

## OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2016

3ª FASE – 08 DE OUTUBRO DE 2016

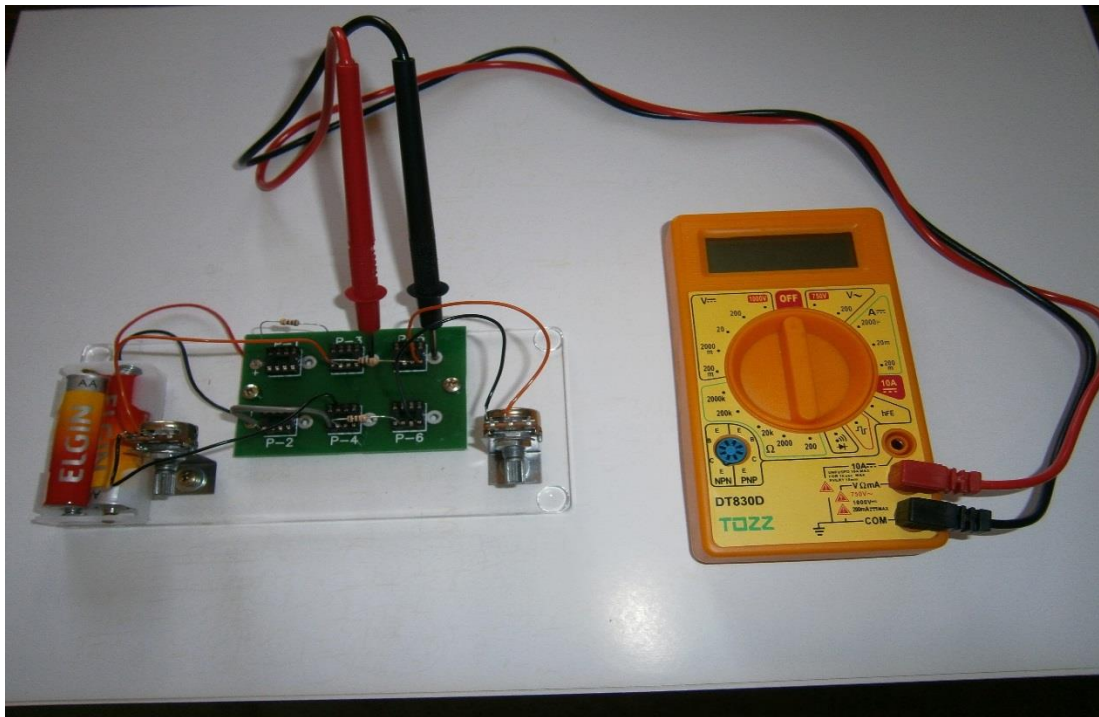
### PROVA EXPERIMENTAL

**NÍVEL II**  
**Ensino Médio**  
**1ª e 2ª série.**

#### LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

- 01 - Esta prova destina-se exclusivamente aos alunos do 1ª e 2ª série do ensino médio.
- 02 - O **Caderno de Resoluções** possui instruções que devem ser lidas cuidadosamente antes do início da prova. As resoluções devem ser transcritas no local indicado no caderno de resoluções. Respostas fora do local indicado não serão consideradas.
- 03 - Leia todas as instruções antes de manipular o kit experimental.
- 04 - Todos os resultados numéricos de medidas e cálculos devem ser expressos de acordo com as instruções específicas. É permitido o uso de calculadoras não programáveis.
- 05 - A duração desta prova é de **três horas**, devendo o aluno permanecer na sala por no mínimo **sessenta minutos**.
- 06 - **Ao terminar a prova você deverá devolver o kit experimental.**

#### TRABALHOS COM ELETRICIDADE E CIRCUITOS ELÉTRICOS



**FIGURA 1:** Vista geral do kit experimental em circuitos elétricos e instrumento de medições.

Neste experimento trabalharemos com medidas de tensão, corrente e resistência utilizando um multímetro e placa de um circuito impresso alimentada com duas pilhas comuns de 1,5 V cada, mostrada na figura 1 acima.

Leia com atenção todas as instruções e cuidados com os aparelhos fornecidos.

