

## Objetivos

- a. Compreender os conceitos de tensão, corrente e resistência.
- b. Estudar a função e a forma de utilização de instrumentos de medidas em circuitos d. c.
- c. Analisar resultados experimentais.

## I. Teoria

Em eletrostática o valor do potencial elétrico é o mesmo em todos os pontos do condutor eletrizado. Não há diferença de potencial entre dois pontos quaisquer. As cargas livres não têm qualquer razão para se deslocar de um ponto a outro, já que um eventual deslocamento não mudaria sua energia. Neste caso não há força resultante agindo sobre as cargas que ficam em equilíbrio estático.

Num condutor perfeito, seria possível manter as cargas em movimento sem tensão entre seus pontos. Nos metais isto não ocorre. Eles fornecem resistência ao movimento das cargas; é necessário que seja mantido uma diferença de potencial entre seus pontos para que as cargas se movam.

Nesta prática tomaremos conhecimento de técnicas de análise de circuito em corrente contínua.

O funcionamento dos medidores elétricos analógicos pode ser entendido com conhecimentos de eletromagnetismo, que será discutido no decorrer das próximas aulas, mas por enquanto é possível estudar a função e a forma de utilização desses instrumentos nos circuitos.

Os valores nominais indicam as condições ideais de funcionamento de um equipamento de acordo com o fabricante. Em geral, são fornecidas a potência e tensão de trabalho.

As regras de Kirchhoff são importantes pois permitem a determinação do valor da corrente e seu sentido em todos os componentes de um circuito, permitindo assim, que o seu funcionamento seja entendido.

Método para análise de um circuito em dc

Regras de Kirchhoff

i) Com base na Teoria da Conservação da Carga Elétrica, podemos citar a 1ª regra de Kirchhoff, ou seja, a Lei dos Nós: “A soma algébrica das correntes em um nó é igual a zero.”

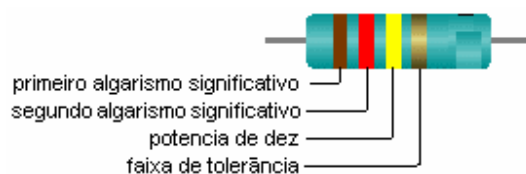
Define-se nó como sendo o ponto de ligação entre três ou mais condutores.

ii) Considerando o fato de o campo elétrico ser conservativo, temos a 2ª regra de Kirchhoff, chamada Lei das Malhas: “A soma algébrica das diferenças de potencial ao longo de uma malha em um circuito é igual a zero”.

Nota.

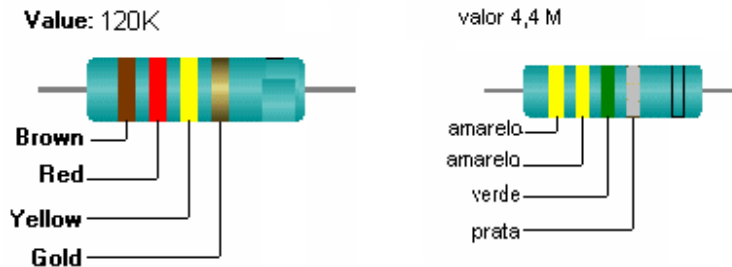
Os resistores trazem em sua superfície, faixas coloridas que identificam o valor de sua resistência. O código de cores é dado pela tabela seguinte. Convém observar que na 4ª faixa, ou seja, na faixa de tolerância, são usadas as cores ouro e prata para apresentarem uma precisão de 5% e 10% respectivamente, no valor da resistência. A não existência da 4ª faixa implica numa tolerância de 20%.

Cor	Valor
Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9



A cor ouro ou prata na terceira faixa, indica potências  $10^{-1}$  ou  $10^{-2}$  respectivamente.

**Exemplo:**



Value:  $12 \cdot 10^4 = 120 \cdot 10^3 = 120 \text{ K} \Omega \pm 5\%$   
 Código alternativo: “the BS 1852 code”.

