

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CCE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEL

# **Medidas Elétricas e Magnéticas**

## **ELT210**

**AULA 05** – Conceitos Básicos, Generalidades  
sobre Medidas Elétricas e Magnéticas e  
Instrumentos de Bobina Móvel

**Prof. Tarcísio Pizziolo**

# 1. Instrumentos Elétricos de Medição

## 1.1 Instrumentos Analógicos

Possuem um **conjunto móvel** que é deslocado aproveitando um dos efeitos da corrente elétrica.

Exemplo:

- Uma corrente  **$I$** , ao percorrer uma bobina  **$b$**  na presença de um **campo magnético** de um **ímã permanente** produz as **forças  $F$**  aplicadas aos condutores da bobina, fazendo girar a bobina em torno do eixo.

### Conjugados

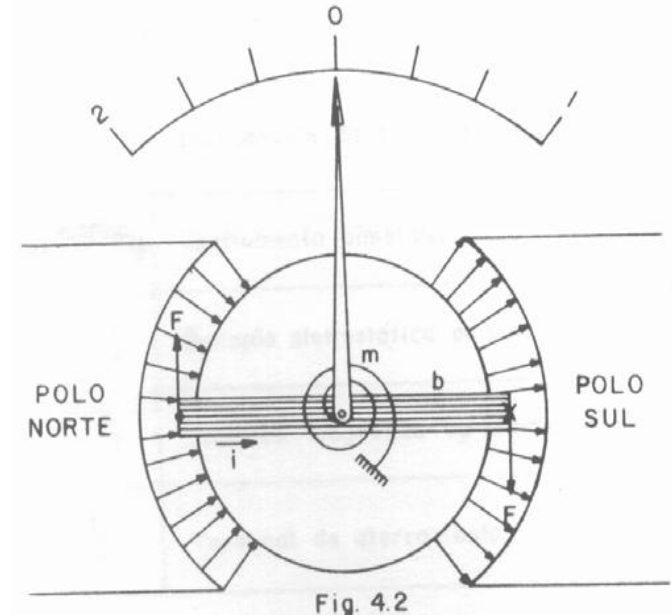
#### 1. Conjugado Motor:

Surge na interação da corrente elétrica com o campo magnético ( **$C_m$** ).

**2. Conjugado Restaurador (Antagonista):** A mola fica sob tensão mecânica e se opõe ao movimento de rotação da bobina, originando um conjugado antagonista ( **$C_a$** ). Além da oposição ao deslocamento, a mola é responsável por “**zerar**” o equipamento quando é cessado o conjugado motor.

Assim:

1. Na posição zero ou posição de repouso:  **$C_m = 0$** ;
2. Na posição de equilíbrio do conjunto móvel:  **$C_m = C_a$** .



## 1.2. Amortecimento do Conjunto Móvel

**Atrito de sobre o ar:** reação do ar sobre uma fina palheta metálica presa ao eixo de rotação.

O conjugado de amortecimento é proporcional à velocidade angular do conjunto móvel.

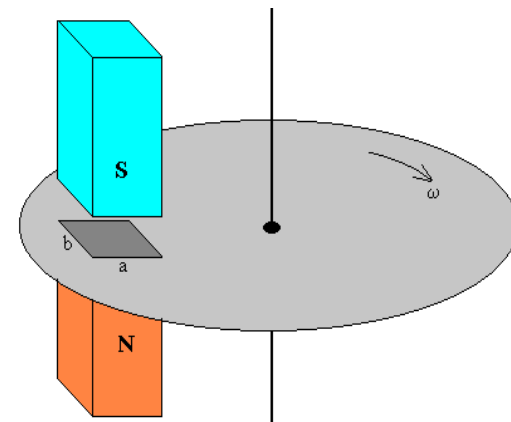
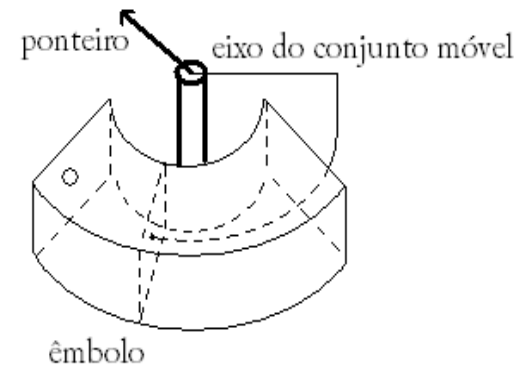
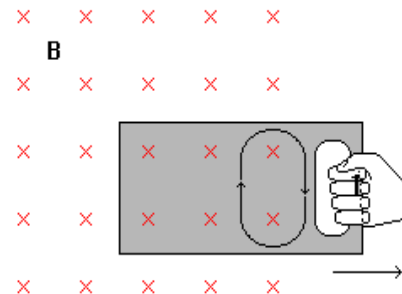
**Atrito sobre líquido:** O amortecimento é dado pela reação das paletas presas ao conjunto móvel com o líquido.

Geralmente é usado óleo mineral (isolante).

A viscosidade é escolhida de acordo com a intensidade do movimento.

**Correntes de Foucault (corrente parasita):** É o nome dado à corrente induzida em um condutor quando o fluxo magnético através de um material condutor varia. (Jean Bernard Léon Foucault).

Em alguns casos a corrente de Foucault pode produzir resultados indesejáveis, como a dissipação por efeito Joule, o que faz com que a temperatura do material aumente. Para evitar a dissipação por efeito Joule, os materiais sujeitos a campos magnéticos variáveis são frequentemente laminados ou construídos com placas muito pequenas isoladas umas das outras.

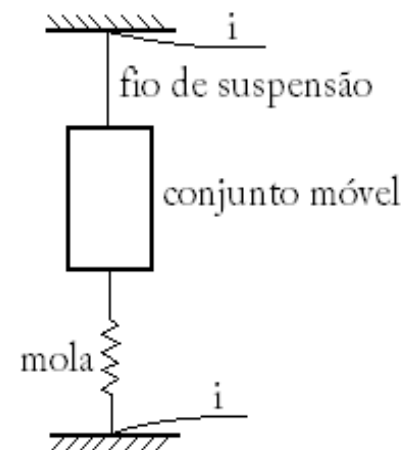


## 1.3. Suspensão do Conjunto Móvel

### Suspensão por fio

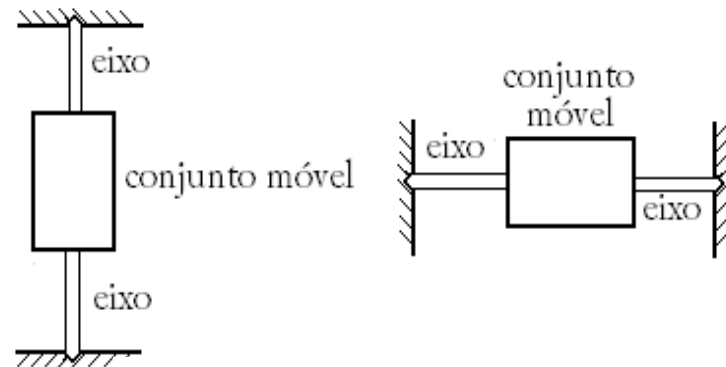
- Empregada em instrumentos de alta sensibilidade.
- O fio, em geral, é feito de uma liga fósforo-bronze e tem 3 finalidades:

- suportar o conjunto móvel na vertical;**
- fornecer, por intermédio da torção, o **conjugado antagonista;**
- servir como **condutor para levar a corrente à bobina.**



### Suspensão por eixo (Instrumento de “Pivot”)

- Possui eixos pontiagudos nas extremidades.
- Pode ser vertical ou horizontal, devendo-se ter cuidado de utilizar o instrumento na posição correta indicada pelo fabricante.



### Suspensão magnética:

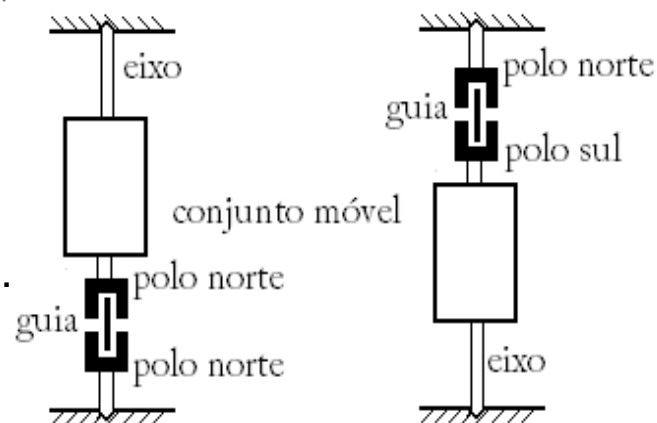
- Utilizada em instrumentos de eixo vertical.
- Possui 2 pequenos ímãs permanentes, um preso ao eixo e o outro à carcaça do instrumento.

Pode ser:

- Tipo Repulsão: mesma polaridade na parte inferior do eixo;
- Tipo Atração: polaridade contrária na parte superior do eixo.

