

Exp. 1 – Lâmpada

Parte 2 – Pilha e Lâmpada

Aula 02 - 2009

<http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa>

Prof. Henrique Barbosa
Edifício Basílio Jafet - Sala 100
Tel. 3091-6647

hbarbosa@if.usp.br



Experiência 1: Lâmpada

Queremos entender como uma lâmpada incandescente funciona. Para isso teremos 4 semanas:

1. Circuitos de Corrente Contínua

- Como medir grandezas elétricas?
- Os instrumentos de medida influenciam no resultado de uma medida? Como escolher o instrumento certo?

2. Pilha e Lâmpada

- Como varia a tensão de uma pilha ou em uma lâmpada em função da corrente?

3. Potência de uma lâmpada

- Como varia a potência da lâmpada em função da temperatura do filamento?

4. Radiação emitida por uma lâmpada

- Como varia a radiação emitida pela lâmpada em função do comprimento de onda da luz?

Assuntos a serem Discutidos

- O que vocês mediram
 - Os resultados estão coerentes?
 - E a forma de apresentação?
- Forma e procedimento de uma medida
 - Qualidade dos dados
 - Reprodutibilidade de um experimento
- O real e o ideal: multímetro
 - Como conhecer as limitações?
 - Como escolher entre diferentes opções?
 - O grande e o pequeno
- A pilha
- A lâmpada



TAREFAS DA SEMANA PASSADA

Atividades da Semana (parte 1)

- Realizar medidas elétricas de elementos simples:
- Tensão elétrica de uma pilha A ou AA
- Resistência elétrica de:
 - Chuveiro elétrico
 - Resistor comercial simples
 - Lâmpada comum de 60W (ou 100W), 127 V
 - Resistência entre as mãos
 - Diodo simples (nas duas polaridades)
 - LDR (no escuro e no claro)
- Comparar com valores nominais
 - Ou calcular valores esperados a partir de valores nominais
 - Apresentar resultados em uma tabela apropriada e discutir.

Lâmpada e Chuveiro

Lâmp. Exp. [Ω]	Lamp. Nom. [Ω]	Chuv. Veroo [Ω]	Chuv. Inv. [Ω]
28.00 \pm 0.25 29.00 \pm 0.26	268.81/161.29	17.00 \pm 0.17	11.00 \pm 0.12
29.60 \pm 0.34	161.29	17.70 \pm 0.44	11.90 \pm 0.40
11.73 \pm 0.40		9.1 \pm 0.37	24.4 \pm 0.50
29.3 \pm 0.53	268.81	22.3 \pm 0.48	8.20 \pm 0.37
29.3 \pm 0.5		5.9 \pm 0.3	11.8 \pm 0.4
11.3 \pm 0.39	161.29	22.6 \pm 0.48	8.2 \pm 0.37
28.8 \pm 0.231	30	7.700 \pm 0.61	22.1 \pm 0.177

Atenção: no verão, o chuveiro esquenta pouco, portanto a resistência tem que ser grande. Lembrem-se que $P=V^2/R$

Porque a resistência da lâmpada é tão diferente da estimativa teórica???

Tabelas: apresentação

Mais clara

Objeto - Resistência	Resistência (ohms)	Resistência nominal (ohms)	Compatibilidade
Resistor comercial simples	$(4.860 \pm 0.069) \times 10^6$		
Resistência entre as mãos (A)	$(1.600 \pm 0.036) \times 10^6$		
Resistência entre as mãos (B)	$(0.780 \pm 0.028) \times 10^6$		
LDR (recebendo luz)	$(2.400 \pm 0.044) \times 10^6$		
LDR (escuro)	$(53.20 \pm 0.73) \times 10^3$		
Lâmpada	(29.30 ± 0.53)	268.81	452
Chuveiro (quente)	(22.30 ± 0.48)	9.68	26
Chuveiro (morno)	(14.80 ± 0.42)	9.68	12
Chuveiro (frio)	(8.20 ± 0.37)	9.68	4

Tabela 1:- Resultados obtidos nas m

Pilhas:-	Tensão medida (V)	Tensão nominal (V)	Compatibilidade (k)
Duracel D	$1,504 \pm 0,013$	1,5	0,31
Rayovac D	$1,568 \pm 0,014$	1,5	4,66

Resistores:-	Resistência medida (Ω)	Resistência nominal (Ω) @ 60W/100W/127 V	Compatibilidade
Lâmpada 1	$28,00 \pm 0,25$	268,81/161,29	Veja Comentários
Lâmpada 2	$29,00 \pm 0,26$		
Mãos – Icaro	$(0,50 \pm 0,00) \times 10^6$	Veja Comentários	
Mãos – Peter	$(1,20 \pm 0,00) \times 10^6$		

Chuveiro:-	Resistência medida (Ω)	Resistência nominal (Ω) @ 2800/4500 W/220 V	
Modo Verão	$17,00 \pm 0,17$	17,29	1,71
Modo Inverno	$11,00 \pm 0,12$	10,76	2,00

	Resistência medida (Ω)	Resistência Nominal (Informada)	
Resistor	$101,00 \pm 0,84$	100	1,19

Mais confusa

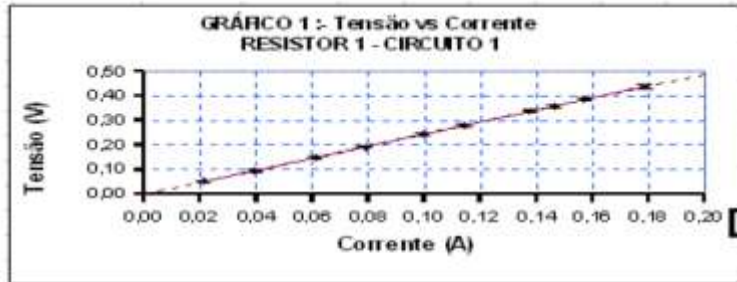
Atividades da Semana (parte 2)

- Medir a curva característica de dois resistores ôhmicos simples (gráfico de $V \times i$)
 - R grande e R pequeno (resistores pintados de preto).
 - Realizar medidas com tensão entre 0 e 20 V
 - Ajustar dados obtidos a retas apropriadas e comparar os valores experimentais de resistência elétrica com o esperado
- Apresentar gráficos apropriados (circuitos 1 e 2), com os ajustes obtidos e discutir para cada resistor.
 - 4 conjuntos de dados

Atividades da Semana (parte 3)

- Com as medidas de resistências realizadas, a partir das curvas características com os circuitos 1 e 2, é possível determinar as resistências internas do voltímetro e amperímetro utilizados.
- Obtenha as **resistências internas** do voltímetro **(RV)** e amperímetro **(RA)** e compare-as com as fornecidas pelo fabricante (manual)

Como apresentar os gráficos



Equação Estimada por MMQ pelo Gráfico 1:-

$$\text{Tensão} = (2,453 \pm 0,030) \times \text{Corrente(A)} \pm (-0,0002 \pm 0,0029)(V)$$
$$\text{Resistência Resistor 1 Circuito 1} = (2,453 \pm 0,030)(\Omega)$$

Melhor colocar o ajuste dentro do gráfico

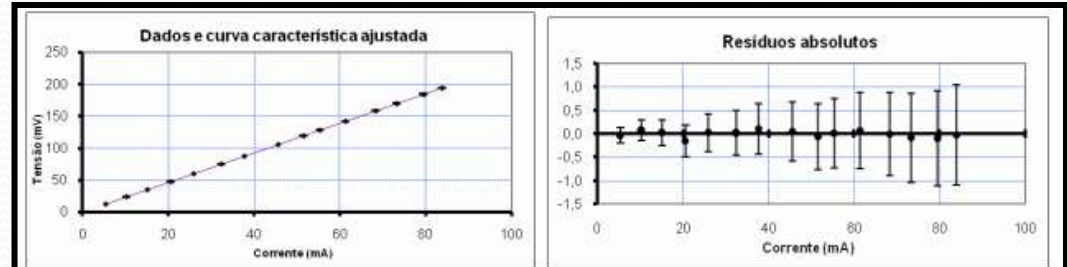
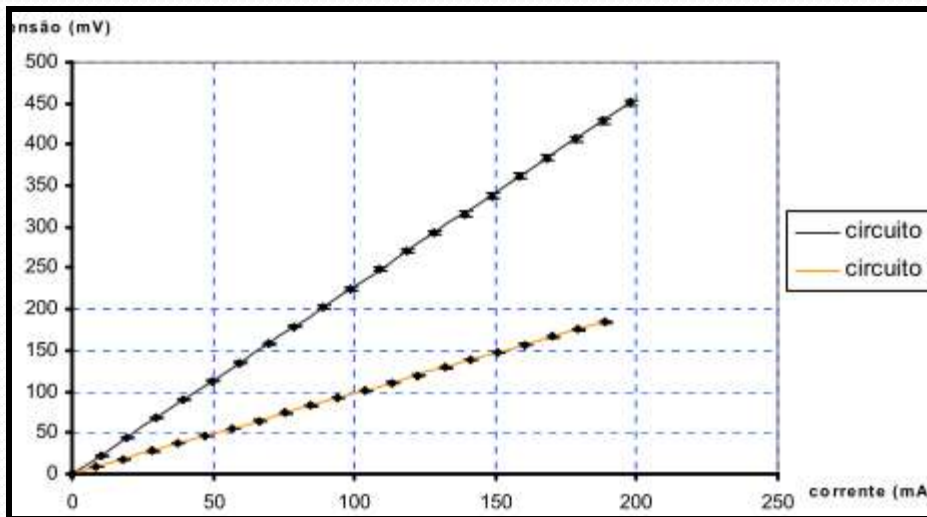
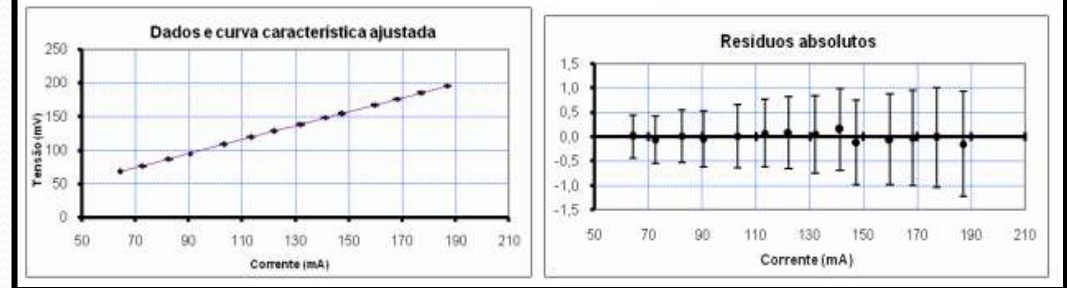


Figura 4 – curva característica ajustada por MMQ do resistor grande no circuito 1 e seus resíduos.