Valor:  $44 \cdot 10^5 \pm 10\% = 4,4 \text{ M}\Omega \pm 10\%$

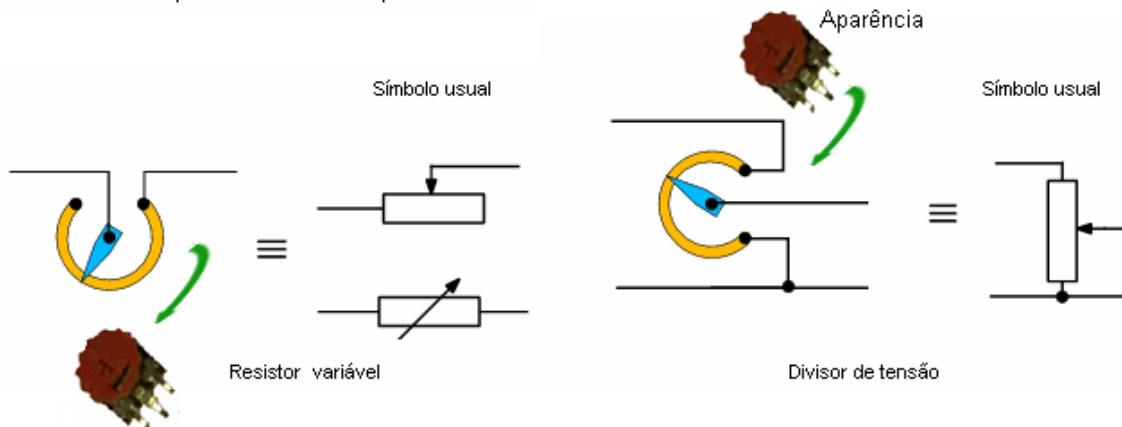
Este código consiste de letras e números e é usado tanto para resistor de valor fixo como para resistor de valor variável.

**Exemplo:** “The British Standards (BS) code”

$5R6J = 5.6 \Omega \pm 5\%$ ;       $2K2K = 2.2 \text{K} \Omega \pm 10\%$ ;       $2M2G = 2.2 \text{ M}\Omega \pm 2\%$ .  
 A segunda das duas letras dá a tolerância: F = 1%; G = 2%; H = 2.5%; J = 5%; K = 10%; M = 20%.

O resistor variável é usado como controle de volume em rádios e circuitos de áudio. Também, é utilizado para controlar o brilho de lâmpadas ou a velocidade de motores. O resistor variável é apropriadamente chamado de potenciômetro ou pot.

Estrutura e símbolo para resistor variável e potenciômetro



Tipos especiais de resistores

Esta seção introduz tipos especiais de resistores dos quais você não pode evitar o uso quando projeta circuitos para medidas e controle. Estes resistores são conhecidos como resistive transducers por causa de variação na sua resistência em resposta a alguma propriedade.

O light dependent resistor (LDR) tem uma resistência que varia com a intensidade da luz, de modo que, um photographic lightmeter pode ser projetado utilizando esse componente.

O thermistor tem uma resistência que varia com a temperatura, (Thermostat).

O strain gauge tem resistência que varia com a força que age sobre ele, de modo que ele permite medir como muitos objetos são esticados ou envergados.

Um LDR tem uma janela na sua face plana na qual se estende uma grade do material que constitui o resistor.

A fig.1 mostra o símbolo para o LDR.

Embora o termo “photocell” seja reservado para célula solar, o LDR pertence a classe dos detetores de luz geralmente conhecidos como “photocells”.

O material comumente usado é o (CDS) “cadmium sulphide” que é um semiconductor.

### Componentes, circuitos e símbolos.

#### Exemplo

O circuito descrito na fig.2 mostra como um amperímetro e um voltímetro serão usados para medir a corrente e a voltagem.

A diferença de potencial  $V_a - V_b$  mede-se em volts. A corrente  $I$  (A), mede-se em Ampères. A constante  $R$  em  $V = R.I$ , é uma característica do condutor e mede-se em Ohm.