**Nota:** A guia é feito de material não magnético.

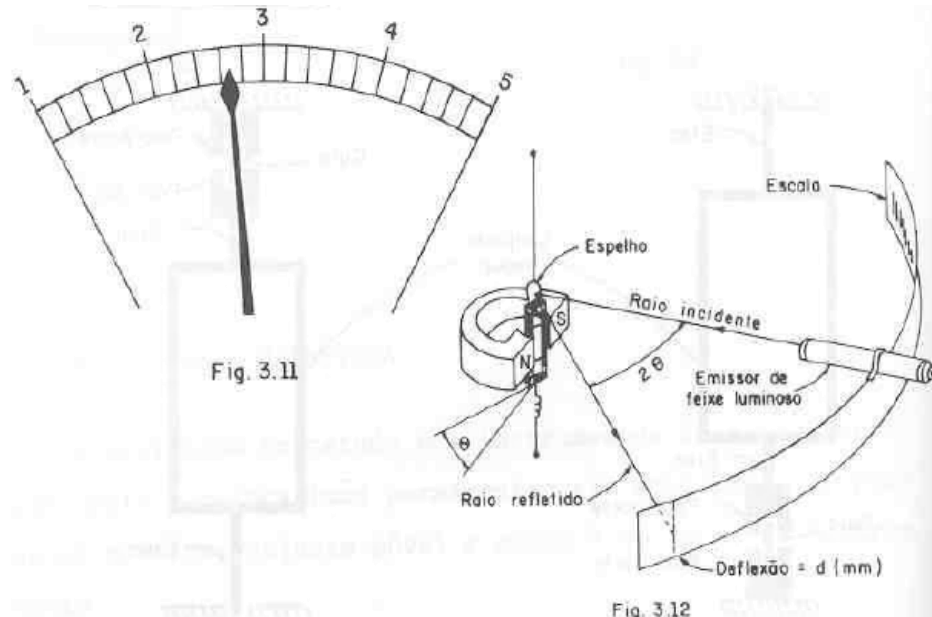
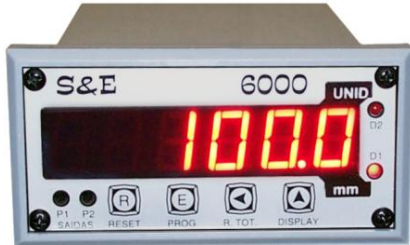
Utilizada em medidores de energia elétrica (elimina atritos e aumenta vida útil).



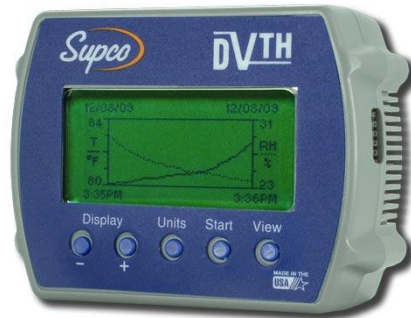
## 1.4. Processos de Leitura

**Indicadores:** utilizam escala graduada.

- Ponteiro
- Feixe luminoso
- Digitais.



**Registradores:**



**Acumuladores:** acumula a grandeza a medição em um intervalo de tempo.  
(medidor de energia elétrica – kWh).



## 1.5. Características do Instrumento

- **Natureza do Instrumento:** caracteriza o tipo de grandeza medida. Ex.: amperímetro, voltímetro, wattímetro, etc.
- **Natureza do Conjugado Motor :** caracteriza o princípio físico de funcionamento do instrumento. (Bobina móvel, Eletrodinâmico ou Ferro-móvel).
- **Calibre do Instrumento :** é o valor máximo que o instrumento é capaz de medir (fundo de escala).  
Ex.: um voltímetro pode medir no máximo 200 V => calibre = 200 V.
- **Instrumento de um só Calibre:** o valor do calibre corresponde ao valor marcado no fim da sua escala.
- **Instrumento de Múltiplo Calibre:** várias posições por meio de uma chave de comutação das escalas. Neste caso, o valor de uma grandeza medida num dos calibre seria:

$$\text{Ex.: } V = \frac{300}{200} \times 148 = 222 \text{ V}$$
$$\text{Valor da grandeza} = \frac{\text{Calibre utilizado}}{\text{Valor marcado no fim da escala}} \times \text{leitura}$$

## 1.5. Características do Instrumento

- **Classe de Exatidão:** representa o Limite de Erro (LE), garantido pelo fabricante, que se pode cometer em qualquer medida efetuada com este instrumento.

Ex.: seja um voltímetro de calibre **C = 300 volts** e **Classe de Exatidão** igual a 1,5. Qual é o Limite de Erro (LE) que se pode cometer em qualquer medida?

$$\text{LE} = 1,5\% \text{ de } 300\text{V}, \text{ ou seja: } \text{LE} = \frac{300 \times 1,5}{100} = 4,5\text{V}$$

- **Discrepância:** é a diferença entre valores medidos para a mesma grandeza.

Ex.: um voltímetro é empregado para medir a tensão de uma fonte, dando como 1ª leitura 218 V e como 2ª leitura 220 V. Diz-se então que a entre as duas medições há uma discrepância de 2V.

- **Sensibilidade:** exprime o valor da grandeza medida e o deslocamento da indicação.

Ex.: dois amperímetros são postos em série para medir a mesma corrente I. No 1º observa-se uma indicação de x divisões na escala e no 2º uma indicação de 2x divisões. Diz-se então que a sensibilidade do 2º amperímetro é o dobro da sensibilidade do 1º.

## 1.5. Características do Instrumento

- **Resolução:** menor incremento que se pode assegurar na leitura de um instrumento, o que corresponde à menor divisão marcada na escala do instrumento.
- **Repetibilidade:** propriedade de um instrumento de, em condições idênticas, indicar o mesmo valor para uma determinada grandeza medida.
- **Perda Própria:** potência consumida pelo instrumento correspondente à indicação final de escala.
  - Ex.: um amperímetro de calibre 10 A e resistência própria de  $0,2\ \Omega$  tem uma perda própria de 20 W.
- **Eficiência de um instrumento:** é a relação entre o seu calibre e a perda própria.
  - Ex.: um amperímetro de calibre 10 A e resistência própria de  $0,2\ \Omega$  tem uma perda própria de 20 W e eficiência de 0,5 A/W.
  - No caso do voltímetro é usual exprimir a eficiência em  $\Omega/V$ , pois:  
 $[V/W] = V/P = R \cdot I/V \cdot I = R/V$ . Assim, um voltímetro de  $5.000\ \Omega/V$  tem maior eficiência que um de  $800\ \Omega/V$ .



## 1.5. Características do Instrumento

- **Rigidez Dielétrica** (tensão de prova ou tensão de ensaio): caracteriza a isolamento entre a parte ativa e a carcaça do instrumento. Expressa em kV, pois representa a tensão máxima que se pode aplicar entre a parte ativa e a carcaça do instrumento sem lhe causar danos.
- **Incerteza de uma Medição (IM)**: exprime a faixa de dúvida ainda presente no resultado, provocada pelos erros presentes no Sistema de Medição e/ou variações da variável medida, e deve sempre ser acompanhado da unidade do mensurando. Assim, o **Resultado de uma Medição (RM)** deve ser sempre expresso por:

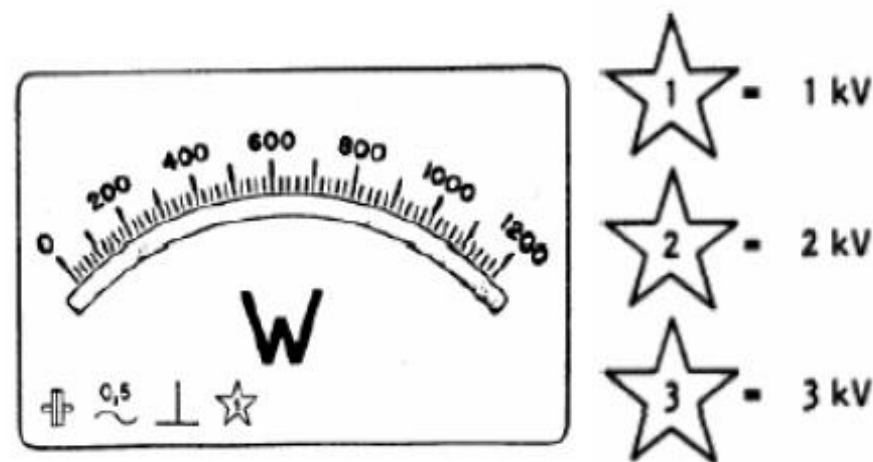
$$RM = (\text{Leitura} \pm IM) [\text{unidade}]$$

- **Exatidão**: exprime o afastamento entre a medida nele observada e o valor de referência aceito como verdadeiro.
- **Precisão**: determinada através de um processo estatístico de medições, que exprime o afastamento mútuo entre as diversas medidas obtidas de uma grandeza dada, em relação à média aritmética dessas medidas.
  - Um instrumento **preciso** não necessariamente é **exato**, embora o seja na maioria dos casos.














## 1.6. Simbologia para Instrumentos

No mostrador dos instrumentos elétricos de medição (principalmente os analógicos), além dos símbolos que caracterizam a natureza do instrumento, a grandeza que o mesmo se destina a medir, encontramos outros símbolos, mostrados a seguir:



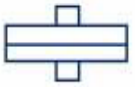
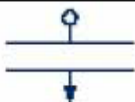
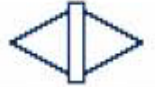

Símbolo	Significado
	Tensão de prova de 500 V.
	Tensão de prova de 1000 V.
	Tensão de prova de 2000 V.
	Tensão de prova de 3000 V.
	Tensão de prova de 5000 V.



