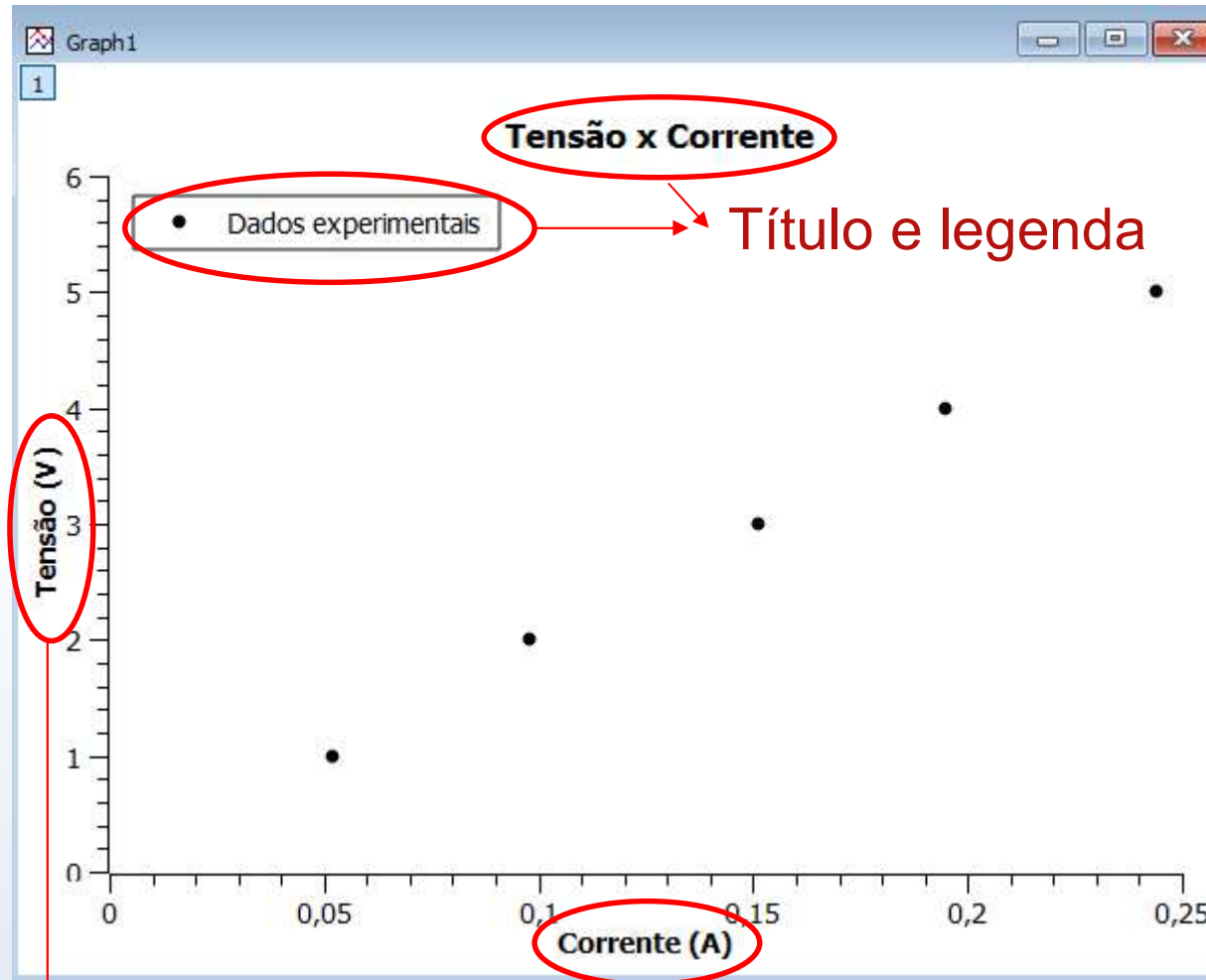
Com o gráfico podemos visualizar a relação entre tensão e corrente.



Para gráficos com poucos pontos usamos símbolos para identificá-los

# Gráficos

As informações em destaque (principalmente as dos eixos x e y) são essenciais para se entender e interpretar um gráfico.