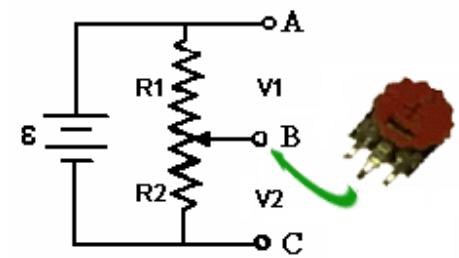
Para um condutor homogêneo,  $R = \rho.l/A$ .

Exemplo:

#### Divisor de tensão

Usando um potenciômetro para obter voltagem variável, fig.3.

fig.3 resistores em série como divisor de tensão



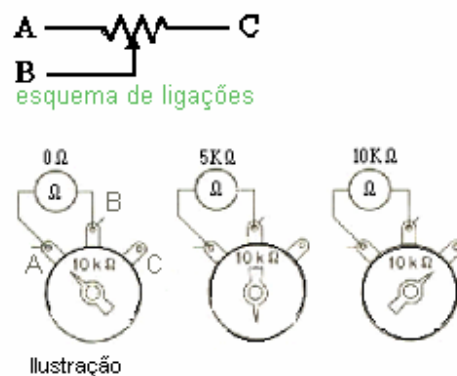
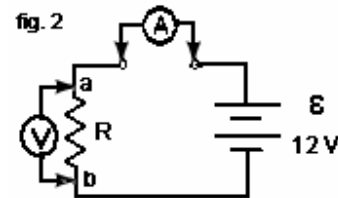
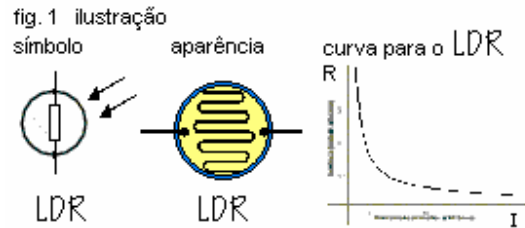
$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2}; V_1 = \epsilon - V_2$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1} V_1,$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1} (\epsilon - V_2)$$

$$V_2 = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \epsilon$$

"Um resistor (reostato) com um terceiro born, variável, serve para produzir qualquer tensão entre 0 e a tensão efetiva nos bornes."

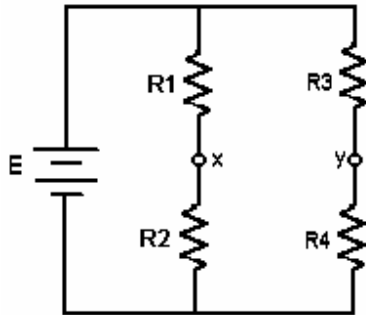


A fig.3 é um circuito que explica o princípio de um Potenciômetro. Uma Resistência  $R$  é dividida, pelo “Contacto Deslizante”, em duas Resistências,  $R_1$  e  $R_2$ .

Exemplo: **Ponte de Wheatstone**

Um par de divisores de tensão conectados em paralelo, fig.4.

fig.4



$$V_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E \quad V_3 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E$$

se  $V_x = V_y$ , ou  $V_1 = V_3$ ,

$$\frac{E}{1 + \frac{R_2}{R_1}} = \frac{E}{1 + \frac{R_4}{R_3}} \quad \text{Então, } \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3},$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