Está bom, mas não dá pra comparar os dois gráficos

O ideal são os dois circuitos no mesmo gráfico!

Alguns problemas na apresentação

- O que poderia ser melhorado?

Melhor sem a borda

Título não tem informação

Não deixar espaço vazio

Atenção com os números

Nome dos eixos



Gráfico 4.2.2 - Gráfico representativo da curva característica do modelo 2 para o resistor menor contendo os dados (pontos) e suas respectivas barras de incerteza. Para esse gráfico, foi obtida a reta ($y = a \cdot x + b$) de coeficientes $a = 3,30 \pm 0,005$ e $b = 0,0$.

Gráfico 4.3.2 - Gráfico representativo da curva característica do modelo 1, com escalas em "2V" e "200mA", para o Resistor Maior contendo os dados (pontos) coletados e suas respectivas barras de incerteza. Para esse gráfico, foi obtida a reta ($y = a \cdot x + b$) de coeficientes $a = 0,0023 \pm 0,00002$ e $b = 0,0$.

Resistores desconhecidos

R _{peq(1)} [MΩ]	R _{peq(2)} [MΩ]	R _{grd(1)} [Ω]	R _{grd(2)} [Ω]
2.740±0.016	2.143±0.008	2.453±0.030	1.026±0.022
2.7346±0.0052	2.1460±0.0040	2.3238±0.0055	1.0436±0.0050
2.54-2.74	0.19-1.3	2.27-2.28	0.98-0.99
2.7395±0.0074	2.1248±0.0066	3.28±0.47	1.0372±0.0027
2.695±0.012	2.139±0.011	1.000±0.084	1.0378±0.0045

R-amp [Ω]	R-volt [MΩ]
1.427±0.027	9.84±0.10
0.92±0.31	10.93±0.79

OBS:

- 1) Com o circuito 2 as resistências são sempre menores, porque?
- 2) É possível corrigir os efeitos dos instrumentos? Como?

Problemas na discussão

as medições obtidas concluiu-se:- a) Constatada anormalidade na resistência medida para a pilha Rayovac, incompatível com indicado pelo fabricante ($k > 3$), apresentando-se com valor superior. **Necessitar-se-ia um número maior de medidas para melhor avaliação.** b) Valores de resistência obtido para as lâmpadas ficaram bem abaixo do

Então porque não tomaram mais dados?

O valor medido da tensão da pilha foi muito perto do valor fornecido pelo fabricante, mesmo que com a incerteza, o valor medido não é compatível com o valor nominal, podemos dizer que o valor está correto, **pois possivelmente aconteceu um arredondamento no valor fornecido.**

A pilha podia estar descarregada?

temperatura)", o que poderia explicar os valores encontrados. c) Com respeito às resistências encontradas entre as mãos dos integrantes do grupo, estas situaram-se muito acima do informado pelo *Luiz Antônio Côrtes Grillo*² de que *a resistência entre as mãos de um ser humano situar-se-ia na faixa de 105Ω* . Os valores obtidos

Os valores da turma são de $\sim 1M\Omega$... Uma diferença de 10^4 ...

mais altos podem dever-se, por exemplo, a maior estatura dos elementos do grupo em relação à média humana utilizada no estudo do professor citado. d) As resistências

Será que esta justificativa é coerente? Como testá-la?

Ainda na Discussão

No chuveiro, foram medidas duas resistências diferentes: a resistência no modo do chuveiro de verão (onde a água é menos quente) e a resistência no modo inverno (onde a água é mais quente). Como o esperado, a resistência no modo inverno é maior, pois ele transforma uma maior parte de energia elétrica em calor. No diodo, foram medidos a

É o oposto!!!

4. A resistência entre as mãos de uma pessoa é da ordem que medimos, porém observamos que o valor varia bastante durante a experiência, o que pode ser explicado por transpiração e por variação de sais no corpo.

Como poderia ser testado??

valor esperado. Segundo o Prof. Luiz Ferraz Netto ¹ "...a resistência inicial da lâmpada de filamento de tungstênio é baixa. Conforme a temperatura aumenta (pelo aumento da corrente) a relação U/I aumenta (a resistividade do tungstênio aumenta com a temperatura)", o que poderia explicar os valores encontrados. c) Com respeito às

É isso mesmo, a lâmpada não é ôhmica!

Excelente Análise

Material	Resistência medida (em ohm)	Resistência fornecida pelo Fabricante (em ohm)
Chuveiro Elétrico (chave posicionada no vermelho: quente)	$8,2 \pm 0,37$	12,1
Chuveiro Elétrico (chave posicionada no azul: frio)	$22,6 \pm 0,48$	
Lâmpada de 100W	$11,3 \pm 0,39$	161,29

Já para a Tabela 4.1.2, destacam-se duas medições que, aparentemente, não apresentaram valores próximos aos nominais. No caso do chuveiro elétrico, o fabricante indica uma potência dissipada de 4000W e uma tensão de 220V, o que implica em uma resistência interna de aproximadamente $12,1\Omega$. Sendo assim, os valores encontrados, apesar de não estarem próximos do nominal, são aceitáveis, visto que o chuveiro elétrico possui duas opções de resistência: uma para o sistema “frio” (resistência alta e corrente baixa) e outra para o sistema “quente” (baixa resistência e corrente elétrica alta). Já no caso da lâmpada, duas discussões são possíveis para explicar o observado: uma leitura errada a partir do multímetro ou então o comportamento da resistência da lâmpada não é linear, como veremos mais abaixo.

4.4. Medidas da Curva Característica para a Lâmpada de 100W

Foram realizadas novas medições, utilizando o Modelo 2, para tentar obter uma nova resistência para a lâmpada de 100W a partir da Curva Característica da mesma, e também observar o que acontece.



Excelente Análise



O gráfico a seguir (Gráfico 4.4.1), demonstra o que acontece a partir de certo ponto com a curva característica para a lâmpada de 100W. Observe-se que não há uma linearidade e, portanto, isso sugere que a leitura no Multímetro para a resistência desse material não seja tão confiável. Porém, quando removidos alguns pontos finais que prejudicam a construção de uma reta, observa-se que o valor encontrado é compatível com o mensurado pelo Multímetro (Gráfico 4.4.2).



A partir do Gráfico 4.4.2, obtém-se o valor para a resistência da Lâmpada de $11,42 \pm 0,020\Omega$

Gráfico 4.4.2 - Gráfico representativo da curva característica para a Lâmpada de 100W, contendo os dados (pontos) coletados, suas respectivas barras de incerteza e os pontos excluídos (em vermelho). Para esse gráfico, foi obtida a reta ($y = a \cdot x + b$) de



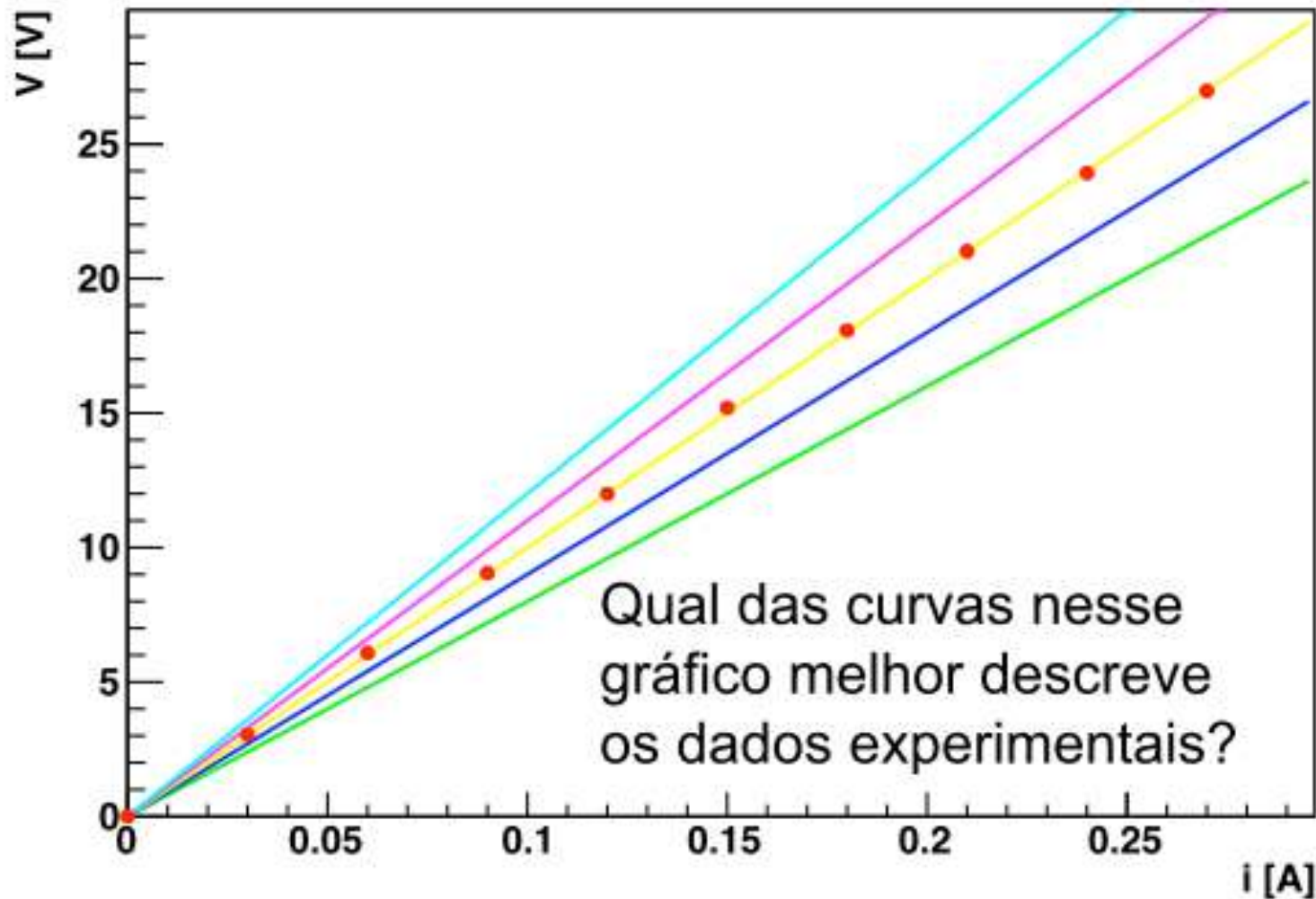
Análise de erros, ajustes, etc...

Quantos pontos medir?