Eixos com as grandezas e suas unidades

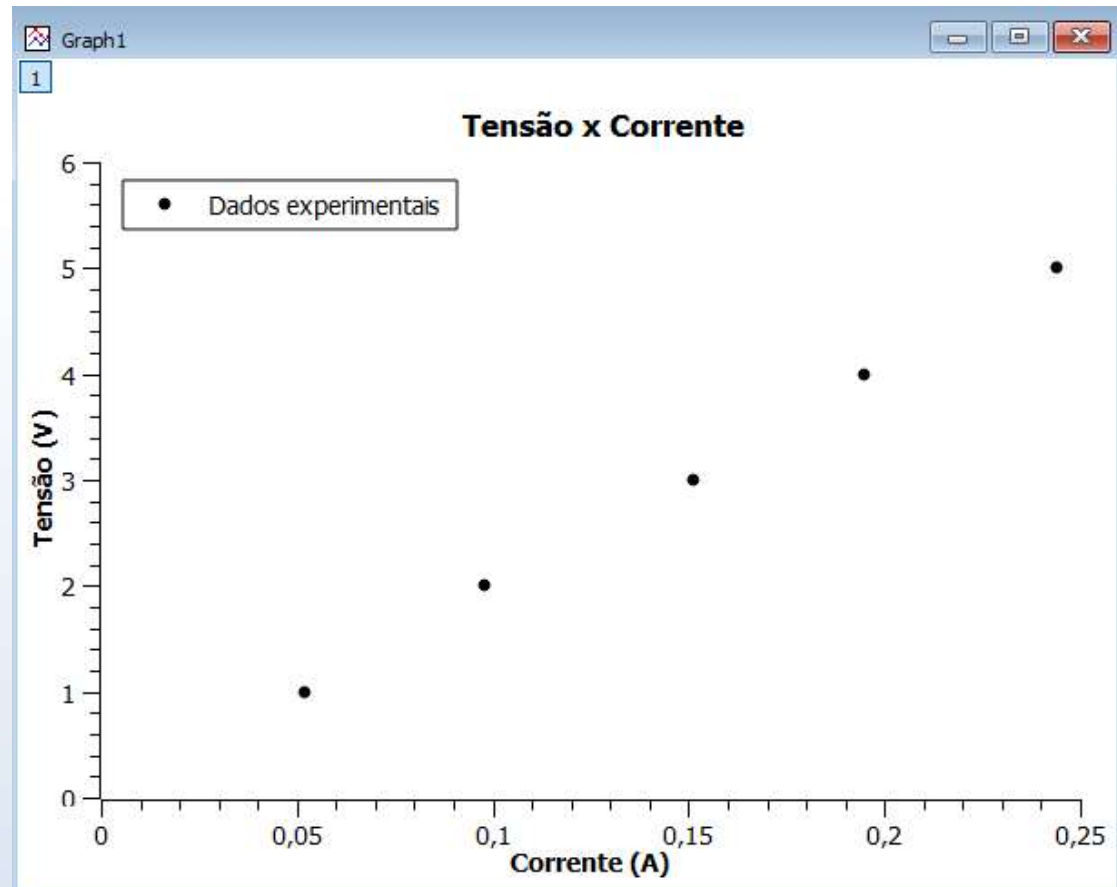
# Ajuste de curvas

- Ajustar uma curva a um conjunto de dados experimentais é determinar a função que melhor representa a tendência geral desses dados.
- Através do ajuste obtemos informações quantitativas do fenômeno físico em estudo.

## Exemplo (Aula 1):

Como obter o valor da resistência a partir da análise do gráfico  $V \times I$ ?

Sabemos que  $V$  varia linearmente com  $I$  ( $V=RI$ ).