## 1.6. Simbologia para Instrumentos

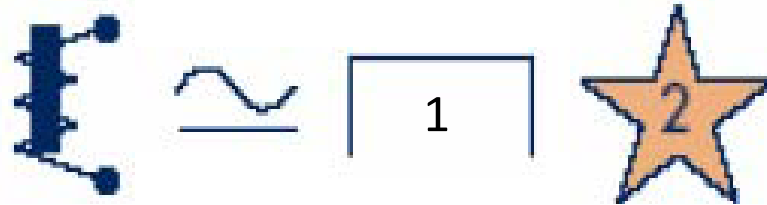
Símbolo	Significado
	Instrumento para corrente contínua.
	Instrumento para corrente alternada.
	Instrumento para corrente contínua e alternada.
	Instrumento para correntes 3F, mas com somente um circuito de medida.
	Instrumento para correntes 3F, com dois circuitos de medida.
	Instrumento para correntes 3F, com três circuitos de medida.
	Instrumento com ajuste de zero (mecânico).
	Símbolo que indica instrumento com blindagem de ferro.
	Posição de trabalho vertical.
	Posição de trabalho horizontal.
	Instrumento com posição de trabalho inclinada.
	Instrumento de bobina móvel com imã permanente – para medida de tensão ou corrente contínua.
	Instrumento bimetálico.

## 1.6. Simbologia para Instrumentos

	Instrumento de indução. Usado apenas em CA.
	Instrumento eletromagnético ou ferromóvel. Usado para medir tanto corrente como tensão, tanto CC como CA.
	Instrumento eletrodinâmico de bobina fixa e bobina móvel, sem ferro, para medir correntes, tensões ou potências em CC ou CA. As bobinas são dimensionadas de acordo com a utilização.
	Voltímetro eletrostático – usado tanto em CC como em CA, mas só com valores elevados de tensão.
	Instrumento de bobina móvel.
	Instrumento de vibração (freqüencímetro) – baseado no princípio da ressonância.

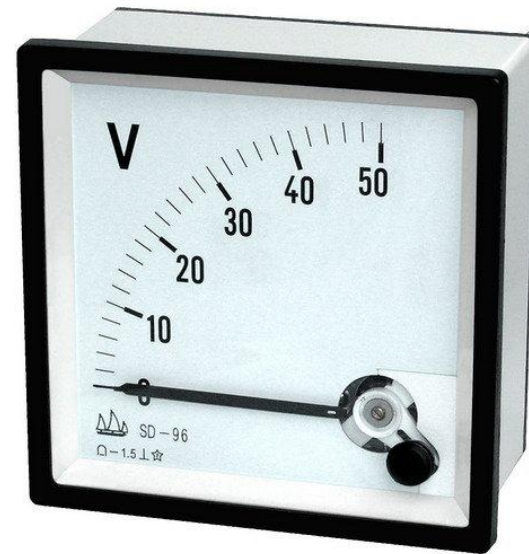
## Exemplo

O mostrador de um instrumento de medição possui os seguintes símbolos. Caracterize-o!



## Resposta

Instrumento de ferro móvel, para correntes contínuas e alternadas, devendo ser usado com o mostrador na posição horizontal, classe de exatidão 1, tensão de ensaio 2 kV.

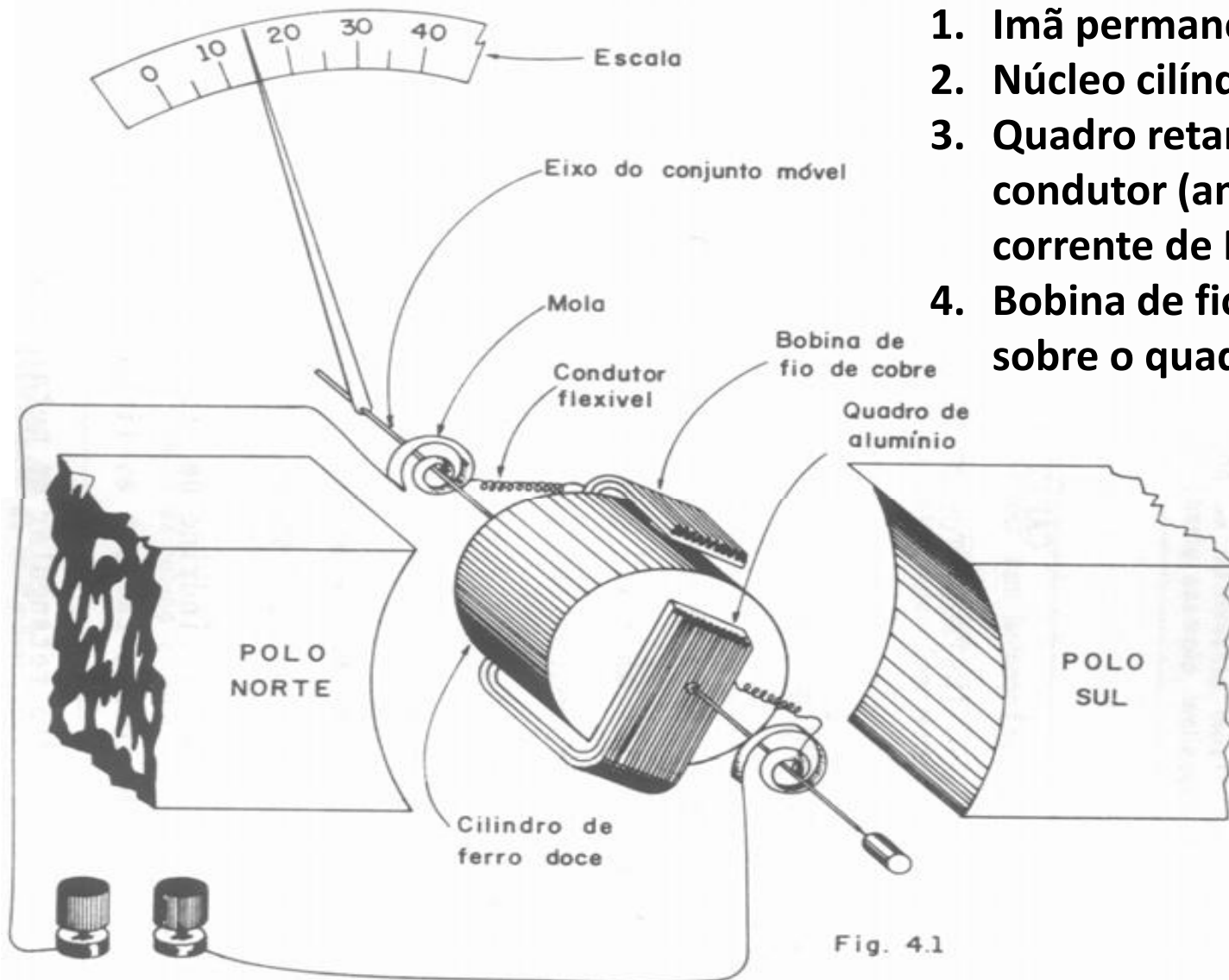


# Instrumentos de Bobina Móvel

# 1. Instrumentos de Bobina Móvel

## Partes principais:

1. Ímã permanente
2. Núcleo cilíndrico de ferro doce
3. Quadro retangular de metal condutor (amortecimento por corrente de Foucault)
4. Bobina de fio de cobre, enrolado sobre o quadro de alumínio





## 1.1. Características do Instrumento

Como as linhas de fluxo são radiais no entreferro do imã permanente, estas são **sempre perpendiculares** à direção da corrente  **$I$** , a medir, a qual circula através dos condutores da bobina  **$b$** , qualquer que seja a posição instantânea desta. Em consequência, as forças  **$\vec{F}$**  são sempre tangenciais ao cilindro de ferro. Logo **independem da posição** da bobina.

### Características:

$n$  – número de bobinas

$L$  – comprimento útil da bobina (concatenada)

$d$  – largura da bobina

$L_{\text{total}}$  – comprimento total da bobina

$(L_{\text{total}} = 2 \times L + 2 \times d)$

$I$  – corrente elétrica

$B$  – campo magnético ( $T = \frac{V \cdot s}{m^2} = \frac{N}{A \cdot m} = \frac{J}{A \cdot m^2} = \frac{H \cdot A}{m^2} = \frac{Wb}{m^2} = \frac{kg}{C \cdot s} = \frac{N \cdot s}{C \cdot m} = \frac{kg}{A \cdot s^2}$ )