Dentro da caixa do kit experimental você encontrará:

- a) Uma placa de acrílico com um circuito impresso de 6 polos ou pontos de conexão, dois resistores variáveis, e uma porta bateria para duas pilhas AA.
- b) Duas pilhas do tipo AA de 1,5 V.
- c) Um multímetro digital DT830D com bateria interna.
- d) Um manual de Instruções do multímetro.
- e) Três resistores iguais com faixa de cores: marrom, verde, marrom e ouro.
- f) Três fios condutor liso para conexão entre os polos.

### **Placa principal com baterias, resistores variáveis, e placa de circuito impresso.**

A placa principal deste kit experimental é feito de acrílico onde estão fixadas uma caixa de bateria com duas pilhas tipo AA de 1,5 V, dois resistores variáveis e uma placa de circuito impresso onde o experimento será realizado, vide Figura 2.

Na placa de circuito impresso existem 6 polos ou pontos indicados por P-1 a P-6. Os pontos P-1 e P-2 estão ligados diretamente com a caixa de baterias e P-1 representa polo de tensão positiva e P-2 representa polo de tensão negativa. Cada ponto ou polo P tem 8 encaixes ou contatos que servem para colocar os fios de conexão simples de resistores ou fio condutor liso. Para um bom contato elétrico basta encaixar o fio na parte lisa, centro do contato, gentilmente. Todos os 8 contatos possuem mesmo potencial, assim o aluno poderá utilizar qualquer um dos contatos para representar um ponto ou polo P.

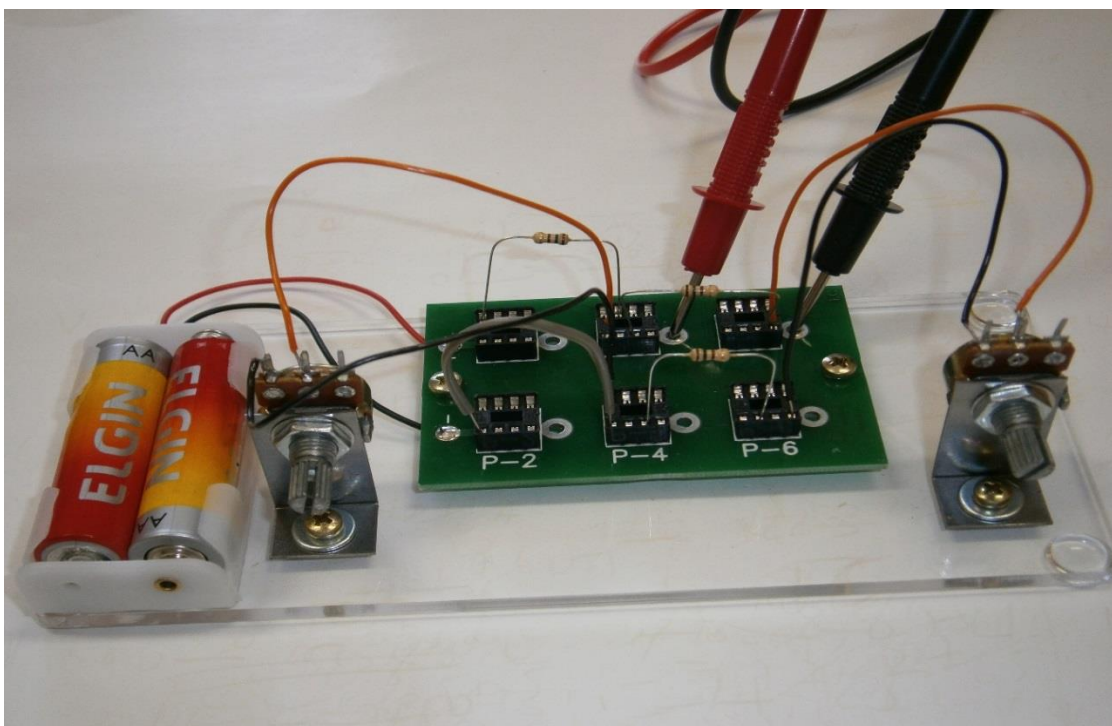
Cada polo tem pequeno furo do lado direito que serve para encaixar uma ponta de prova que vem do multímetro, vide Figura 2. Este pequeno furo está no mesmo potencial dos contatos ou encaixes de cada polo. **NÃO** utilize a ponta de prova nos contatos ou encaixes diretamente, correndo o risco de danificar o sistema de mola que existem nos encaixes ao ser forçado. A ponta de prova poderá ser encaixado no buraco que tem ao lado de cada ponto ou polo, e assim o aluno poderá trabalhar com as duas mãos livres.