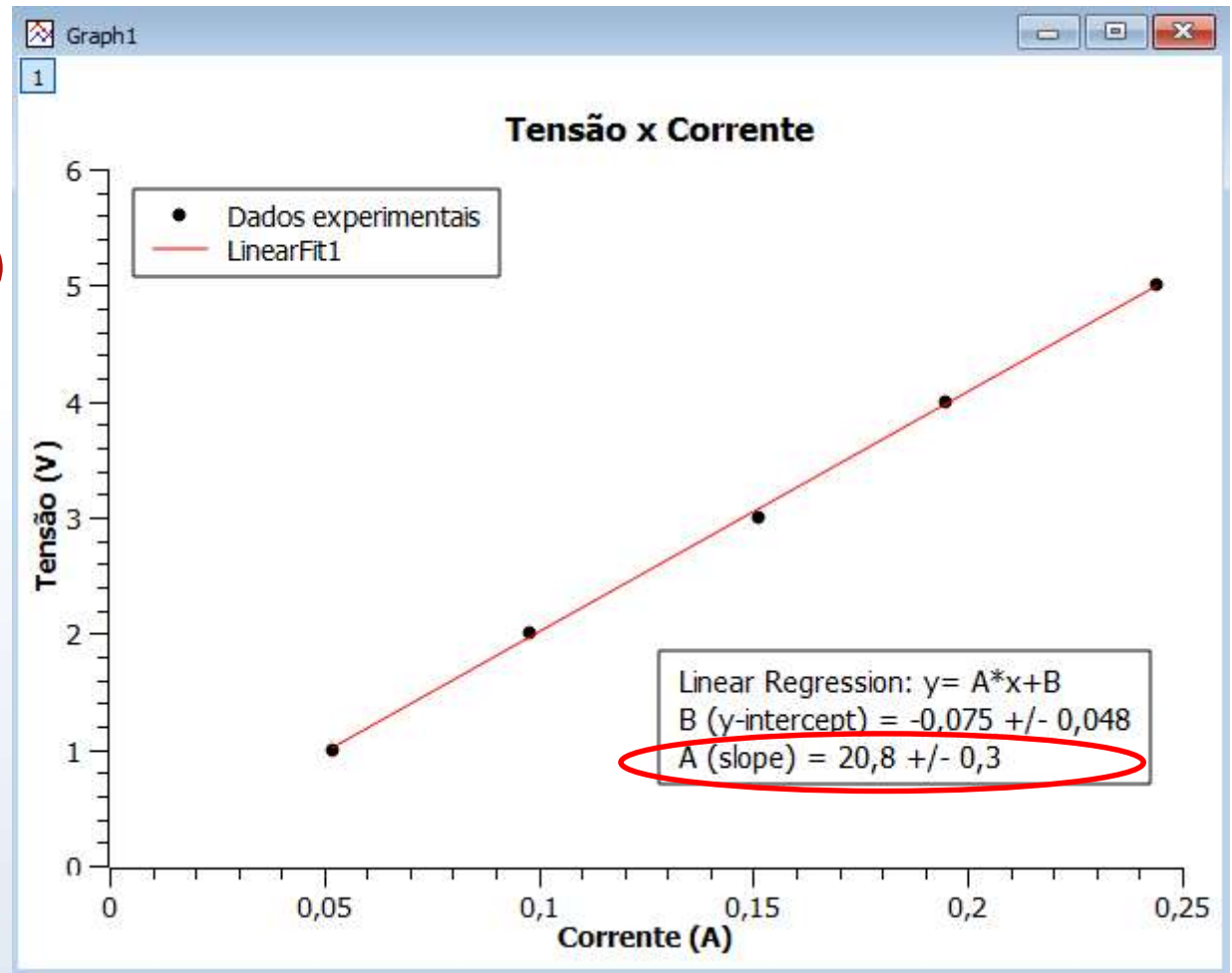
# Ajuste de curvas

Neste caso, um ajuste linear (regressão linear) determinará a equação da reta que melhor se ajusta aos dados.

- O ajuste de uma reta  
 $y = Ax + B$   
fornece os valores dos parâmetros **A** (inclinação) e **B** (termo independente) com suas respectivas incertezas.