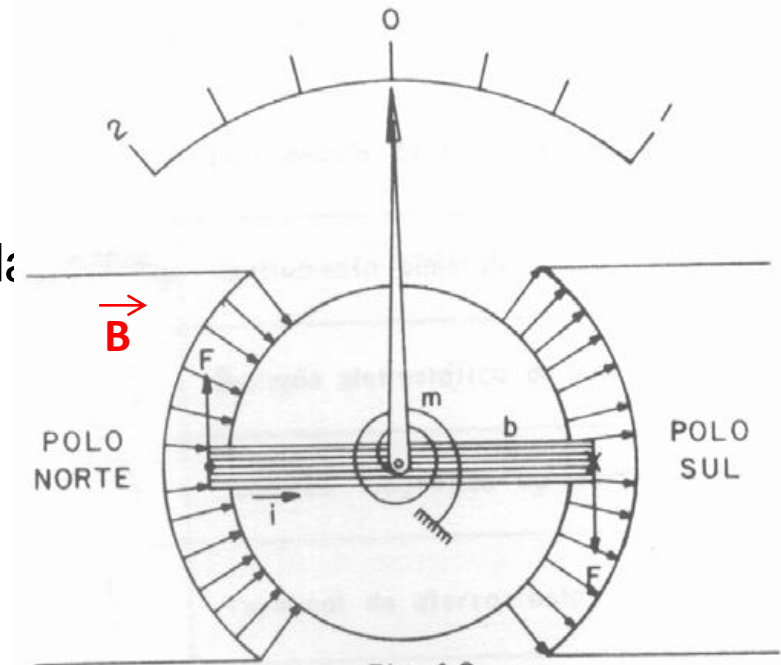
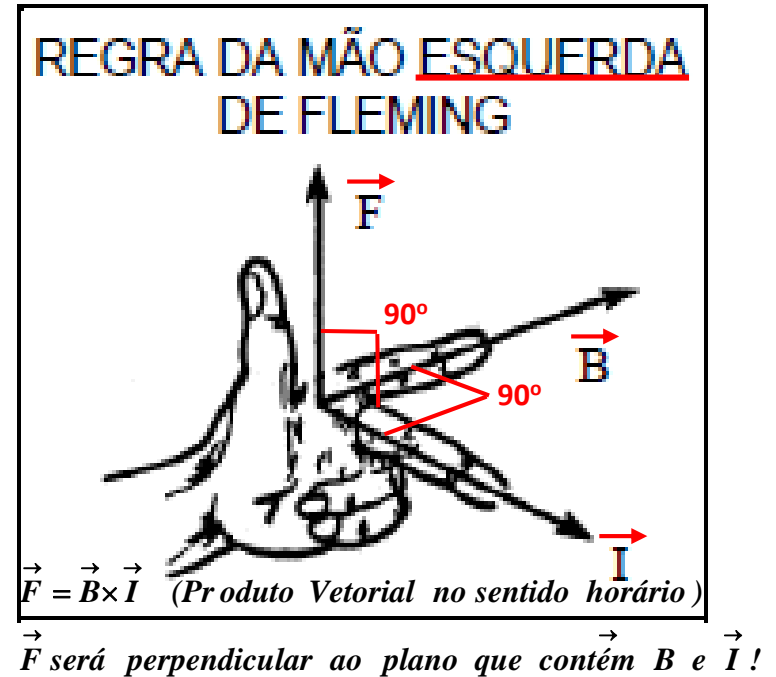
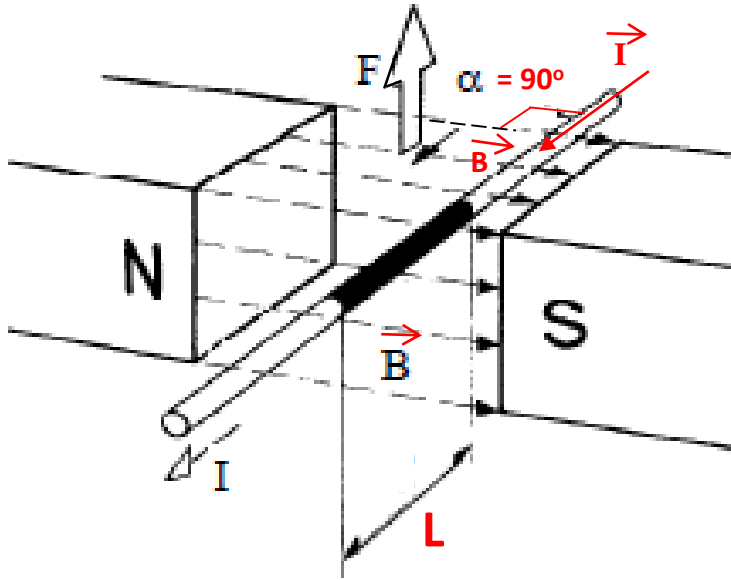


Fig. 4.2



## 1.2. Cálculo do Conjugado Motor



A **Força  $\vec{F}$**  causada pelo efeito eletromagnético é dada por:

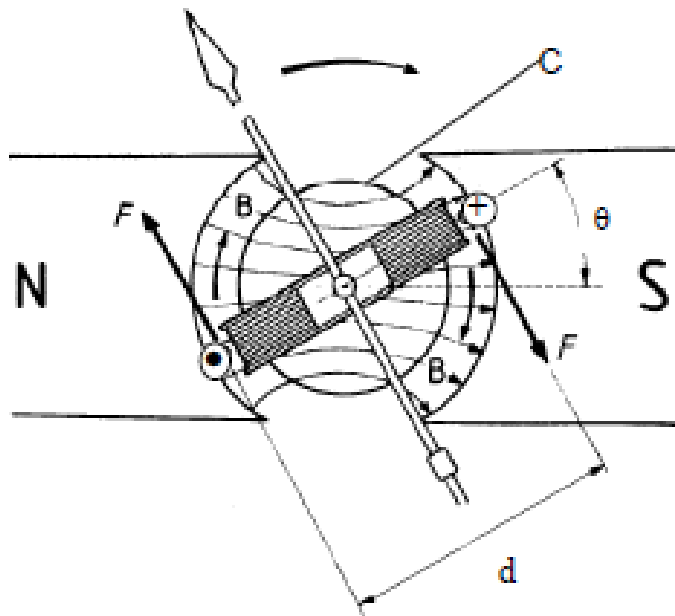
$$\vec{F} = \underbrace{\vec{B} \times \vec{I}}_{B.I.\text{sen}\alpha \text{ bobina}} \cdot \underbrace{L}_{\text{comprimento}} \Rightarrow |\vec{F}| = |\vec{B}| \cdot |\vec{I}| \cdot \underbrace{\text{sen}(\alpha)}_{\angle(\vec{B} \text{ e } \vec{I})} \cdot L$$

A corrente que circula na bobina móvel corta o fluxo magnético em um ângulo  $\alpha = 90^\circ$  qualquer que seja a posição da bobina. Então:  **$\text{sen}(\alpha = 90^\circ) = 1$**  !

Daí:

$$|\vec{F}| = |\vec{B}| \cdot |\vec{I}| \cdot L \Rightarrow \boxed{F = B.I.L}$$

## 1.2. Cálculo do Conjugado Motor



**Conjugado Motor:**

$$C_m = F \times \frac{d}{2} + F \times \frac{d}{2}$$

$$C_m = F \times d$$

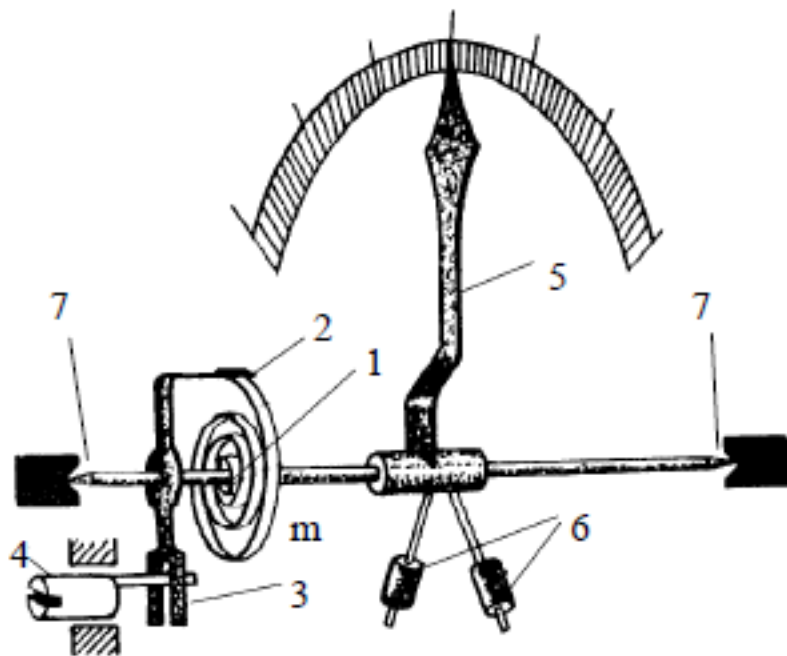
Substituindo **F** no Conjugado Motor:  $C_m = F . d \Rightarrow C_m = ( B . I . L ) . d$

Para **n** bobinas:

$$C_m = F . d . n \Rightarrow C_m = ( B . I . L ) . d . n \Rightarrow C_m = n . B . L . d . I \Rightarrow C_m = \underbrace{nBLd}_{\text{Características do Instrumento}} . I \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_m = \phi . I \quad (\text{Onde } \phi = nBLd)$$

### 1.3. Cálculo do Conjugado Restaurador (Antagonista)



- 1 – Eixo do conjunto móvel
- 2 – Conjunto de correção de zero
- 3 – Haste
- 4 – Parafuso de ajuste de zero
- 5 – Ponteiro de leitura
- 6 – Dispositivo compensador do efeito da gravidade (cuja função é fazer com que o centro de gravidade do conjunto móvel coincida com seu eixo de rotação, eliminando o efeito da gravidade sobre o conjunto)
- 7 - Pivôs de sustentação

A mola **m**, que possui uma extremidade presa ao eixo do conjunto móvel (1) e outra ao conjunto de correção de zero (2), fica sob tensão mecânica, e se opõe ao movimento de rotação originado pelo **Conjugado Motor**. Essa oposição é o **Conjugado Restaurador** ( $C_r$ ) ou **Antagonista**, cuja função é criar uma situação de equilíbrio em relação à força que gera o **Conjugado Motor** e fazer o conjunto móvel voltar à posição de repouso inicial quando cessar o efeito do Conjugado Motor.

A intensidade do conjugado restaurador é dada pela fórmula:  **$C_r = K_r \cdot \theta$**

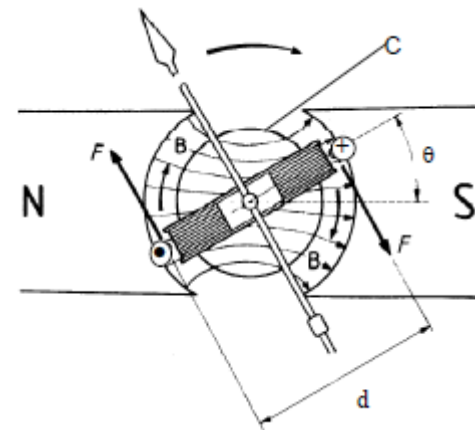
- Onde  **$K_r$**  é a constante de elasticidade da mola e  **$\theta$**  é o ângulo de desvio do conjunto móvel (**deflexão**).