- Quase todos os grupos mediram curvas características com aproximadamente 10-15 pontos.
- Qual a motivação para escolher o número de pontos em uma medida?
- Qual o objetivo de fazer a medida?
 - Obter o valor de R , se a resistência for ôhmica.
- Como R é obtido?
 - Ajuste dos dados pelo método dos mínimos quadrados
- O que vou fazer com o valor medido?
 - Comparar a uma expectativa.
 - Nesse caso, a precisão do valor medido é importante.

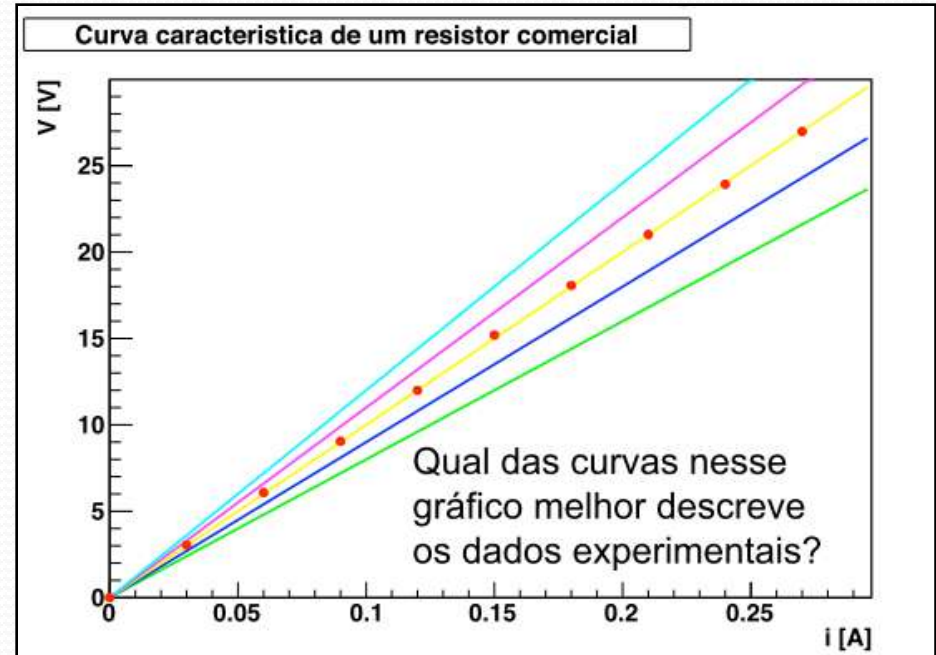
Mínimos quadrados

Curva característica de um resistor comercial



Mínimos quadrados

- χ^2 é uma grandeza que quantifica quão próxima a função está dos dados experimentais.



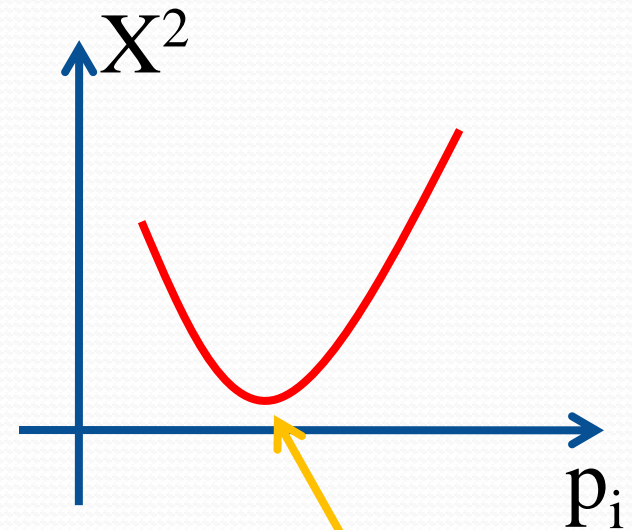
- Corresponde à soma dos resíduos quadráticos

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{y_i - f(x_i)}{\sigma_i} \right)^2$$

Ajuste por Mínimos quadrados

- Ajustar uma função aos dados experimentais usando o método dos mínimos quadrados corresponde em achar valores para os parâmetros da função TAIS QUE o valor de χ^2 seja um mínimo.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{y_i - f(x_i, p_i)}{\sigma_i} \right)^2$$



χ^2 é mínimo \rightarrow $\frac{\partial}{\partial p_i} \chi^2 = 0$ \Rightarrow $p_i = \text{valor}$

Ajuste por Mínimos quadrados

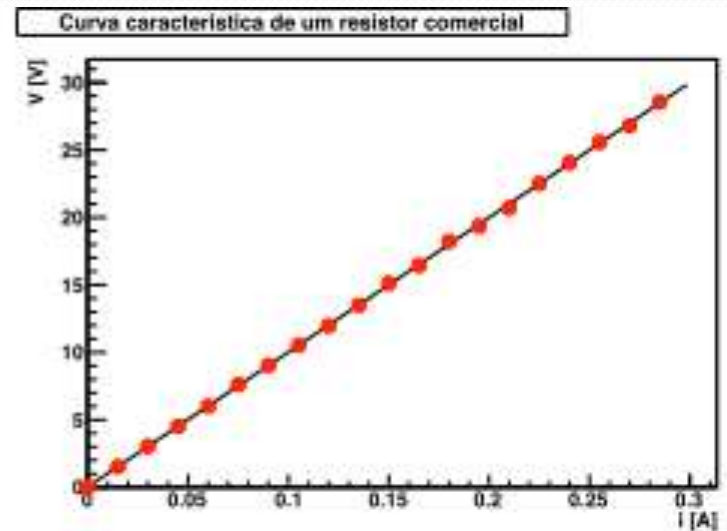
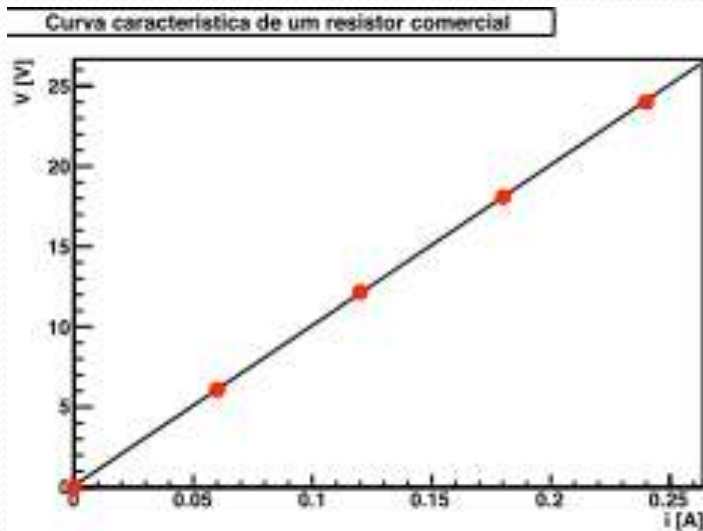
- Caso particular, $f(x) = ax$ e todos os pontos possuem mesma incerteza

$$\sigma_{angular} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

- A grosso modo a incerteza do parâmetro depende do inverso da raiz do número de pontos.
 - Ou seja, é cada vez mais difícil reduzir a incerteza aumentando o número de pontos.
- Ver J. H. Vuolo, Fundamentos da teoria de erros

Vamos fazer o teste

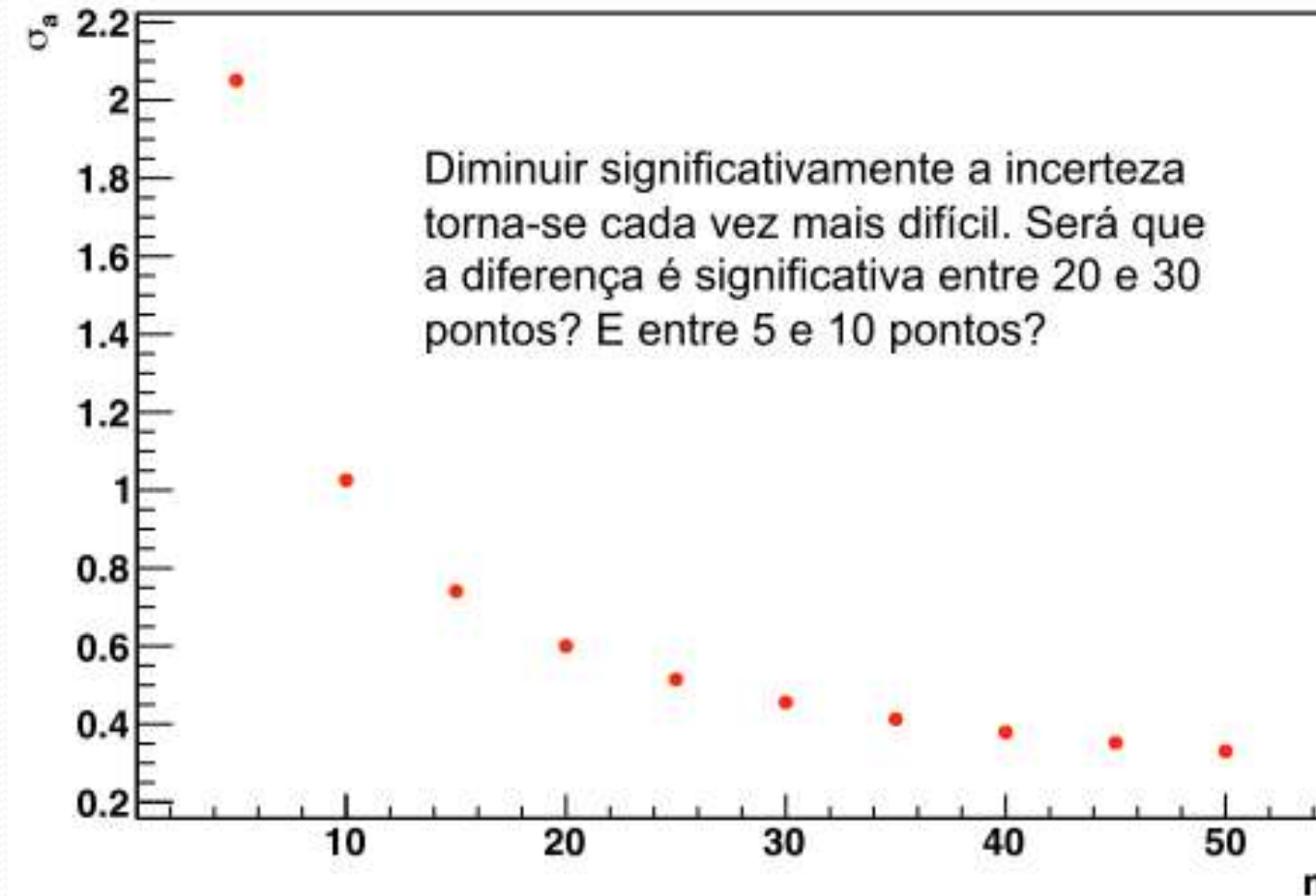
- Vários conjuntos de dados com número de pontos diferentes
- Como que a incerteza em a depende do número de pontos?