- Como  $y=V$ ,  $x=I$ , temos que  $R=A$ . Portanto

$$R = (20,8 \pm 0,3)\Omega$$





# Ajuste de curvas usando o MyCurveFit

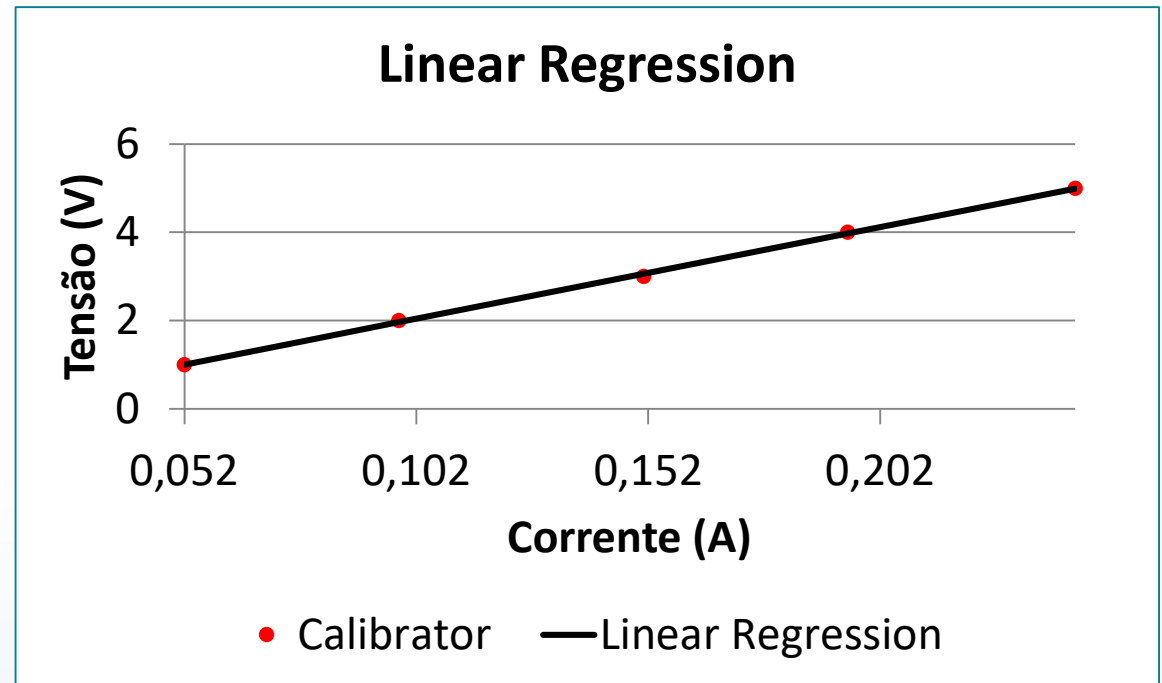
O ajuste de uma reta

$$y = mx + c$$

fornece os valores da inclinação ( $m$ ) e do termo independente ( $c$ ), junto com suas respectivas incertezas.

- Como  $y=V$ ,  $x=I$ , temos que  $R=m$ .  
Por tanto,

$$R = (20,8 \pm 0,3)\Omega$$



Coeff.	Value	± Error
m	20.7868	0.286433
c	-0.077282	0.0466647

Atenção! Os parâmetros do ajuste podem ser representados por letras diferentes em cada programa