As pilhas deverão ser colocadas na caixa de baterias bem firme e uniformemente encaixadas. As pilhas são colocadas em série para obter uma voltagem aproximada de 3 volts. Na caixa de baterias, a parte que tem mola representa o negativo da pilha.

Os dois resistores variáveis foram fixados na placa de acrílico para que o estudante possa manusear o resistor simplesmente girando o botão central (que tem uma ranhura) para obter valor de resistência desejada. Sempre gire o botão gentilmente.

Os demais componentes como resistores fixos ou fios de conexão simples devem ser colocados no circuito de acordo com o requisito de cada experimento. Utilizar os fios e resistores na forma de  $\Pi$  pode ser bem prático, vide Figura 2.

Após o uso não deixe nada conectados nos pontos ou polos de contato, retirem tudo e guardem. As pilhas poderão ficar onde estão.



**Figura 2:** Vista da placa de circuito impresso com conexão de resistores, pontas de prova e resistor variável. Note que colocando a ponta de prova no buraco de encaixe não há necessidade de segurar as pontas de prova com as mãos.

### **Cuidados com o multímetro:**

O multímetro fornecido poderá ser utilizado para as medições de voltagem (contínua e alternada), corrente e resistência entre outros tipos de medidas. Detalhes da sua utilização estão no folheto “Manual de Instruções” junto com cabos com pontas de prova. Alguns cuidados que todos os alunos devem observar são seguintes:

O multímetro quando não está em uso sempre deve estar desligado, colocando o dial central na posição “OFF”, para conservar a bateria interna o mais tempo possível.

Uma das medidas que mais consome a energia da bateria interna, que sustenta o multímetro, é a medida de resistência. Portanto, nunca deixe o dial na posição da medida de resistência exceto quando necessário.

As pontas de prova são os fios compridos de cores preto e vermelho, coloque o fio preto sempre na tomada onde está escrito “COM” de comum ou terra. E o fio vermelho na tomada “VΩmA” que são para as medidas de voltagem, resistência e corrente em mA respectivamente.

**Após o término amarre novamente as pontas de prova com o fio da mesma forma que você recebeu na caixa kit.**

### **Precisão ou erro das medidas com multímetro:**

Tensão contínua: +- 0,5% da leitura mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display).

Corrente: +- 1,0% da leitura mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display).

Resistencia: +- 1,0% da leitura para a escala de 200Ω e +- 1,2% da leitura para demais escalas, mais 1 para o dígito menos significativo (a última casa do display).

Por exemplo valor lido no multímetro  $R=398\Omega$  na escala de 2000Ω, 1,2% é 4,776, o último dígito no display foi 8 de 398, então somando 1 no 4 teremos 5Ω. Assim o valor a representar é  $(398\pm 5)\Omega$

### **Código de cores dos Resistores.**

Os resistores de valores fixos usados em eletrônica são em geral codificados com 4 cintas de cores, A, B, C e D, sendo a última “D” um pouco afastada dos três demais. Esta cor, um pouco mais afastada, denota a precisão da medida. As duas primeiras A e B indicam os dois dígitos significativos, a terceira C o expoente em  $10^C$  e a quarta D a precisão.

Assim:

**$R = AB 10^C$ , com D = precisão (em ohms)**

As cores têm seguintes significados: Marrom = 1; Vermelho = 2; Laranja = 3; Amarelo = 4; Verde = 5; Azul = 6; Violeta = 7; Cinza = 8; Branco = 9; Preto = 0; Ouro = -1

Precisão: Branco = 1%; Prata = 10%; Ouro = 5%.