- Vamos variar o número de pontos no conjunto e fazer um gráfico de: incerteza \times número de pontos

Vamos fazer o teste

- A incerteza diminui aproximadamente com raiz do número de pontos!!!



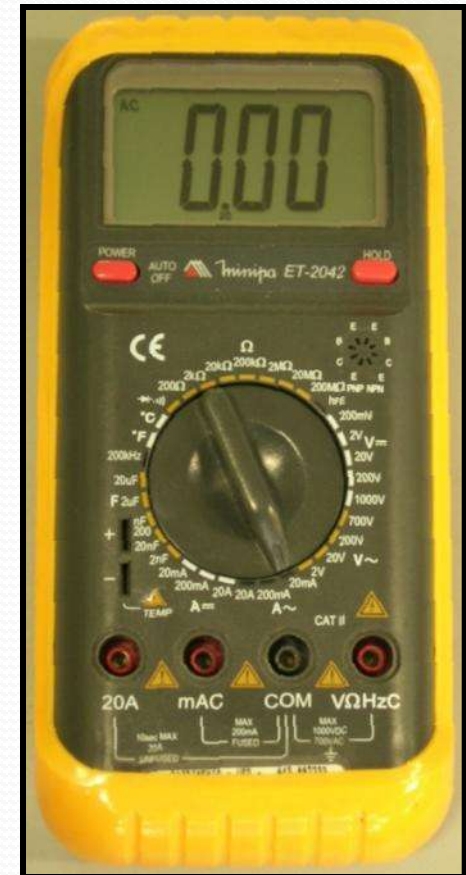
Como estimar o número de pontos?

- Para decidir o número de pontos é preciso saber a incerteza da medida experimental (aproximadamente) e qual a precisão que almejamos para o parâmetro ajustado e usar a relação aproximada:

$$\sigma_{angular} = \frac{\sigma_{medida}}{\sqrt{N}}$$

- Será que também depende do intervalo em x?
 - Façam a brincadeira e tentem responder essa pergunta.

Curvas características: Multímetros reais e ideais

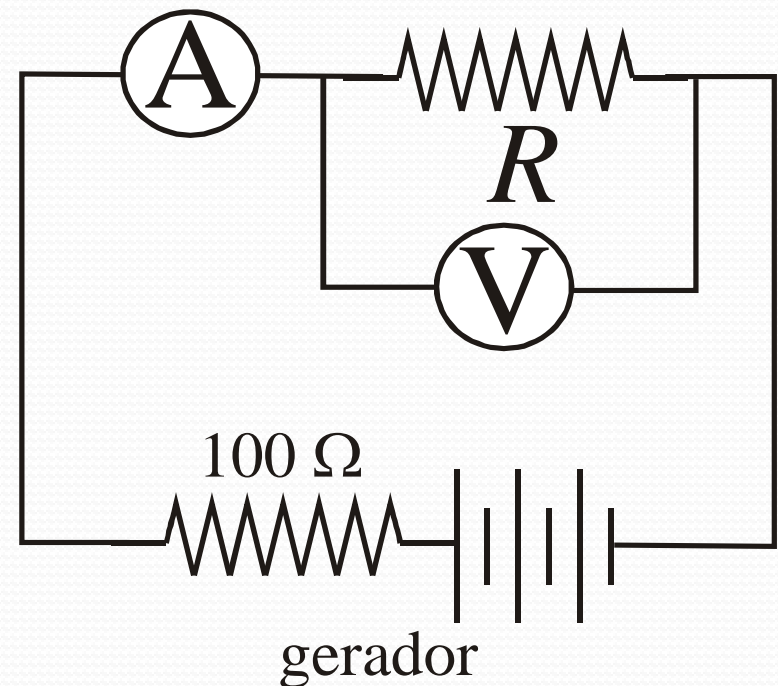
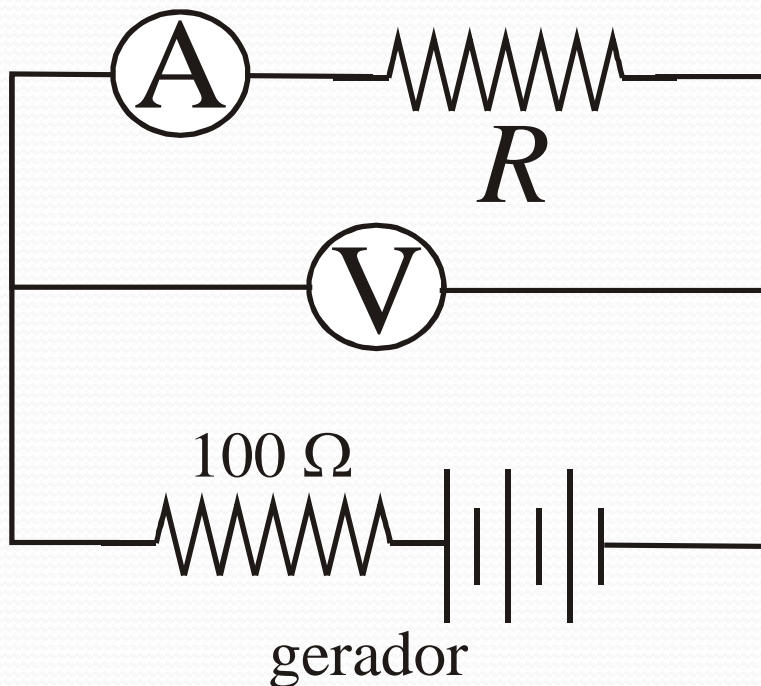


Da semana passada: a questão do multímetro

- Em um multímetro ideal
 - $R(\text{voltmetro}) = \text{infinito}$
 - $R(\text{amperímetro}) = 0$
- Em um multímetro real isto não ocorre
 - Devemos avaliar qual é a condição de uso mais próxima do ideal.
 - Se não for possível, devemos conhecer as características do circuito e corrigir os dados.

Experiência da semana passada

- Dois circuitos distintos que, em situações ideais, seriam idênticos
- A pergunta é: há situações em que um é mais adequado que o outro?
- Vamos verificar



Circuito 1

- A corrente medida é a própria corrente no resistor R:

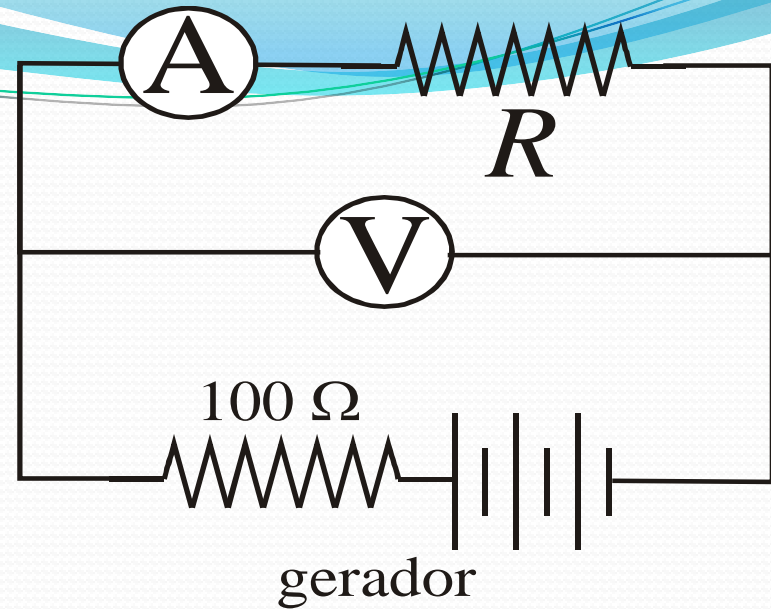
$$i = i_A = i_R$$

- Mas a tensão medida é a soma das tensões em R e A:

$$V = V_A + V_R$$

- Portanto:

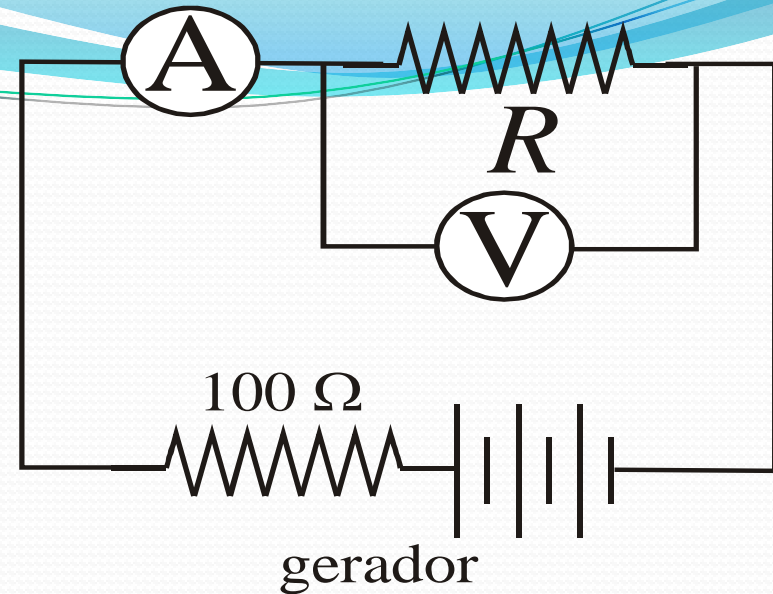
$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V_A + V_R}{i} = R_A + R$$



Circuito 2

- A tensão medida é a própria tensão no resistor R:

$$V = V_R$$



- Mas a corrente medida é a soma das correntes em R e V:

$$i = i_V + i_R$$

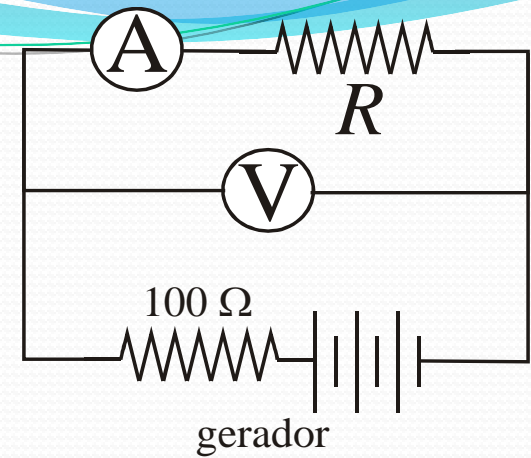
- Portanto:

$$R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V}{i_V + i_R} \Rightarrow \frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