# Ajuste de curvas usando o LinearFit

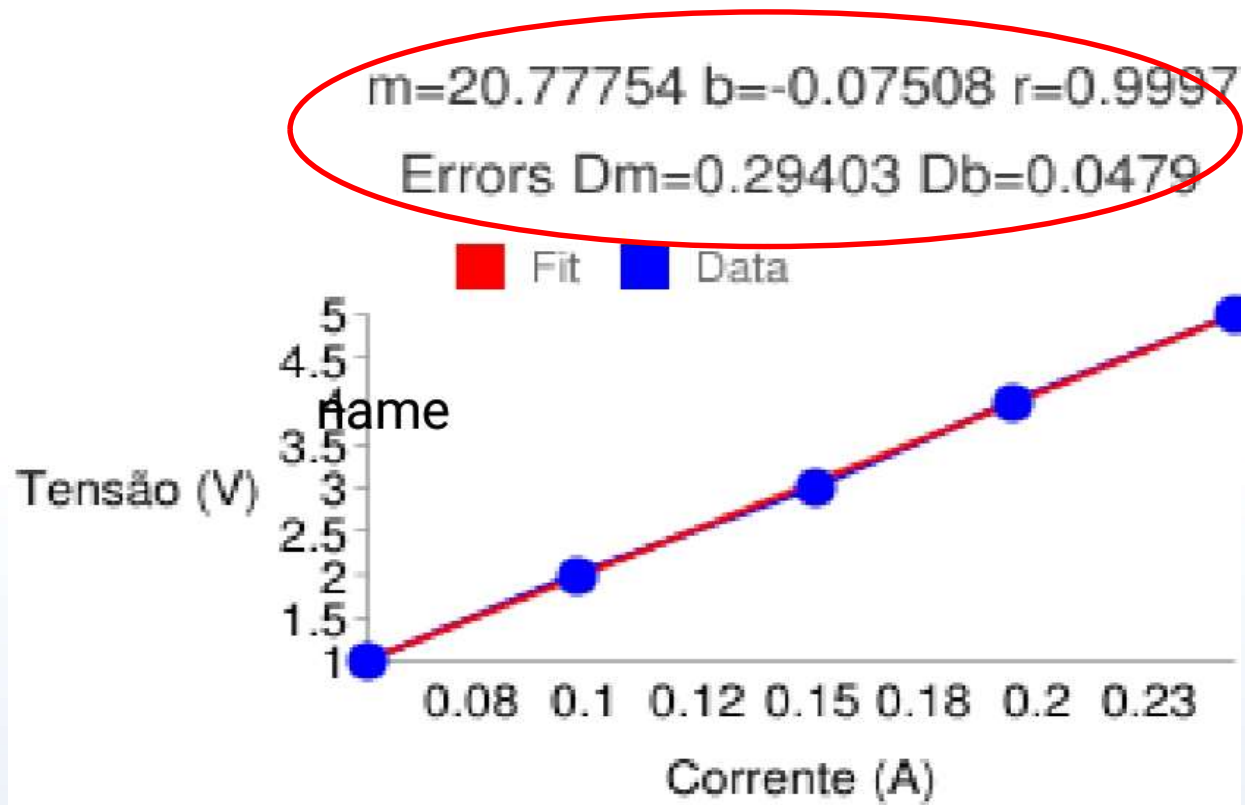
O ajuste de uma reta

$$y = mx + b$$

fornece os valores dos parâmetros  $m$  (inclinação) e  $b$  (termo independente) com suas respectivas incertezas.