Posição de repouso:  **$C_m = C_r = 0$** ; Posição de equilíbrio (medição):  **$C_m = C_r$**

## 1.4. Exemplo

Um Instrumento de Bobina Móvel possui as seguintes especificações:

- $I_{g\text{máx}} = 0,1 \text{ mA}$  (corrente máxima suportável)
- $L = 1,8 \text{ cm}$  (comprimento útil da bobina)
- $d = 1,2 \text{ cm}$  (largura da bobina)
- $\theta = 1,6 \text{ rad}$  (ângulo máximo de fundo de escala)
- $B = 0,3 \text{ T} = 0,3 \text{ N/(Am)}$  (intensidade do fluxo magnético)
- $n = 1000$  (número de bobinas)
- $R_b = 5 \text{ } \Omega/\text{m}$  (resistência do fio da bobina)



Determinar as características básicas  $\Phi$ ,  $K_r$  e  $R_i$  (resistência interna total das bobinas) deste Instrumento:

a)  $\Phi = nBLd = (10^3) \times (0,3 \text{ N/(Am)}) \times (1,8 \times 10^{-2} \text{ m}) \times (1,2 \times 10^{-2} \text{ m}) \Rightarrow \Phi = 64,8 \times 10^{-3} \text{ Nm/A (Wb)}$

b)  $C_m = C_r \Rightarrow \Phi \cdot I = K_r \cdot \theta \Rightarrow K_r = (\Phi \cdot I) / \theta \Rightarrow$   
 $\Rightarrow K_r = (64,8 \times 10^{-3} \text{ Nm/A}) \times (0,1 \times 10^{-3} \text{ A}) / (1,6 \text{ rad}) \Rightarrow K_r = 4,05 \times 10^{-6} \text{ (Nm/rad)}$

c)  $R_i = (R_b \times L_{\text{total}}) \cdot n \Rightarrow R_i = R_b \times (2 \times L + 2 \times d) \cdot n \Rightarrow$   
 $\Rightarrow R_i = (5 \text{ } \Omega/\text{m}) \times [(2 \times 1,8 \times 10^{-2} + 2 \times 1,2 \times 10^{-2}) (\text{m})] \cdot 10^3 \Rightarrow$   
 $\Rightarrow R_i = 300 \text{ } \Omega$

## 1.5. Conjugado de Amortecimento

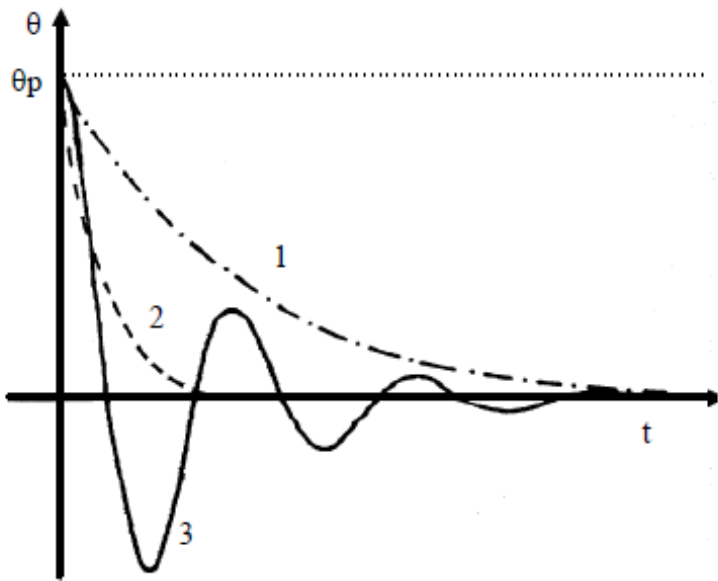
Para evitar oscilações do conjunto móvel ao redor do **Ponto de Equilíbrio** é criado, por meio de artifícios externos, um **Conjugado de Amortecimento** ( **$C_a$** ), que também evita os deslocamentos bruscos do conjunto móvel ao sair da posição de repouso e ao voltar a ela, cessado o **Conjugado Motor**. Este conjugado pode ser entendido como uma **frenagem** ou **limitação de velocidade** do conjunto móvel.

O Conjugado de Amortecimento é diretamente proporcional à velocidade angular  $\frac{d\theta}{dt}$  Do conjunto móvel.

Então:

$$C_a = K_a \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

Retorno do ponteiro de um ponto  **$\theta_p$**  qualquer da escala para a posição de repouso.



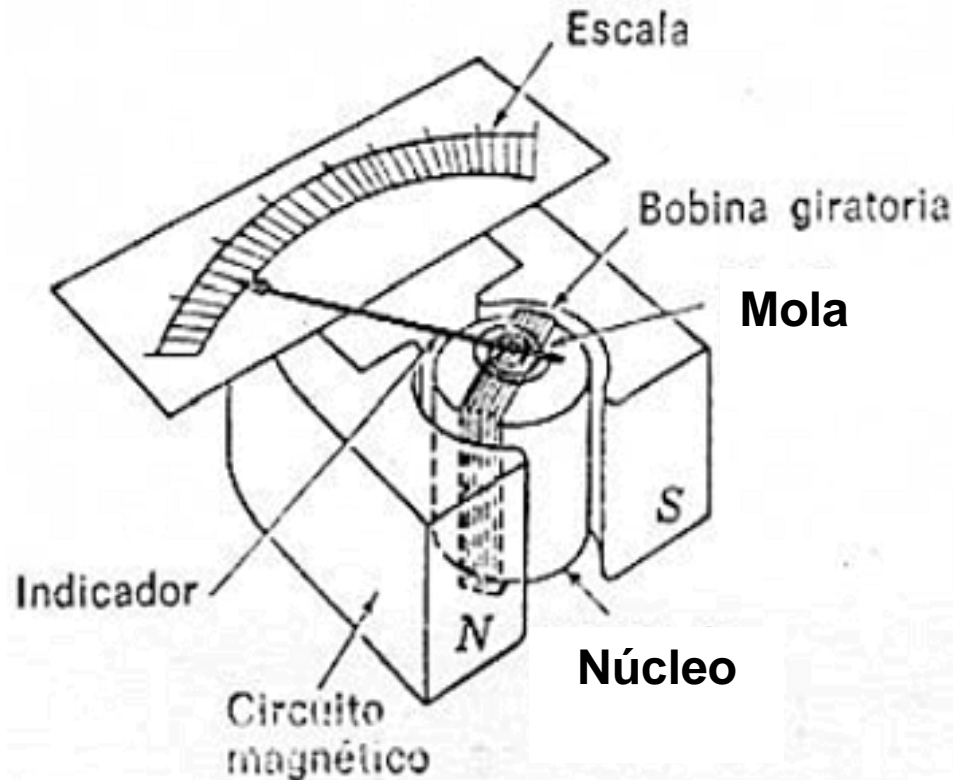
**Curva 1:** se aproxima exponencialmente do zero, sendo que o conjunto móvel atinge a posição de repouso em um tempo muito longo, possuindo um coeficiente de amortecimento  **$K_a$**  muito elevado. Os instrumentos com essas características são chamados de **sobreamortecidos**.

**Curva 2:** representa um coeficiente de amortecimento  **$K_a$**  muito menor que o anterior, sendo o tempo necessário para atingir o ponto de repouso inferior àquele. Neste caso, o instrumento é dito **criticamente amortecido**.

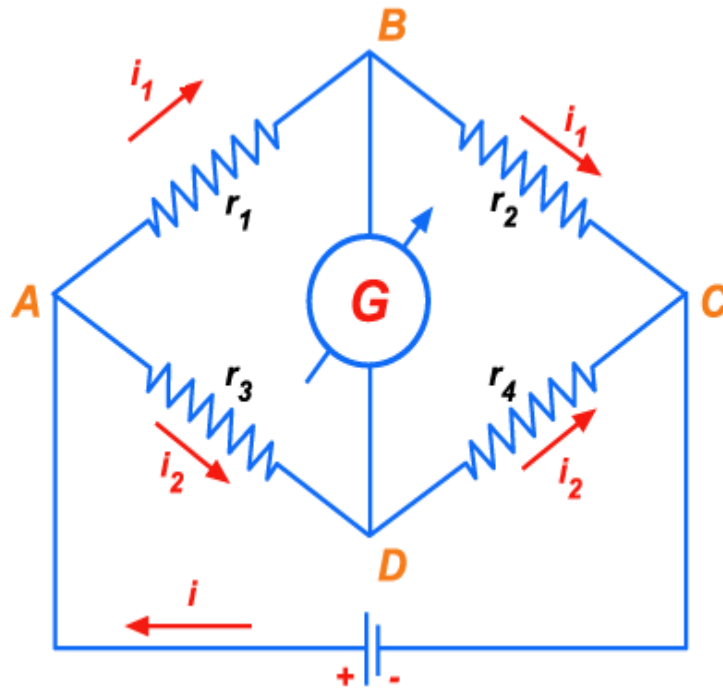
**Curva 3:** é uma função semiperiódica. A amplitude das oscilações vai decrescendo exponencialmente em torno do zero, atingindo essa posição após algum tempo. Nessa situação o conjunto móvel do instrumento fica oscilando ao redor da posição de repouso, o que significa que o seu coeficiente de amortecimento  **$K_a$**  é muito pequeno. Este tipo de instrumento é denominado **subamortecido**.