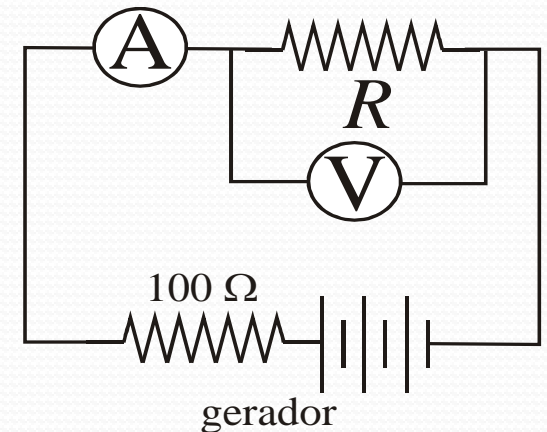
$$R_{medido} = \frac{R_V R}{R_V + R}$$

Conclusão

- Se $R \gg R_A$, o **primeiro** circuito é mais adequado: $R_{med} = R_A + R \sim R$
- Se $R \ll R_V$ o **segundo** circuito é mais adequado: $1/R_V \sim 0 \gg R_{med} \sim R$
- Mas, como vamos escolher se não sabemos de antemão o valor das resistências que vamos medir?
- O que significa muito maior ou muito menor?



$$R_{medido} = R_A + R$$

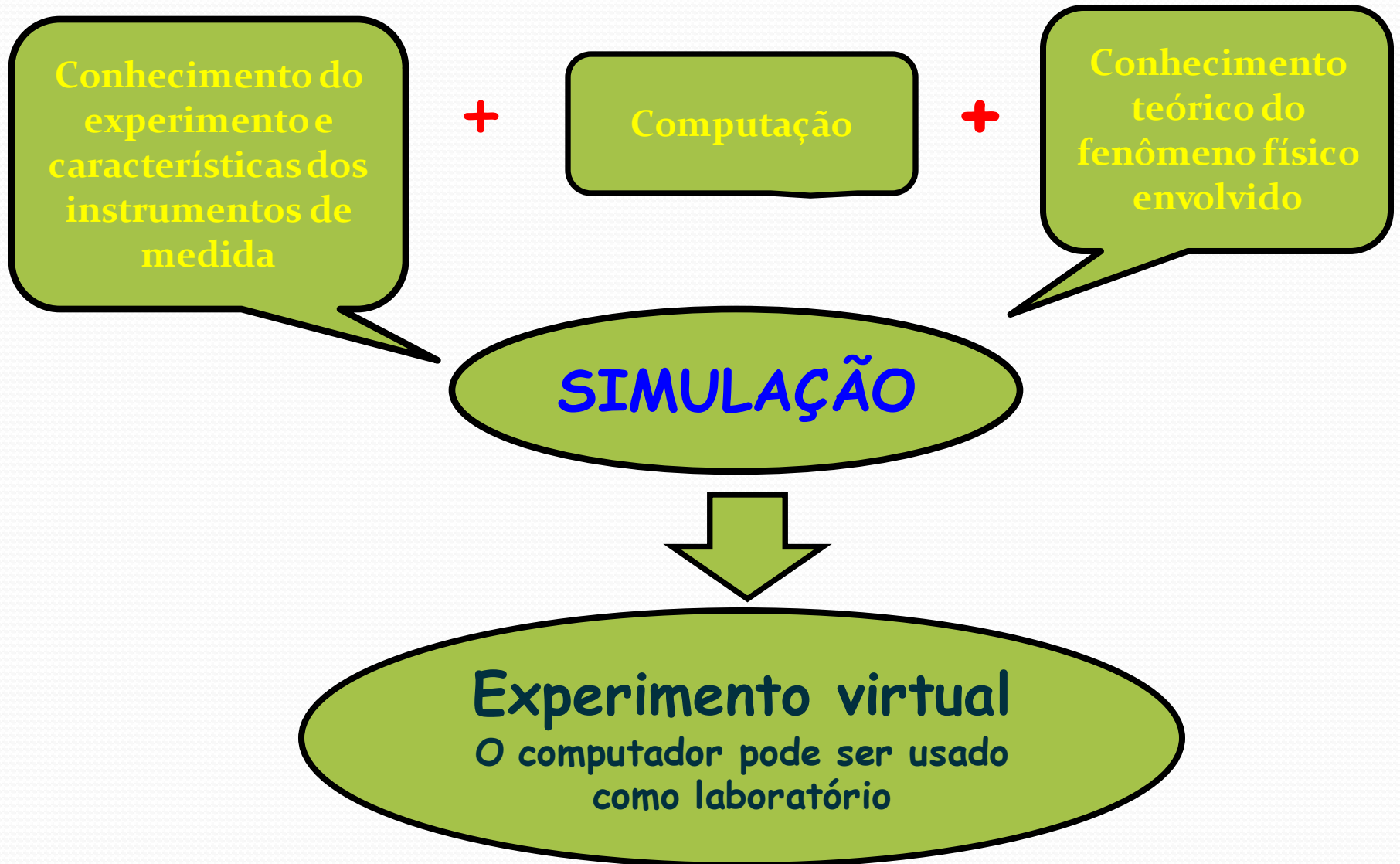


$$\frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$

Planejando a experiência ou como separar grande e pequeno

- Podemos medir experimentalmente
 - Realizamos vários experimentos, similares aos que foram feitos até observar desvios (resíduos) incompatíveis com o esperado
- Resolver teoricamente
 - Sabemos resolver o circuito teoricamente, incluindo as resistências internas (ou outros efeitos) dos aparelhos de medida, o que pode tornar o cálculo muito trabalhoso.
- Simulações
 - Em geral o caminho mais rápido.

O que é uma simulação?



Vamos simular o circuito 2

- Dados de entrada
 - V_G (tensão no gerador)
 - R_p , R_A , R e R_V

- Conhecimentos teóricos

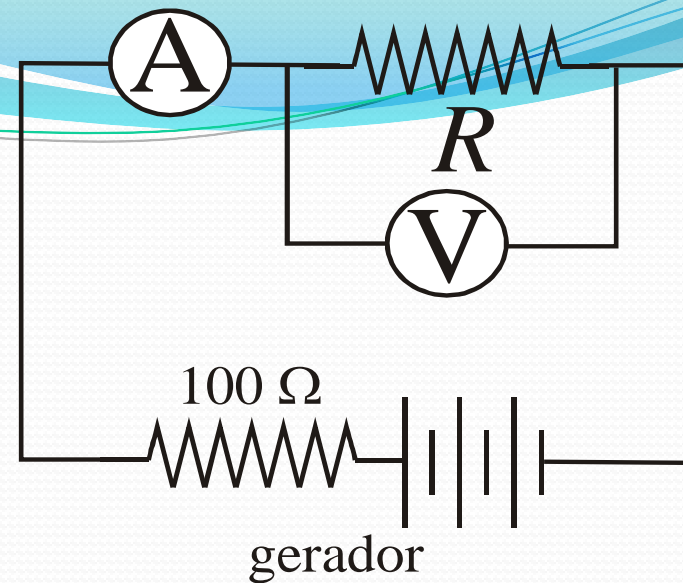
- Definição de resistência elétrica: $R_X = \frac{V_X}{I_X}$

- Associação de resistores (série e paralelo)

- Conhecimentos experimentais:

- Incertezas dos instrumentos:

$$\sigma_V = 0.8\% \cdot V \quad \sigma_i = 0.08\% \cdot i$$



Vamos simular o circuito 2

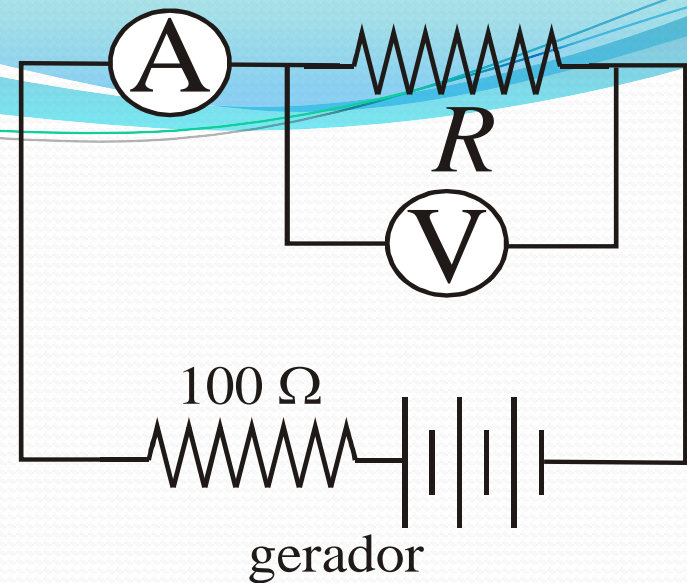
- Vamos calcular a corrente total no circuito:

$$i_{real} = \frac{V_G}{R_{EQ}}$$

- A resistência equivalente é:

$$R_{EQ} = R_P + R_A + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}}$$

- A corrente total é a própria corrente medida pelo amperímetro, a menos das incertezas.