- Como  $y=V$ ,  $x=I$ , temos que  $R=m$ . Portanto

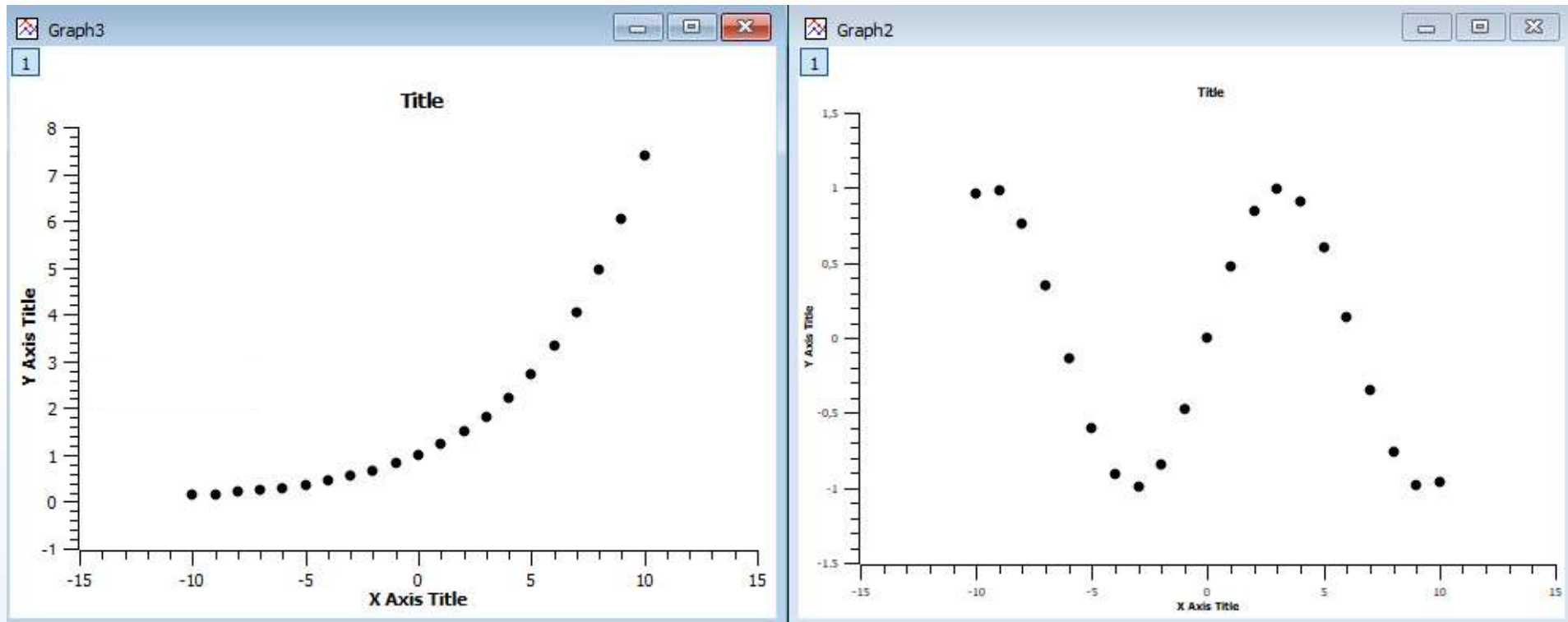
$$R = (20,8 \pm 0,3)\Omega$$



Atenção! Os parâmetros do ajuste podem ser representados por letras diferentes em cada programa

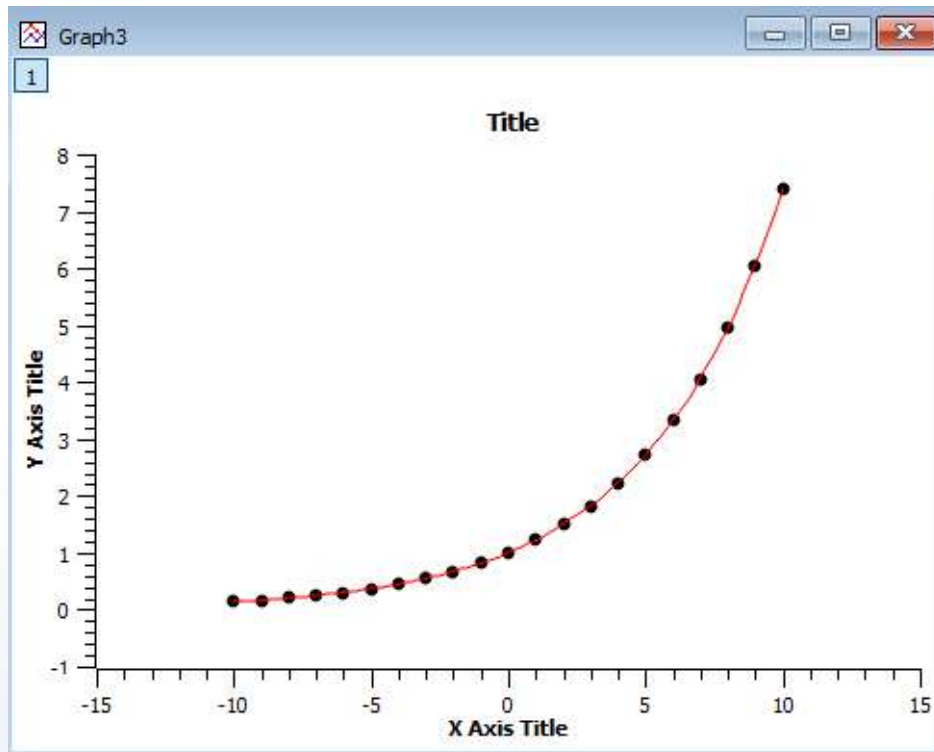
# Ajuste de curvas

É razoável ajustar uma reta a esses dados?