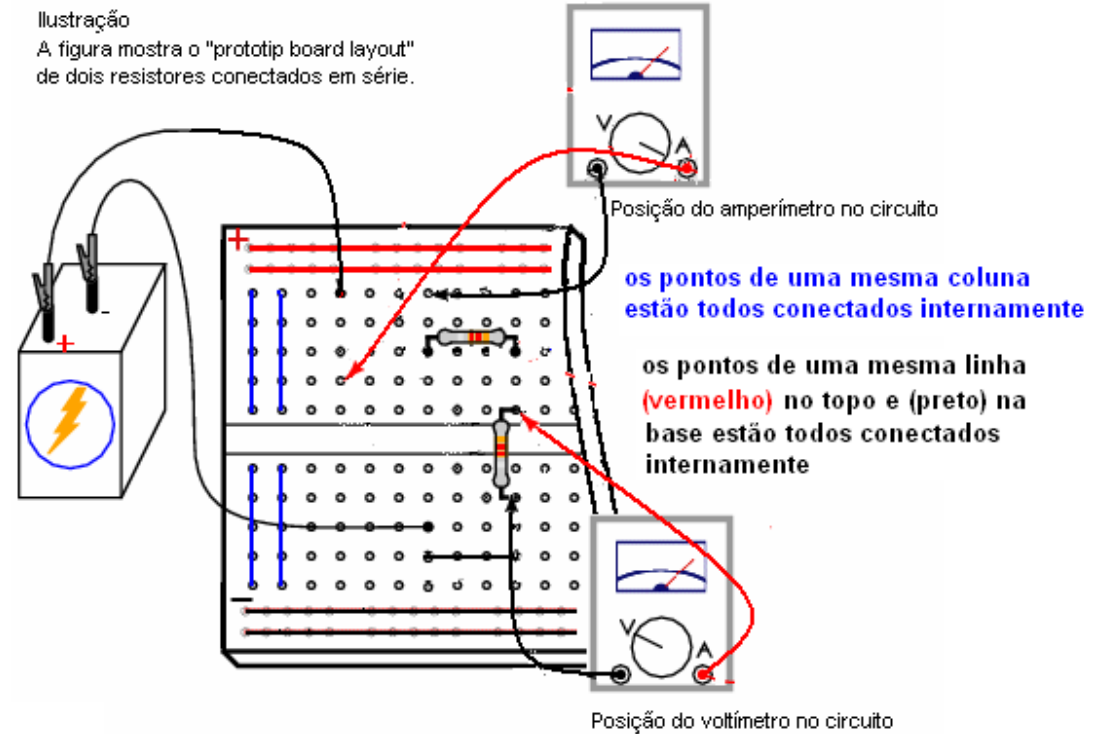
Esse importante circuito costuma ser utilizado para medidas de precisão, utilizando-se resistências padrão para os valores conhecidos.

Nesta primeira prática os instrumentos serão apresentados como dispositivos de medidas, onde serão discutidas escalas e unidades de medidas.

Alguns geradores produzem uma tensão cujo valor varia em função do tempo. Nestes sistemas, a voltagem entre os terminais pode variar, tanto em amplitude quanto em sentido. Assim, se:  $V_a - V_b = V_0 F(t)$ ,

$$i(t) = (V_0/R)F(t) = i_0 F(t).$$

Neste problema, o osciloscópio permite medir o valor  $V_0$ .



**Conceitos examinados:** - Lei de Kirchof, condutor, circuito, voltagem, resistência, conexão em série, conexão em paralelo.

### Material e componentes

VR (resistor variável): 1K  
R (resistor de valor fixo): 1K, 2K2, 10K, 100K  
LDR  
Fonte de tensão: bateria 12V d.c.  
Lâmpadas: 12V / 10W  
Conectores  
Multímetro  
Protoboard

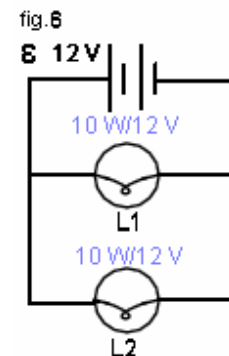
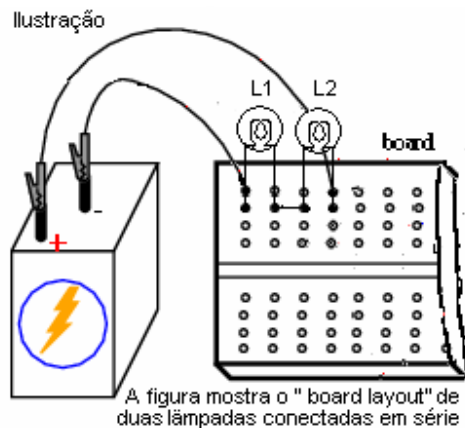
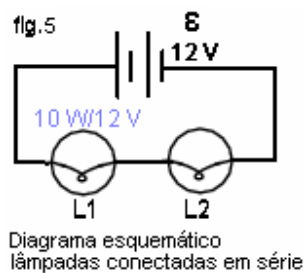
## II.