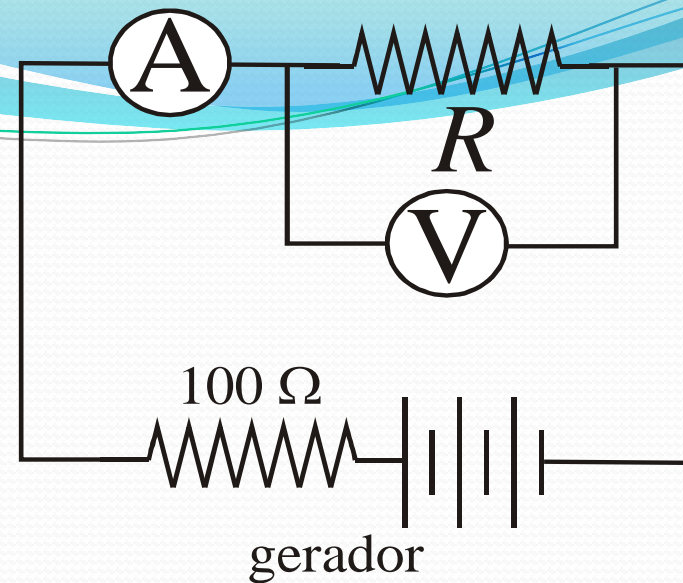
Vamos simular o circuito 2

- Precisamos agora calcular a tensão medida pelo voltímetro:

$$V_{real} = V_G - V_{RP} - V_A$$

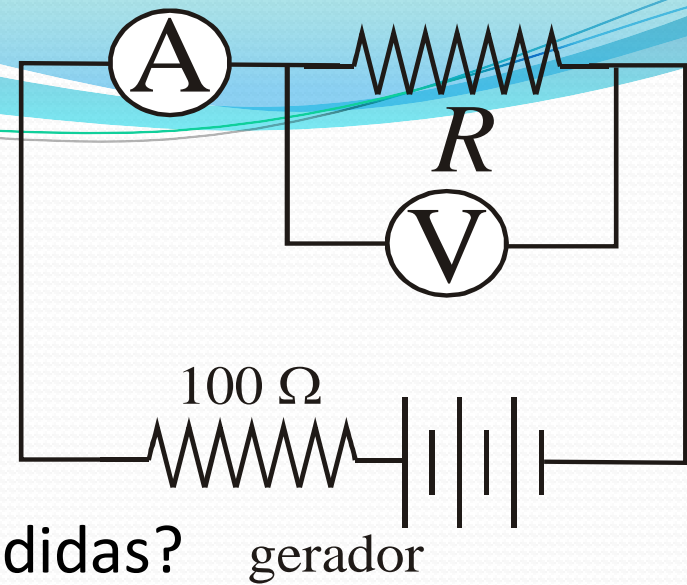
- Quem são VRP e VA?

$$\begin{aligned} V_{real} &= V_G - R_P i_{real} - R_A i_{real} \\ &= V_G - (R_P + R_A) i_{real} \end{aligned}$$



- Agora já sabemos a tensão sobre o resistor e já temos o par corrente e tensão nos instrumentos. Falta alguma coisa?
 - **SIM!! → Simular os efeitos experimentais (incertezas)**

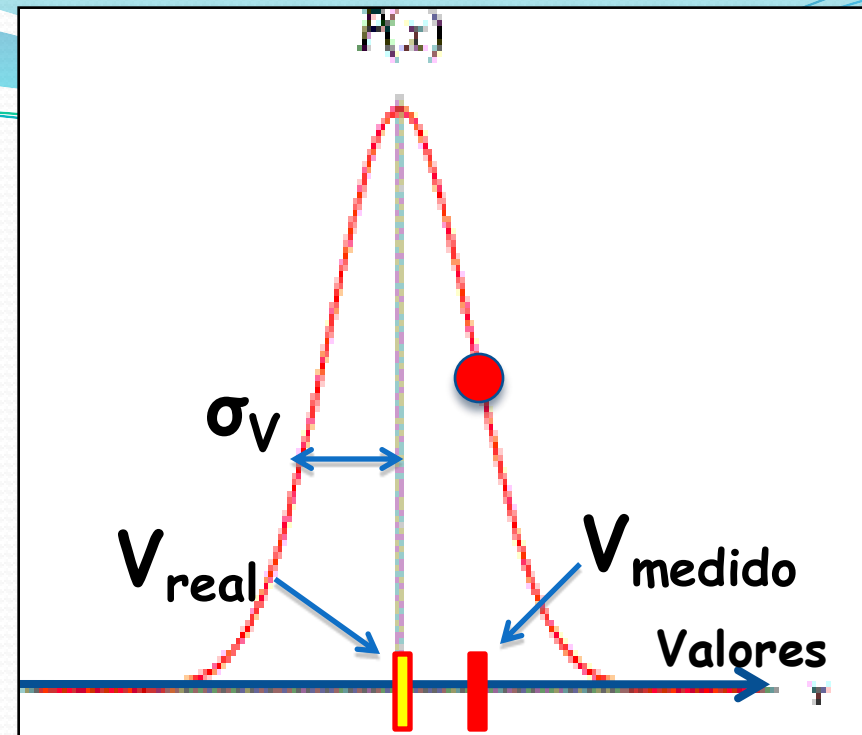
Vamos simular o circuito 2



- Como transformar V_{real} e i_{real} em medidas? gerador
- Ou seja, como incluir os efeitos das incertezas instrumentais?
- Qual é a diferença entre V_{real} e i_{real} e V_{medido} e i_{medido} ?

Vamos simular o circuito 2

- O valor medido se distribui em torno do valor real obedecendo a uma distribuição gaussiana



- Ou seja, devemos sortear (simular) a medida de tensão e corrente com base no seu valor verdadeiro e na sua incerteza, com uma distribuição de probabilidades Gaussiana.
 - No **Excel**, use a função:
INV. NORM(RAND(), média, sigma)

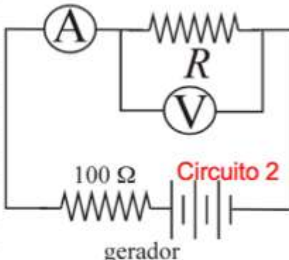
Baixar .xls do site

simulacao.xls

New Open Save Print Import Copy Paste Format Undo Redo AutoSum Sort A-Z Sort Z-A Gallery Toolbox Zoom Help

Sheets Charts SmartArt Graphics WordArt

1
2 **Simulação de um circuito não ideal composto de fontes e resistores**
3 Neste exemplo, consideramos as resistências internas do voltímetro e amperímetro
4 Para avaliar o efeito das mesmas nos resultados obtidos para R
5
6
7
8 **RV =** 8.0E+06
9 **RA =** 1.0E+00
10
11 **RP =** 1.0E+02
12
13 **R =** 5.0E+05
14
15 **Req =** 4.7E+05
16
17
18



gerador

$$i_{real} = \frac{V_G}{R_{EQ}}$$

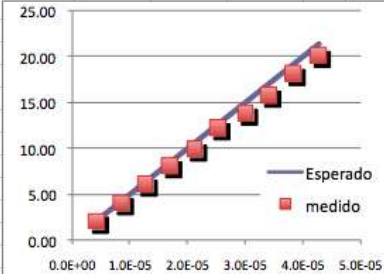
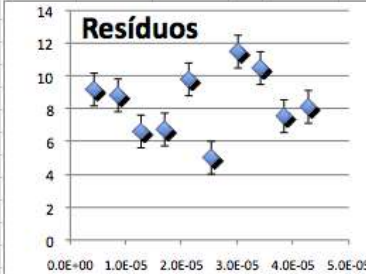
$$R_{EQ} = R_{RP} + R_A + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}}$$

$$V_{real} = V_G - V_{RP} - V_A$$

$$V_{real} = V_G - i_{real}(R_{RP} + R_A)$$

VG (V)	V (real)	I (real)	V (med)	sV	I (med)	sI	V=Ri	Resíduo
2	2.0	4.2E-06	2.0	0.02	4.3E-06	3.4E-08	2.13	9.18219
4	4.0	8.5E-06	4.0	0.03	8.6E-06	6.8E-08	4.29	8.82773
6	6.0	1.3E-05	6.0	0.05	1.3E-05	1.0E-07	6.35	6.62572
8	8.0	1.7E-05	8.0	0.06	1.7E-05	1.4E-07	8.47	6.74318
10	10.0	2.1E-05	9.9	0.08	2.1E-05	1.7E-07	10.64	9.80225
12	12.0	2.5E-05	12.2	0.10	2.5E-05	2.0E-07	12.65	5.02568
14	14.0	3.0E-05	13.8	0.11	3.0E-05	2.4E-07	15.05	11.4929
16	16.0	3.4E-05	15.7	0.13	3.4E-05	2.7E-07	17.06	10.4896
18	18.0	3.8E-05	18.1	0.14	3.8E-05	3.1E-07	19.18	7.55777
20	20.0	4.2E-05	20.1	0.16	4.3E-05	3.4E-07	21.36	8.12419