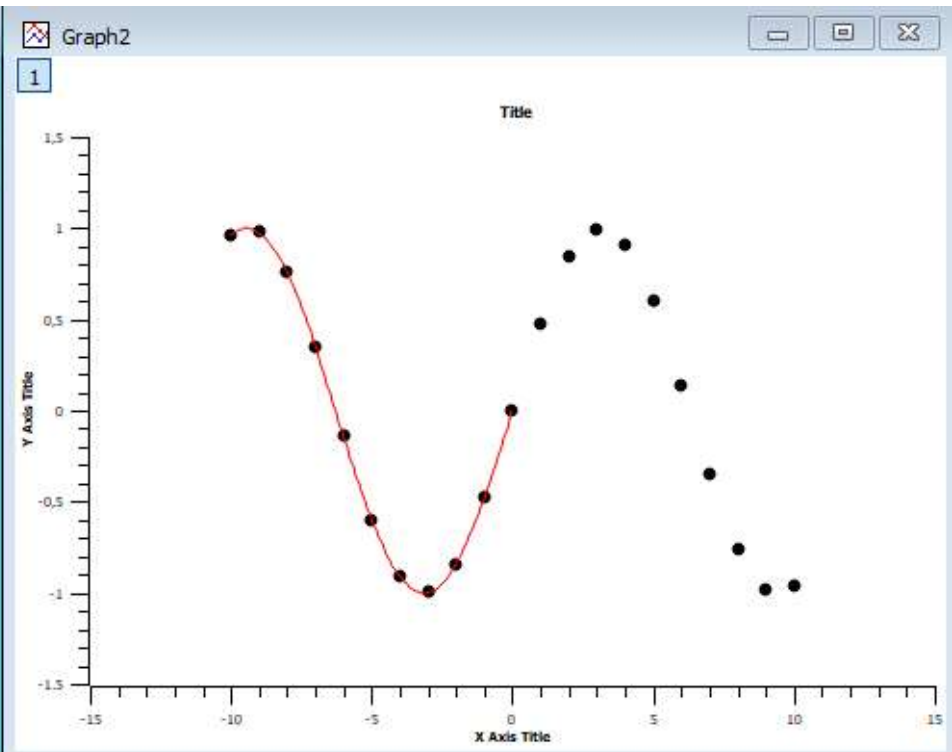


# Ajuste de curvas

Não! Devemos fazer ajustes não lineares.



Ajuste com  $y = Ae^{Bx}$



Ajuste com  $y = \sin(Ax + B)$

# Linearização de gráficos

- Frequentemente, duas grandezas  $x$  e  $y$  se relacionam de forma não linear. Exemplos:

1.  $y = ax^2 + b$
2.  $y = be^{ax}$
3.  $y = ax^2 + bx$

- Em alguns casos é possível definir novas grandezas que sejam funções das originais e obedeçam uma relação linear entre si.

1. Fazendo  $X = x^2$  teremos  $y = aX + b$
2. Aplicando o logaritmo:  $\ln y = \ln b + ax$   
 $Y = B + ax$
3. Não é possível linearizar

- Após a linearização, é possível fazer a análise do gráfico via regressão linear. Não confundir linearização com regressão linear.

# Programas de análise de dados

Para fazer e analisar gráficos você deve usar pelo menos um dos seguintes programas de acordo com o seu equipamento:

- **SciDAvis:** <https://sourceforge.net/projects/scidavis/>
    - Computador onde se pode instalar programas.
  - **MyCurveFit:** <https://mycurvefit.com/>
    - Computador onde não é possível instalar programas. Este se usa sempre online.
  - **LinearFit:** Busque “LinearFit” no “Play Store”:  
([https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai\\_oscar\\_gomezcalderon.LinearFit\\_ShaDB&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_oscar_gomezcalderon.LinearFit_ShaDB&hl=en_US))
    - Smartphone.
- Tutoriais de instalação e utilização: [www.fisica.ufmg.br/~labexp/](http://www.fisica.ufmg.br/~labexp/)

# Relatórios

- Após completada as tarefas de um dado experimento, você deve apresentar os resultados obtidos em um relatório.
- Não há uma forma rígida de se redigir um relatório. Siga as instruções e recomendações do seu professor para redigir o seu.
  - Em caso de dúvidas, consulte “Material de apoio” em <https://www.fisica.ufmg.br/ciclo-basico/disciplinas/feb-mecanica/>
- Redija seu relatório de forma que ele seja compreensível para o leitor que não tenha feito o experimento.
- Relatórios copiados serão desconsiderados.
- O professor definirá como os relatórios serão enviados.

# Preparação para as próximas aulas

- Leia com antecedência e atenção o roteiro do experimento da semana.
- Assista o vídeo que será disponibilizado pelo professor.
- Se prepare para realizar os procedimentos do roteiro seguindo as indicações do vídeo.
- Sempre que necessário, revise o conteúdo das Aulas 1 e 2 e do tutorial do programa de gráficos que irá usar.  
[www.fisica.ufmg.br/~labexp/](http://www.fisica.ufmg.br/~labexp/)



# Exercício:

## Radiação emitida por um corpo aquecido

Em um corpo aquecido a vibração dos átomos ou moléculas causa a emissão de radiação. Embora o processo de emissão só possa ser compreendido através da física quântica (radiação de corpo negro), a relação entre a temperatura e a potência transmitida (para todos os comprimentos de onda) foi deduzida por Josef Stefan em 1879 e interpretada à luz da Termodinâmica por Ludwig Boltzmann em 1884.