## 2. O Galvanômetro

- É um instrumento do tipo bobina móvel em que não há o quadro de alumínio que serve de suporte a bobina. Este quadro é substituído por outro material não condutor, ficando assim bastante reduzido o amortecimento sobre o conjunto móvel.
- O galvanômetro é largamente usado como **indicador da presença ou ausência de corrente elétrica num circuito, sem contudo indicar seu valor**. A **Ponte de Wheatstone** é um exemplo desta aplicação.



## 2.1. Galvanômetro Aplicado na Ponte de Wheatstone



$$V_A - V_B = r_1 i_1$$

$$V_A - V_D = r_3 i_2$$

$$V_B - V_C = r_2 i_1$$

$$V_D - V_C = r_4 i_2$$

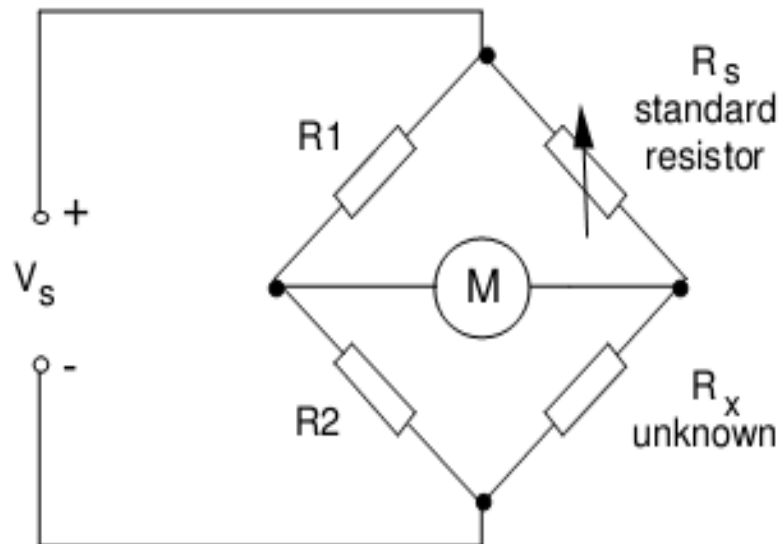
No equilíbrio da ponte:

$$V_B = V_D$$

$$r_1 i_1 = r_3 i_2$$

$$r_2 i_1 = r_4 i_2$$

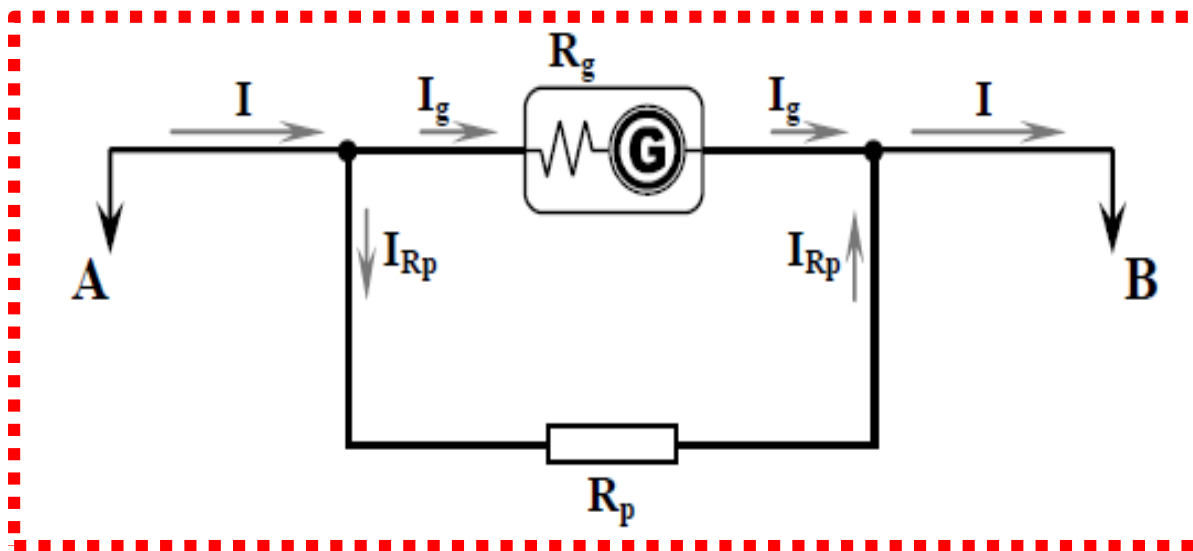
$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_4}$$



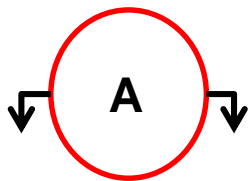
### 3. Amperímetros

Os instrumentos de bobina móvel são construídos para suportarem correntes muito fracas, da ordem de **mA** ou **μA**. Para ampliar o calibre desses instrumentos, transformando-os em **Amperímetros** capazes de medirem **correntes elevadas**, colocam-se **resistores externos** em **paralelo** com os mesmos. Estes resistores têm o nome de **derivador** ou “**shunt**”.

**Os Amperímetros devem ser conectados no circuito de medição em SÉRIE.**



Símbolo:



$$\begin{aligned} R_g I_g &= R_p I_{Rp} \\ I_{Rp} &= I - I_g \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad R_p = \frac{I_g}{I - I_g} R_g$$

$I$  – corrente que se deseja medir (**calibre desejado**);

$I_g$  – corrente suportada pelo instrumento de bobina móvel;

$R_g$  – resistência interna.

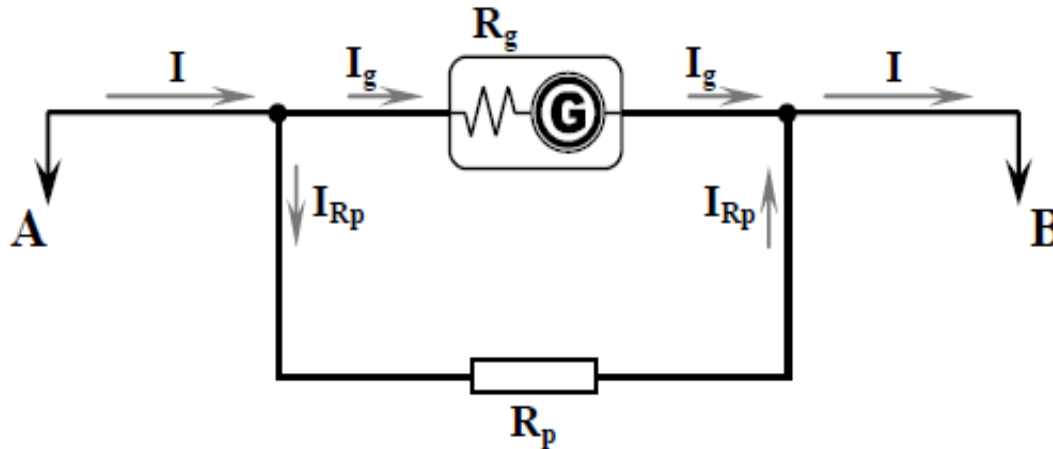
$R_p$  – resistência “shunt”



# Exemplo

Consideremos que dispomos de um galvanômetro com as seguintes características:

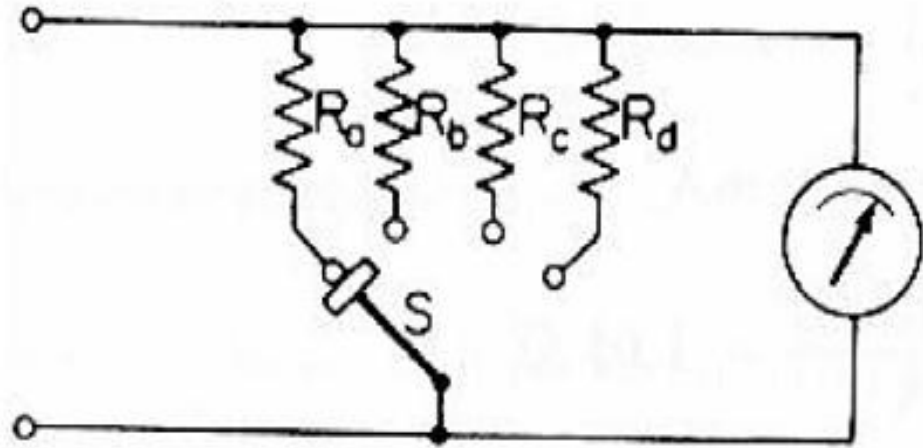
$I_g = 1 \text{ mA}$  e  $R_g = 60 \, \Omega$  e que desejamos convertê-lo em um **Amperímetro** que meça no máximo  $2 \text{ mA}$ . Qual deve ser a resistência  $R_p$ ?