31 **Resíduo médio =** 8.38713

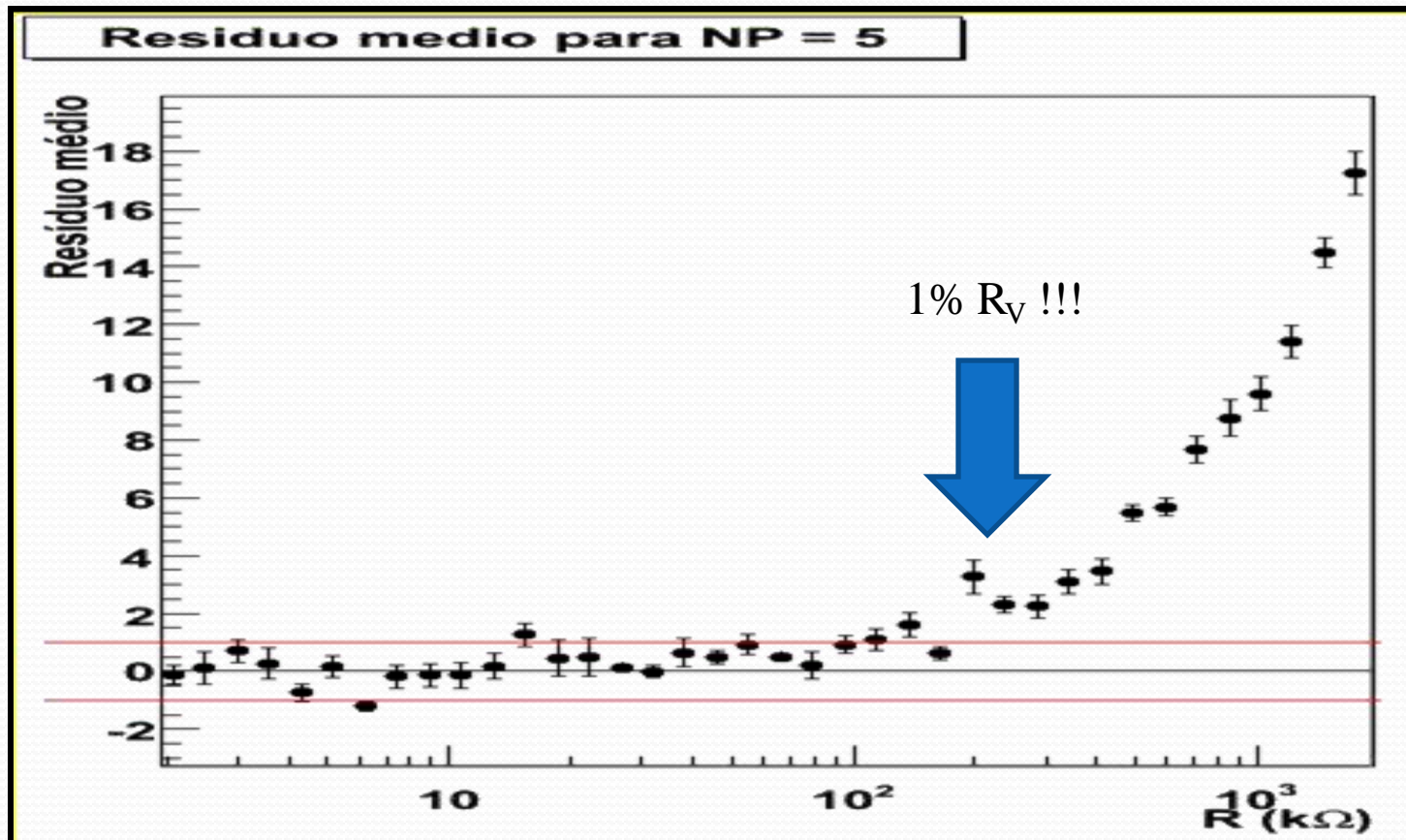



33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45

Sheet1

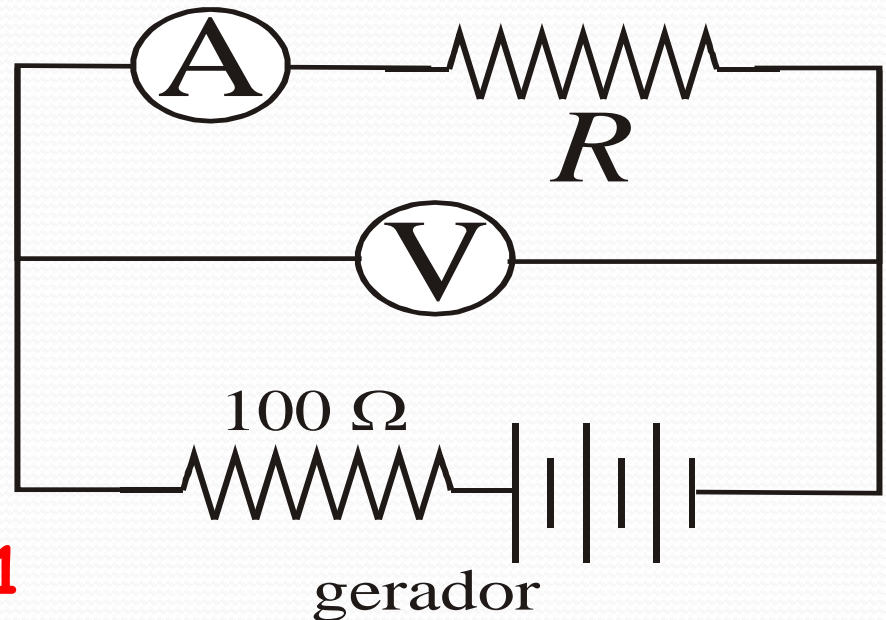
Resultado da Simulação

- Gráfico do resíduo médio em função de R mostra o limite de que pode ser medido com o circuito 2.



Tarefa extra para a experiência 1

- Fazer a simulação e obter qual é o menor R possível de ser medido sem interferência significativa do amperímetro
- Entregar até o final da experiência



Circuito 1

Experiência 1: Lâmpada

Queremos entender como uma lâmpada incandescente funciona. Para isso teremos 4 semanas:

1. Circuitos de Corrente Contínua

- Como medir grandezas elétricas?
- Os instrumentos de medida influenciam no resultado de uma medida? Como escolher o instrumento certo?

2. Pilha e Lâmpada

- Como varia a tensão de uma pilha ou em uma lâmpada em função da corrente?

3. Potência de uma lâmpada

- Como varia a potência da lâmpada em função da temperatura do filamento?

4. Radiação emitida por uma lâmpada

- Como varia a radiação emitida pela lâmpada em função do comprimento de onda da luz?

Lâmpada de Filamento



Luz



- Luz é uma parte do espectro eletromagnético a qual o nosso olho é sensível
- Objetos são visíveis ao olho humano porque:
 - Refletem a luz incidente
 - Emitem luz
- Nas temperaturas em que vivemos os objetos são visíveis pela luz que refletem
- Em temperaturas suficientemente altas eles passam a ter luz própria



Radiação Térmica

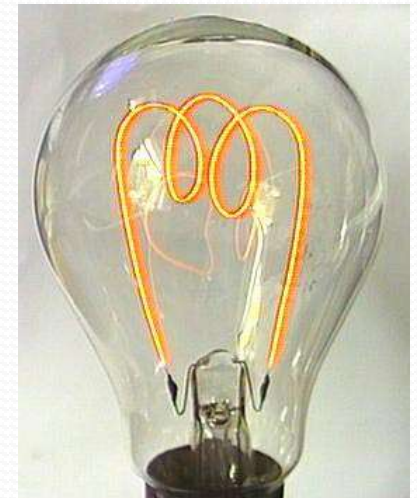
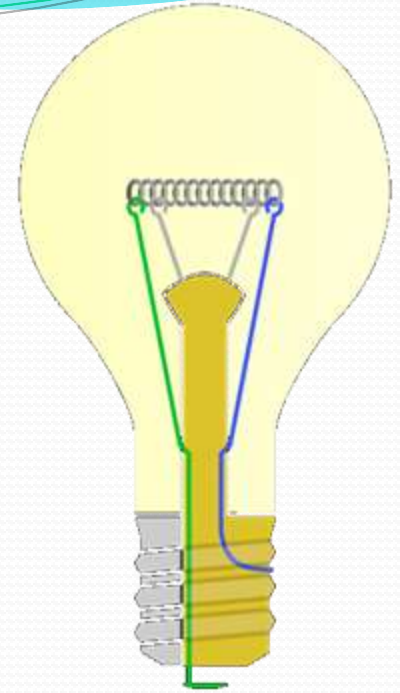
- O objeto aquecido a uma temperatura relativamente baixa: irradia calor (IV) que não é visível para nós
- Aumentando a temperatura a quantidade de radiação emitida aumenta rapidamente e se nota que a cor da luz emitida também muda
- Na verdade um objeto aquecido emite e absorve radiação térmica de todas as frequências, mas com o aumento da temperatura mais radiação é emitida e a frequência da radiação mais intensa aumenta



→
T(K)

Lâmpada incandescente

- **Lâmpada:** filamento metálico envolto por um bulbo de vidro selado que contém um gás a baixa pressão.
 - prevenir que oxigênio entre em contato com o filamento o que provocaria sua destruição por oxidação. Apesar disso o filamento sofre um processo de evaporação.
- **Vantagem:** é barata.
- **Desvantagem:** o metal do filamento sofre evaporação e se deposita nas paredes do bulbo, escurecendo-o. Quanto mais alta é a temperatura do filamento mais intensa é a evaporação e mais curta a vida do filamento.



A resistência da lâmpada



- Vocês mediram no laboratório que a resistência da lâmpada era:
 $\sim 25 - 30 \Omega$
- De acordo com o fabricante a lâmpada funciona com:
 - **$V = 110 \text{ V}$ e $P = 100 \text{ W}$**
 - Se usarmos **$P = V^2/R$** obtemos:
 - **$R = 121 \Omega$.**
- Porque a discrepância entre a medida realizada e o valor calculado a partir dos dados do fabricante?

Problema a ser investigado



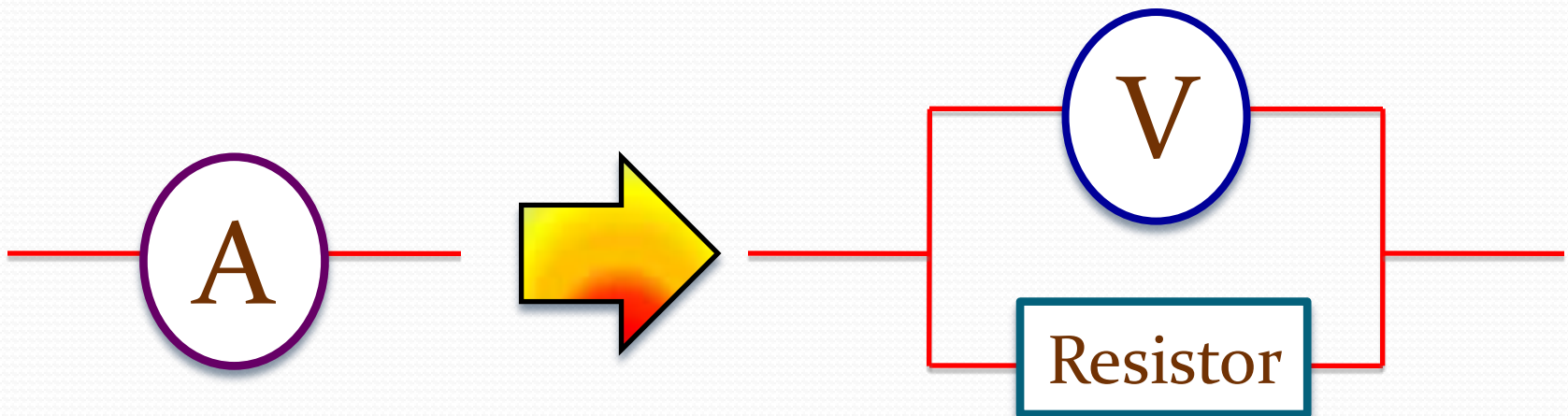
- Quando utilizamos uma lâmpada transferimos potência elétrica ($P = V i$) para a lâmpada.
- Como esta potência é utilizada?
 - Existe uma relação entre a potência e o aquecimento da lâmpada?
 - Isso pode alterar as características elétricas da lâmpada, como resistência?
- Como é a luz emitida por uma lâmpada?

Atividades da Semana (parte 1)

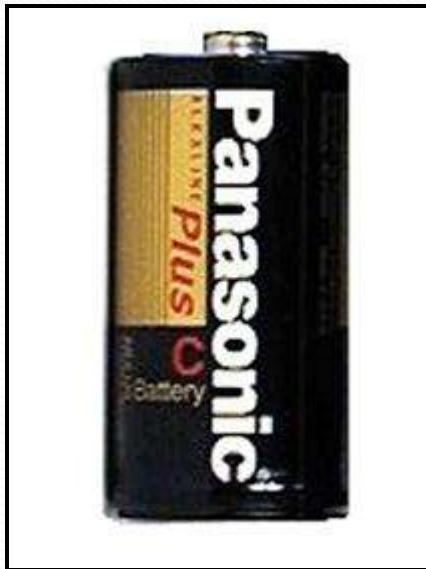
- Medir a curva característica de uma lâmpada comum de automóvel
 - Valores nominais: 10 W, 12V
 - Qual circuito (1 ou 2) é mais adequado? Discuta.
 - Levantar a curva característica desde tensões baixas na lâmpada até a tensão de operação (na lâmpada).
- Qual é a potência na qual a lâmpada começa a emitir luz? Discuta, levando em consideração a subjetividade dessa medida.
- Como a resistência depende da potência fornecida? Compare com o esperado nominalmente.
- O que acontece se eu conectar essa lâmpada a uma pilha comum?
 - O que é uma pilha comum?