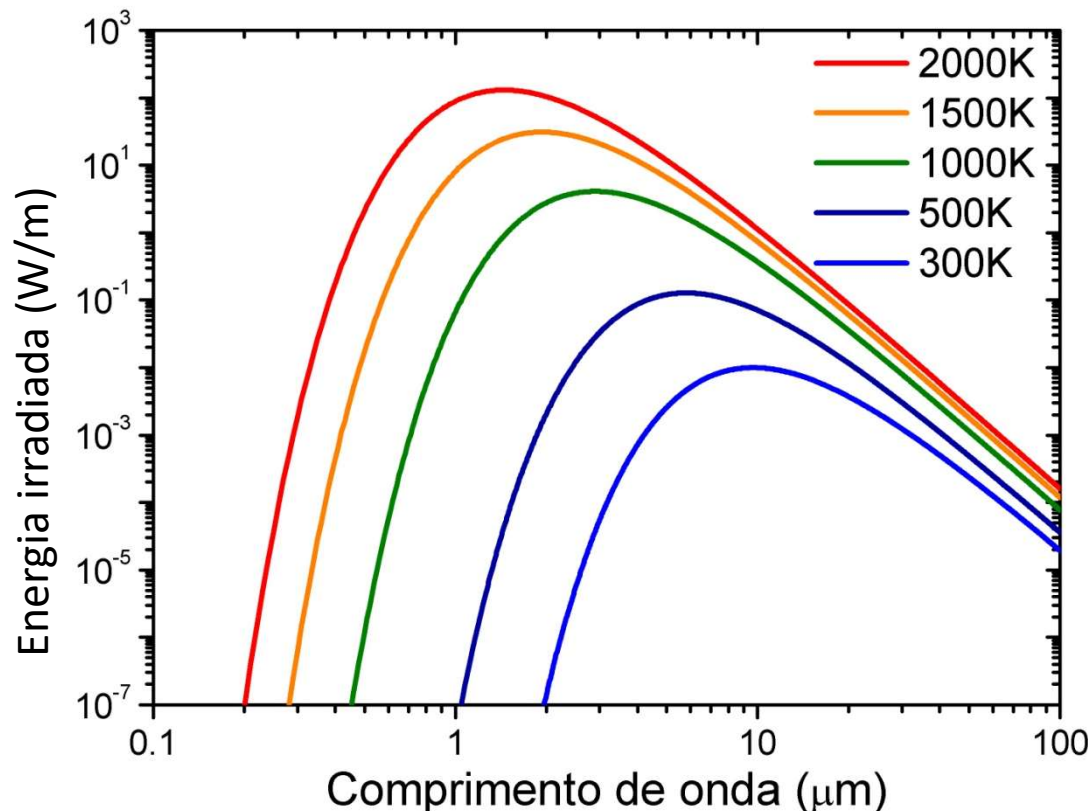
Neste caso a relação entre a emitância  $j^*$  e a temperatura  $T$  é dada por

$$j^* = \sigma T^4 \quad ,$$

onde  $\sigma$  é uma constante de proporcionalidade com valor calculado de  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ .

# Radiação emitida por um corpo aquecido

- O Gráfico mostra medidas do espectro emitido por corpos aquecidos a diferentes temperaturas.
- A intensidade (total, integrada) irradiada é dada na tabela abaixo:



**T (K)     $j^*$  (W/m<sup>2</sup>)**

300    456.98

500    3536.9

1000    56340

1500    285456

2000    901440

# Radiação emitida por um corpo aquecido

- Utilize a tabela de intensidade emitida e faça dois gráficos:

1)  $j^*$  em função de  $T$ , ajuste com um polinômio de ordem 4;

2)  $j^*$  em função de  $T^4$ , faça um ajuste linear.

Verifique o valor da constante  $\sigma$ . Ele é o mesmo para os dois métodos?

$T$ (K)	$j^*$ (W/m <sup>2</sup> )
300	456.98
500	3536.9
1000	56340
1500	285456
2000	901440