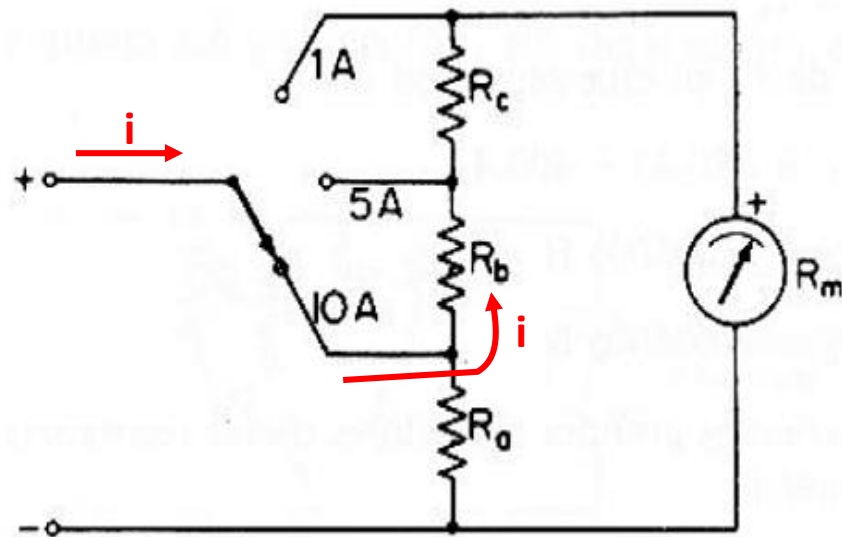
$$R_p = \frac{I_g}{I - I_g} \times R_g = \frac{1 \text{ m}}{2 \text{ m} - 1 \text{ m}} \times 60 = 60 \text{ Ohms}$$

## 3.1. Amperímetros de Múltiplos Calibres (Escala)

Configuração Paralela



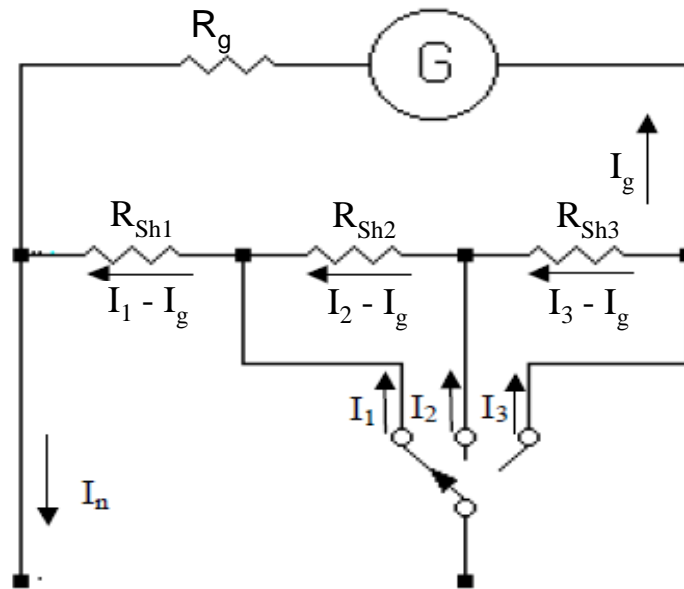
Configuração Série ou de Derivação de Ayrton



# Exemplo

Consideremos que dispomos de um galvanômetro com as seguintes características:

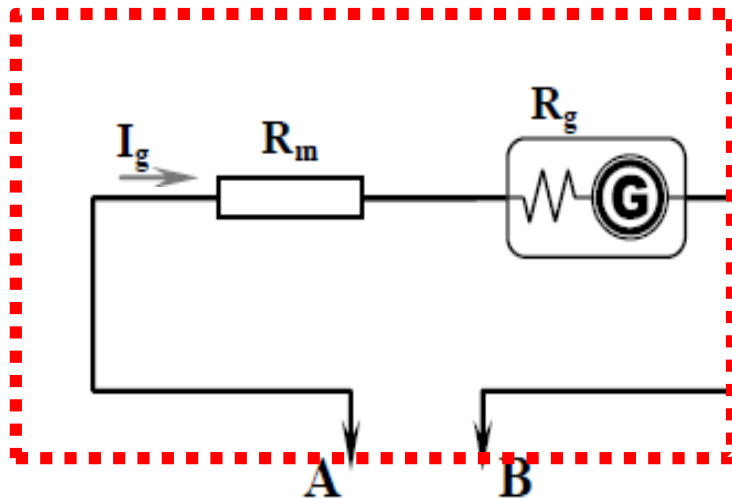
$I_g = 1 \text{ mA}$  e  $R_g = 60 \, \Omega$ . Deseja-se convertê-lo em um **Amperímetro** constituído de um **derivador Ayrton** para as escalas de **1 A, 5 A e 10 A**.



$$\begin{cases} I_n = I_1 \Rightarrow (I_1 - I_g) \times R_{Sh1} = I_g (R_g + R_{Sh2} + R_{Sh3}) \\ I_n = I_2 \Rightarrow (I_2 - I_g) \times (R_{Sh1} + R_{Sh2}) = I_g (R_g + R_{Sh3}) \\ I_n = I_3 \Rightarrow (I_3 - I_g) \times (R_{Sh1} + R_{Sh2} + R_{Sh3}) = I_g \times R_g \end{cases} \quad ; \quad \text{para } I_1 > I_2 > I_3$$

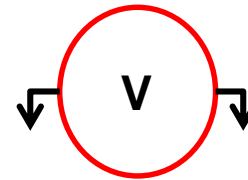
## 4. Voltímetros

Os voltímetros podem também se originar dos instrumentos de bobina móvel pela adição de resistores externos em **série** com eles. Estes resistores são chamados de resistores adicionais. **Devem ser conectados no circuito de medição em PARALELO.**



$R_m$  – resistor adicional  
 $V_{AB}$  – tensão de calibre desejado

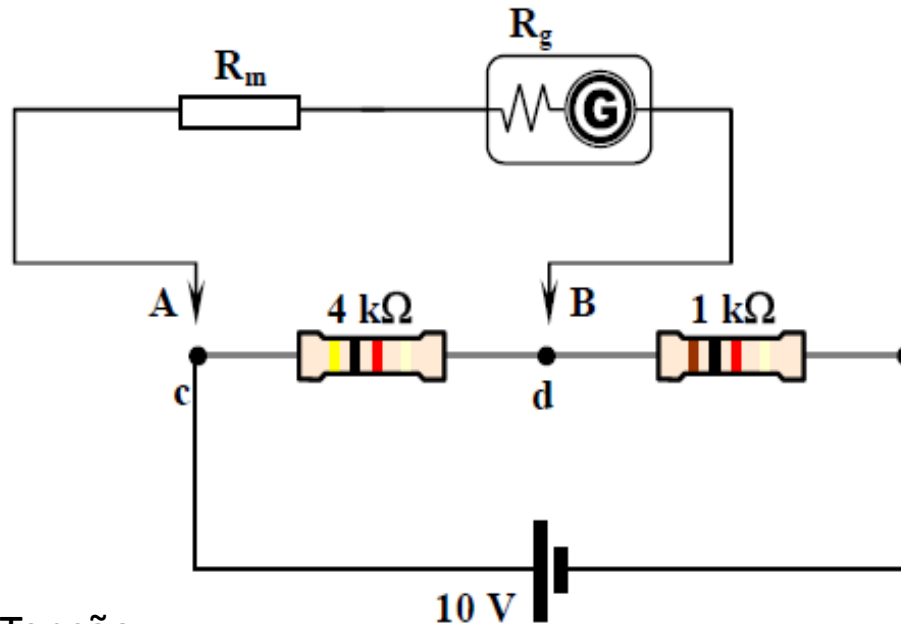
Símbolo:



$$V_{AB} = (R_m + R_g)I_g \quad \Rightarrow \quad R_m = \frac{V_{AB}}{I_g} - R_g$$

# Exemplo

Consideremos que dispomos de um galvanômetro com as seguintes características:  $I_g = 1 \text{ mA}$  e  $R_g = 60 \text{ } \Omega$  e que desejamos convertê-lo em um voltímetro que meça no máximo  $10 \text{ V}$ . Qual deve ser a resistência  $R_m$ ?