Exemplo:

Cores = marrom, preto, vermelho, ouro =  $10 \times 10^2 \pm 5\% = 1000 \pm 50$  ohms =  $(100 \pm 5)10\Omega$

**Todas as medidas de resistência, tensão ou corrente devem ser fornecidas com seus respectivos erros ou precisão da medida, bem como a escala da medida utilizada no multímetro ao longo de toda a prova.**

**Todos os cálculos utilizando valores com erros devem propagar seus erros e fornecer os resultados com seus erros. As regras de propagação dos erros estão no final desta prova.**



### ETAPA 1: (15 pontos)

1. Medir e anotar a voltagem da fonte com as pilhas utilizando o multímetro. (2 pontos)
2. Escrever o valor da resistência fixa via código de cores e via medida direta com multímetro. (2 pontos)
3. Determine e escreva o intervalo de variação dos resistores variáveis fornecidas, denominando como  $R_{var1}$  o mais próximo a bateria e  $R_{var2}$  o mais afastado. (2 pontos)
4. Montar um circuito com uma resistência fixa em série com a fonte, coloque o circuito numa figura. (4 pontos)
5. Determinar o valor da tensão e corrente no resistor com multímetro. (5 pontos)

**Após as medidas, coloque o multímetro na posição “OFF” desligado, e retire o resistor fixo e/ou fio condutor do circuito, guardando-o no saquinho plástico.**

### ETAPA 2: (25 pontos)

Em todos os circuitos que utilizam uma fonte de tensão em geral é colocado um resistor em série com a fonte, denominado resistor de proteção  $R_p$ , para proteção da fonte e circuito. No caso de pilhas um curto circuito sem a utilização do  $R_p$  pode descarregar as pilhas em alguns minutos.

No nosso caso, vamos utilizar um dos resistores fixos como  $R_p$  colocando-o entre os pontos P-1 e P-3. Todos os circuitos doravante devem ser iniciados a partir do ponto P-3.

6. A teoria de Thevenin diz que dados uma fonte com tensão de saída  $V_o$  e um conjunto de resistores, podemos sempre arrumar de alguma forma estes resistores, de modo a obter uma nova fonte de tensão mais baixa com um resistor equivalente. Descreva um circuito, mantendo o resistor  $R_p$ , e adicionando outro(s) resistor(es) para obter uma nova fonte com tensão de saída de 2,50 V. Vamos definir as saídas da diferença de potencial (ddp) de 2,50 V como saídas A e B. (15 pontos)
7. Monte o circuito proposto por você e coloque o circuito numa figura mostrando as saídas A e B. Qual o possível valor do resistor equivalente? Meça e escreva a voltagem de saída AB e compare com o resultado obtido no item anterior. (10 pontos)

**Após as medidas, coloque o multímetro na posição “OFF” desligado.**

### ETAPA 3: (35 pontos)

Considerando que as saídas A e B são agora saídas de uma nova fonte de 2,50 V, com uma certa resistência interna  $R_i$ , colocar um resistor variável ligado nas saídas AB.

8. Para cada valor da resistência no resistor variável podemos obter uma voltagem e corrente aplicada no resistor. Obtenha uma tabela com variação da voltagem (0~2,50V), corrente, resistência calculada e potência dissipada no resistor variável. (20 pontos)
9. Faça uma figura com potência dissipada versus resistência variável. (15 pontos)

**Após as medidas, coloque o multímetro na posição “OFF” desligado, e retire o resistor fixo e/ou fio condutor do circuito, guardando-o no saquinho plástico.**

#### **ETAPA 4: (25 pontos)**

10. Considerando, de acordo com Teorema de Thevenin, que a nova fonte pode ser caracterizada por uma fonte de força eletromotriz  $V_i$  e resistência interna  $R_i$  obtenha a equação que relaciona potência fornecida para resistor,  $R_v$ ,  $V_i$  e  $R_i$  e determine o valor máximo que a potência pode atingir. (15 pontos)
11. Discuta os resultados obtidos via análise dos resultados do item 10, gráfico do item 9 e os valores dos resistores utilizados para obter a nova fonte. (10 pontos)

**Após as medidas, coloque o multímetro na posição “OFF” desligado, e retire o resistor fixo, e/ou fio condutor do circuito impresso, guardando-os no saquinho plástico. Retire todos os fios dos polos conectados.**