Detalhe experimental

- Amperímetros são instrumentos sensíveis
 - Evite usar amperímetros
 - O que fazer?
 - Substitua um amperímetro por um voltímetro e um resistor em paralelo. Meça a voltagem no resistor e use a relação
 $R = V/i$
para calcular a corrente



Pilha Comum



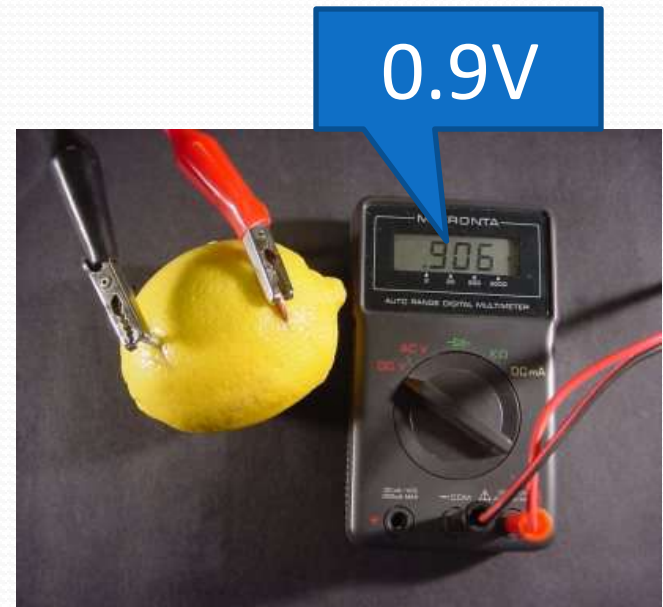
Pilha Comum

- Gerador que converte energia química em elétrica
- A tensão elétrica depende dos elementos químicos que compõe a pilha
- Alessandro Volta (1798)
 - Duas tiras de metais diferentes em solução levemente ácida → tensão elétrica
- Pilha seca → Georges Lelanché em 1866



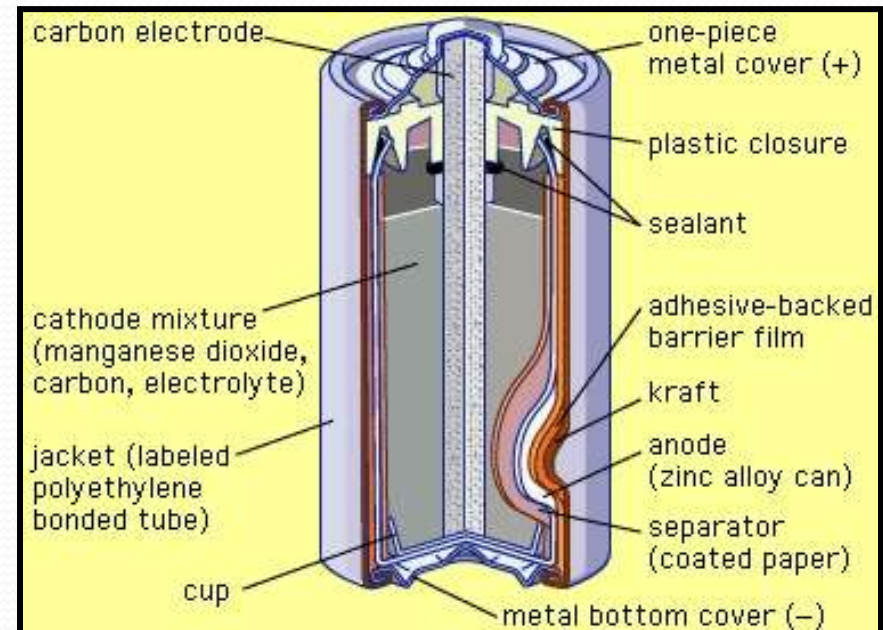
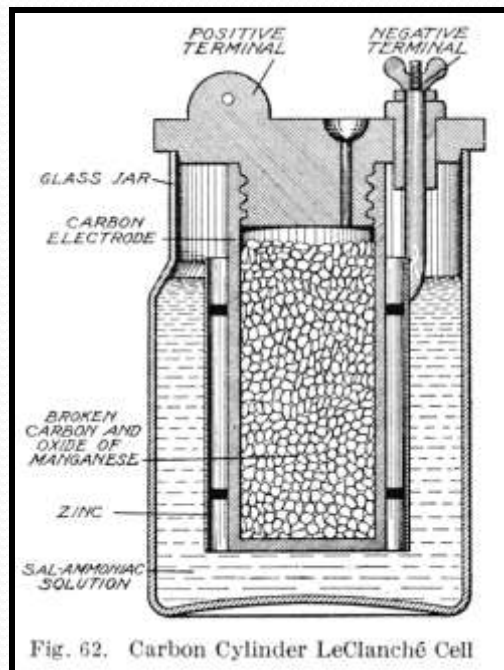
Gerador simples

- A partir desse princípio básico de funcionamento, é possível construir uma pilha facilmente:
 - Um prego galvanizado
 - Uma moeda de cobre
 - Um limão
- E tem-se uma pilha!



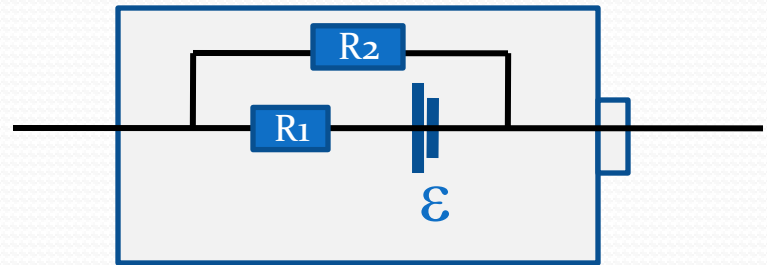
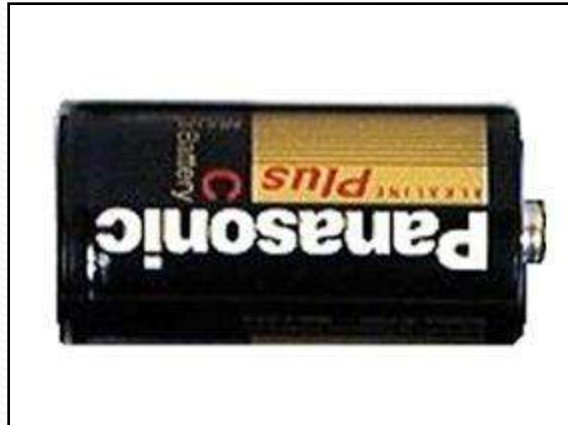
Pilha Comum

- A pilha moderna usa, em geral, Zinco e Cobre (ou carvão) como eletrodos. Contudo, o Zinco é o elemento principal para gerar a tensão entre os terminais
- A tensão é sempre 1,5 V, independente do tamanho da pilha → características químicas dos eletrodos



O que é uma pilha?

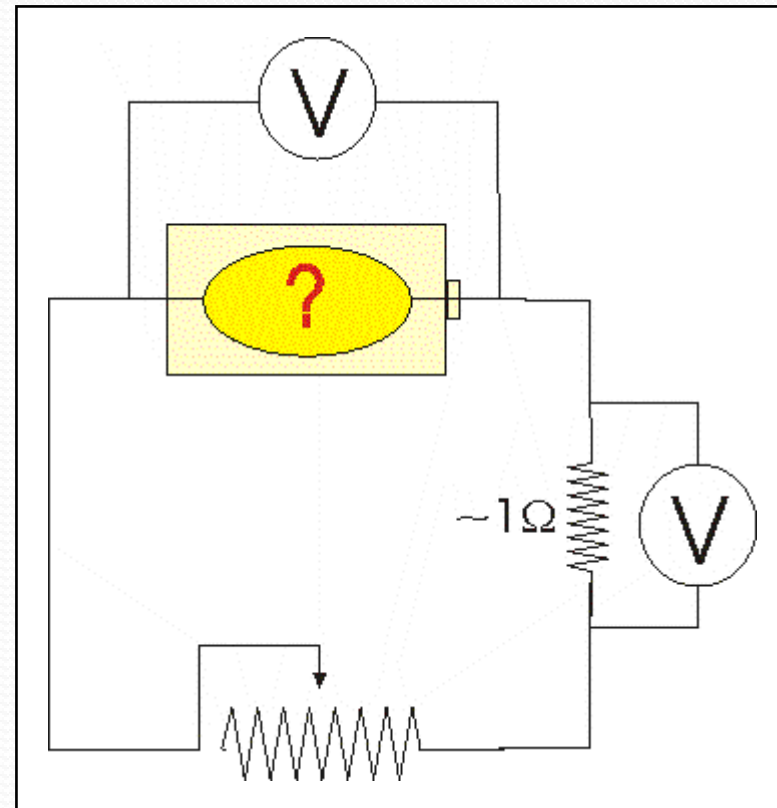
- Qual o modelo elétrico que a gente pode utilizar nos projetos de circuitos para uma pilha comum?



- Como testar?
 - Tomar dados e analisá-los. Um dos objetivos desta aula.

Medindo curvas características de pilhas

- A pilha é um gerador no qual não podemos variar a tensão.
- Como fazer uma medida de tensão em função da corrente?
 - Resistor variável
- A resistência interna do amperímetro ($\sim 10\Omega$) pode limitar a corrente gerada
 - Substituir por um resistor ($1-1,5\ \Omega$) + Voltímetro



Atividades da Semana (parte 2)

- Medir a curva característica da pilha desde correntes baixas até a maior corrente possível de se medir com o arranjo experimental utilizado.
 - Usar vários resistores ou reostatos. O que é melhor? Usar resistências entre 0 e $60-80\Omega$.
- Estabelecer um modelo para pilha e verificar se os dados podem ser descritos por este modelo. Obter os parâmetros relevantes.
 - Dica: ver site do LabFlex e apostilas dos anos anteriores
- Fazer a curva de potência fornecida pela pilha como função da corrente fornecida. Quando a potência fornecida é máxima? Isto corresponde à situação de maior corrente?

Atividades da Semana (parte 3)

- Seja um circuito formado pela lâmpada e pilha utilizadas nesse experimento.
- Qual é a tensão e corrente sobre a lâmpada para esse circuito?
 - Discuta o procedimento adotado para responder essa questão.