### Experimento 1.

#### Procedimento

- Conecte no board o circuito indicado na fig. 5.
- Ajuste a voltagem da fonte para 12 volts.
- Compare o brilho de uma lâmpada com o brilho da outra lâmpada.
- Conecte um fio link através da lâmpada  $L_1$ . Por que esta lâmpada apaga? Por que  $L_2$  torna-se mais brilhante?

**Resposta:**



- Conecte o circuito indicado na fig.6.
- Ajuste a voltagem da fonte para 12V.
- Desconecte uma das lâmpadas. Por que a outra lâmpada permanece acesa?

**Resposta:**

h. Quando ambas as lâmpadas estão no circuito, por que são elas igualmente brilhantes?

**Resposta:**

i. Por que o brilho da segunda lâmpada não muda quando a outra lâmpada é desconectada?

**Resposta:**

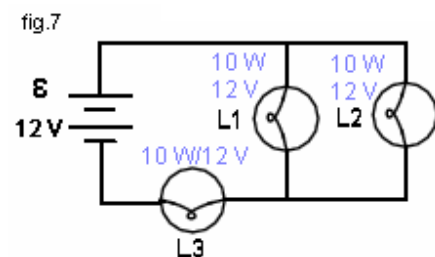
j. Conecte, agora, uma terceira lâmpada em série com  $L_1$  e  $L_2$ , fig.7.

k. Explique o que acontece quando um fio link é conectado através de  $L_3$ .

**Resposta:**

l. Explique o efeito da conexão de um fio link através de  $L_1$ .

**Resposta:**



## Experimento 2.

### Procedimento

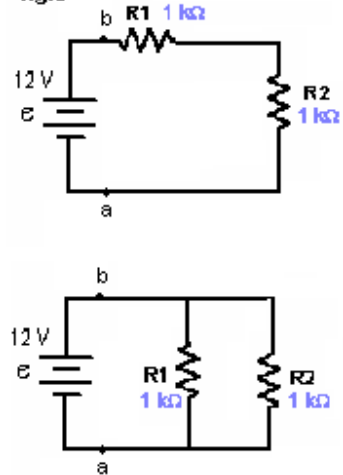
- Conecte no board os circuitos da fig.8. Leia o valor nominal de dois resistores.
- Meça e anote o valor da resistência de cada resistor.

### Nota:

No caso da leitura das resistências, a bateria deve ser desconectada do circuito. Caso contrário o multímetro poderá ser permanentemente danificado.

- Meça e anote a resistência equivalente entre os pontos a e b dos circuitos da figura e compare com o valor nominal.
- Meça e anote o valor da tensão nos terminais da bateria.
- Meça e anote as correntes.
- Meça e anote a queda de voltagem em cada resistor e sobre a resistência equivalente.
- Complete a tabela de dados seguinte.
- Relate o que você pode concluir desta experiência.

fig.8



tabela

	Circuito série				Circuito paralelo	
	Valor nominal	Valor medido	Corrente	Tensão	Corrente	Tensão
$R_1$						
$R_2$						
$R_{\text{equivalente}}(\text{série})$					—	—
$R_{\text{equivalente}}(\text{paralelo})$			—	—		

## Experimento 3.

### Procedimento

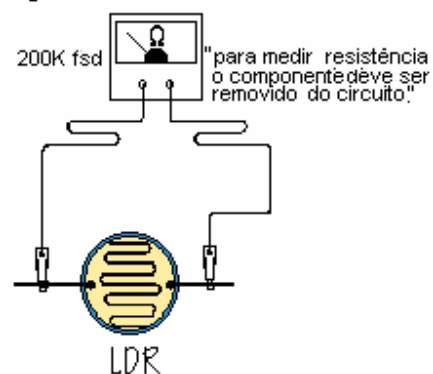
a. Selecione no multímetro a função para medidas de resistência na escala ohm x 1k. Conecte o LDR ao multímetro como mostra o diagrama da fig.9.

b. Cubra lentamente a frente de LDR para variar a “quantidade” de luz; observe a variação da resistência do LDR e responda:  
- O que acontece à resistência quando o LDR é fortemente iluminado?