### **Algarismos Significativos**

#### **REGRAS**

- i. Os erros das medidas são representados com um algarismo significativo. Exceto quando este algarismo significativo for os números 1 ou 2, utilizamos dois algarismos significativos.
- ii. A posição do último algarismo significativo do valor principal deve ser definida pelo valor do erro obtido. Não tem sentido um número menor que o valor do erro. Portanto, o valor principal deve sempre ter seu último algarismo significativo na mesma casa do último algarismo significativo do erro.
- iii. O valor principal e o seu erro devem sempre estar na mesma potência e unidade.
- iv. Os erros lidos diretamente nos instrumentos, ou fornecidos pelo fabricante, são escritos apenas com um algarismo significativo, exceto se vier com 2 algarismos escritos no instrumento.
- v. Para arredondamento: de 0,000 até 0,499 mantém-se o último algarismo significativo. De 0,500 até 0,999 acrescentamos uma unidade ao último algarismo significativo.
- vi. O número zero colocado à esquerda do valor principal ou do erro não é algarismo significativo, mas colocado à direita é um algarismo significativo do número.
- vii. Para o efeito de cálculo, trabalhamos com todos os números disponíveis no instrumento, mas a representação final sempre deve obedecer às regras acima.

### **Propagação de erros em um cálculo matemático**

Quando obtemos qualquer medida experimental, sempre teremos o envolvimento do erro da medida. Ao realizarmos cálculo com essas medidas teremos uma propagação destes erros e o resultado também deve ser representado com um erro.

Se tivermos duas medidas do tipo,  $x \pm \Delta x$ , e  $y \pm \Delta y$ , e realizarmos uma operação matemática qualquer, o resultante  $f(x,y)$  também terá um erro  $\Delta f(x,y)$ . O valor do erro  $\Delta f(x,y)$  pode ser obtido pela equação:

$$\Delta f(x,y) = \left[ \left( \frac{df}{dx} \right)^2 (\Delta x)^2 + \left( \frac{df}{dy} \right)^2 (\Delta y)^2 \right]^{1/2}$$

Para um cálculo rápido e simplificado, apresentamos a seguir uma lista de fórmulas para operações mais comuns.

**Tabela 1. Exemplos de fórmulas de propagação de erros.**

$w = w(x, y, \dots)$	Expressões para $\sigma_w$
$w = x \pm y \pm \dots$	$\sigma_w^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \dots$
$w = x^m$	$\sigma_w =  m x^{m-1}  \sigma_x$ ou $\left  \frac{\sigma_w}{w} \right  = \left  m \frac{\sigma_x}{x} \right $
$w = ax$	$\sigma_w =  a  \sigma_x$ ou $\left  \frac{\sigma_w}{w} \right  = \left  \frac{\sigma_x}{x} \right $
$w = ax + b$	$\sigma_w =  a  \sigma_x$
$w = axy$	$\sigma_w^2 = (ay)^2 \sigma_x^2 + (ax)^2 \sigma_y^2$ ou $\left( \frac{\sigma_w}{w} \right)^2 = \left( \frac{\sigma_x}{x} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_y}{y} \right)^2$
$w = a \frac{x}{y}$	$\sigma_w^2 = \left( \frac{a}{y} \right)^2 \sigma_x^2 + \left( \frac{ax}{y^2} \right)^2 \sigma_y^2$ ou $\left( \frac{\sigma_w}{w} \right)^2 = \left( \frac{\sigma_x}{x} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_y}{y} \right)^2$
$w = ax^p y^q$	$\sigma_w^2 = (ap x^{p-1} y^q)^2 \sigma_x^2 + (ax^p q y^{q-1})^2 \sigma_y^2$ ou $\left( \frac{\sigma_w}{w} \right)^2 = \left( p \frac{\sigma_x}{x} \right)^2 + \left( q \frac{\sigma_y}{y} \right)^2$
$w = a \operatorname{sen} bx$	$\sigma_w =  ab \cos bx  \sigma_x$ ( $\sigma_x$ em radianos)
$w = b \log_a x$	$\sigma_w = \left  \frac{b}{\ln a} \right  \frac{\sigma_x}{x}$