Qual é a máxima resistência do LDR?

A resistência de um **LDR** é muito maior do que **1 MΩ** (um milhão de ohms) quando na ausência de luz, mas pode chegar a pouco menos que **1 kΩ** quando iluminado.

fig.9



#### Experimento 4.

LDR (Light dependent resistor)

Em muitos casos, é necessária a conversão da variação da resistência em uma variação da voltagem usando um divisor de tensão. Resistência variável com a temperatura, luz ou pressão é chamada **transdutor**.

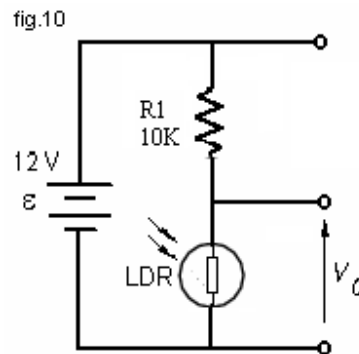
##### Procedimento:

a-Conecte no board o circuito em série como mostra o diagrama da fig.10.

b-O LDR é coberto, sua resistência é alta de modo que a voltagem através dele é alta. Meça e anote  $V_o$  e a resistência do LDR,  $R_{LDR}$ .

c-“Check” o resultado  $V_o = \epsilon R_{LDR} / (R_1 + R_{LDR})$

**Nota:** - Para medir a resistência o componente deve ser desconectado do circuito.



#### Experimento 5.

Ponte de Wheatstone.

O experimento seguinte mostra o uso de dois divisores de tensão como simples medidor de luz.

##### Procedimento:

a-Conecte no board o circuito mostrado na fig.11.

O miliamperímetro pode ser um de alcance de um multímetro qualquer numa escala entre **1mA** f.s.d. ou **10mA** f.s.d.

b-Ajuste o LDR de tal forma que a luz possa atingir a célula só pela janela.

c-Cubra a célula de modo que o LDR esteja no escuro e ajuste o resistor variável **VR** ( $\Omega$ ), até que o medidor indique corrente zero.

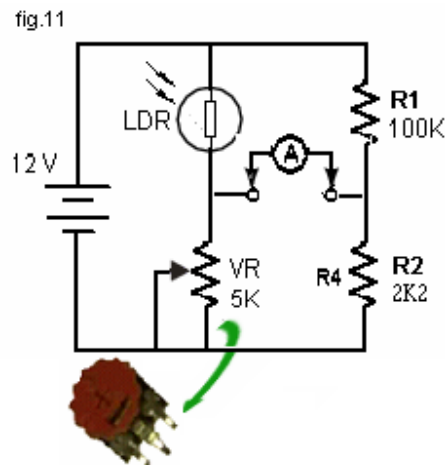
d-Com a ponte em equilíbrio, meça e anote a resistência do LDR ( $R_{LDR}$ ) e o valor de VR(ohms).

**Nota:** - Para medir resistência o componente deve ser desconectado do circuito.

e-“check” o resultado  $R_{LDR} = VR \cdot R1 / R2$

f-Descubra o LDR e varie a iluminação sobre ele. Observe que a leitura no amperímetro varia com a intensidade da luz.

Verifique por inspeção o funcionamento do circuito.



#### Questões:

a.Oque significa e qual a origem de cada uma das seguintes palavras: Coulomb, Ampère, Volt e Ohm?

b.Ofarol de um carro está especificado para 12V, 4A. Qual é a resistência?

c.Uma lâmpada residencial está especificada em 240V e conduz 0,25A. Qual é a sua resistência?

#### Referências:

Halliday Y, D & Resnick, R Fundamentos da Física, Rio de Janeiro, LTC, 1991

Sears, F. & Zemansky, W. Física, Rio de Janeiro, LTC, 1981.

Purcell, E., Eletricidade e Magnetismo Curso de Física de Berkeley, São Paulo – SP, Editora Edgard Blucher, 1973.