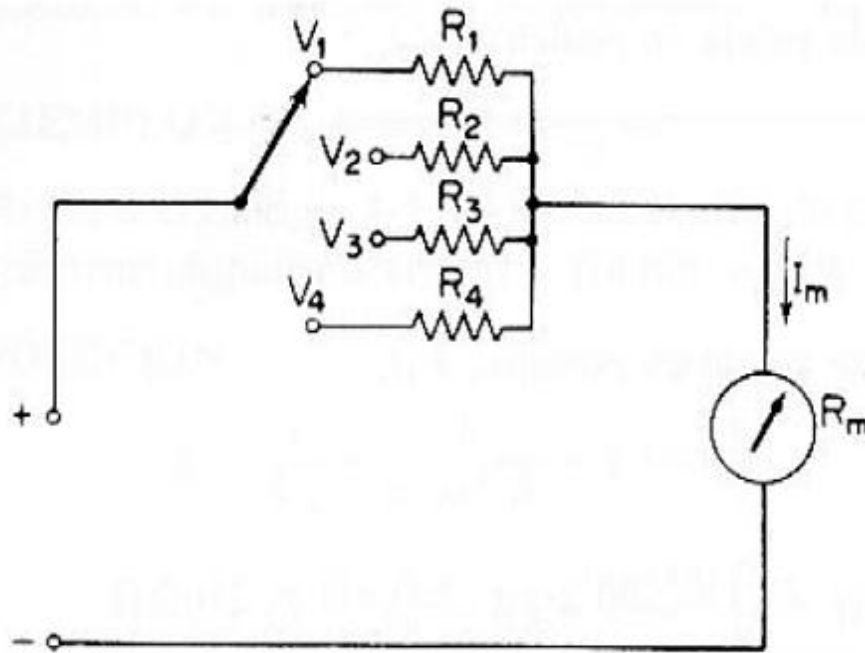


Divisor de Tensão

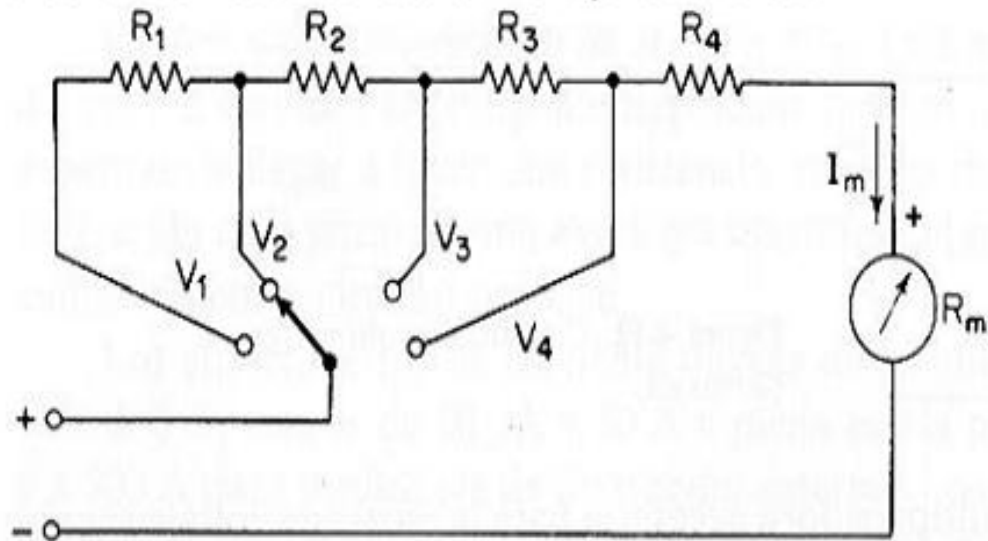
$$R_m = \frac{V_{AB}}{I_g} - R_g \Rightarrow R_m = \frac{\left[ \frac{4k}{4k + 1k} \right] \cdot 10}{1m} - 60 \Rightarrow R_m = 7940 \text{ Ohms}$$

## 4.1. Voltímetros de Múltiplos Calibres (Escala)

### Configuração Paralela

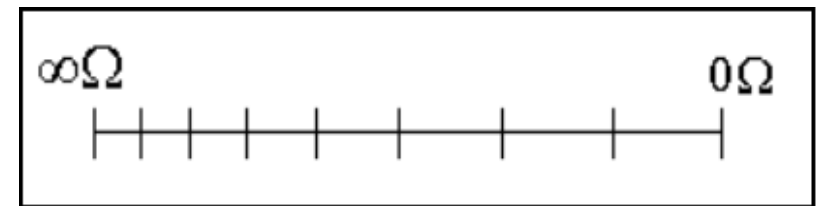
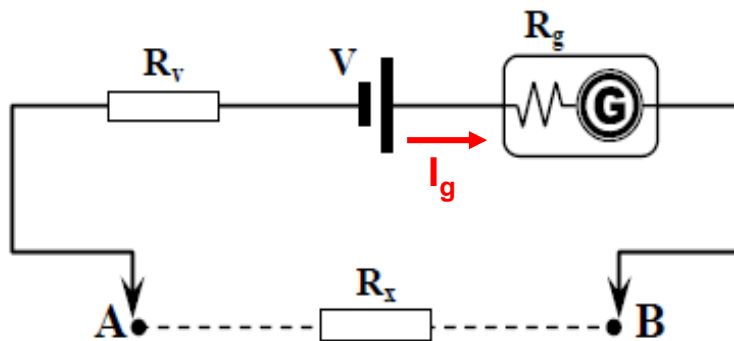


### Configuração Série ou de Derivação de Ayrton



# 5. Ohmímetros

O **Ohmímetro** é constituído essencialmente por um **Galvanômetro em série com uma pilha V e um resistor variável  $R_v$** . O resistor  $R_v$  é usado para fazer o ajuste do zero.



Escala inversa

Terminais A e B em curto

Considerando uma Resistência  $R_x$

$$V = (R_v + R_g) \cdot I_g \quad \Rightarrow \quad R_v = \frac{V}{I_g} - R_g$$

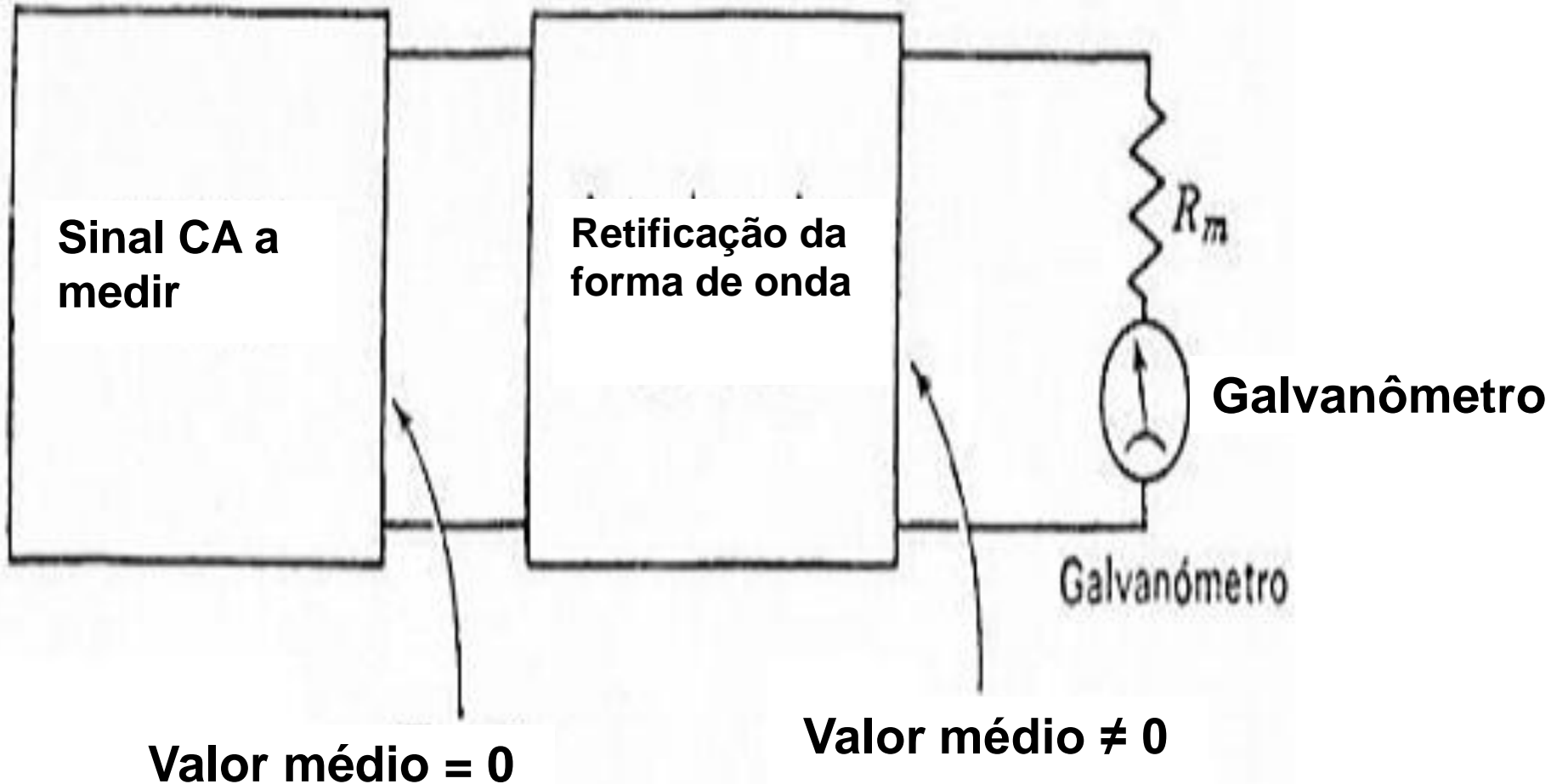
$$V = (R_v + R_g + R_x) \cdot I_x \quad \Rightarrow \quad R_x = \frac{V}{I_x} - R_g - R_v$$

$$R_x = \frac{V}{I_x} - \frac{V}{I_g}$$

## 6. Instrumentos de Bobina Móvel em Corrente Alternada

Os instrumentos de bobina móvel medem o **Valor Médio**!

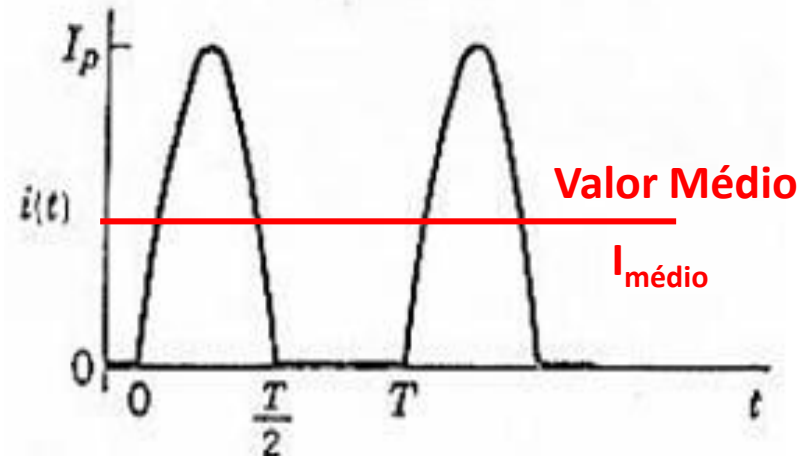
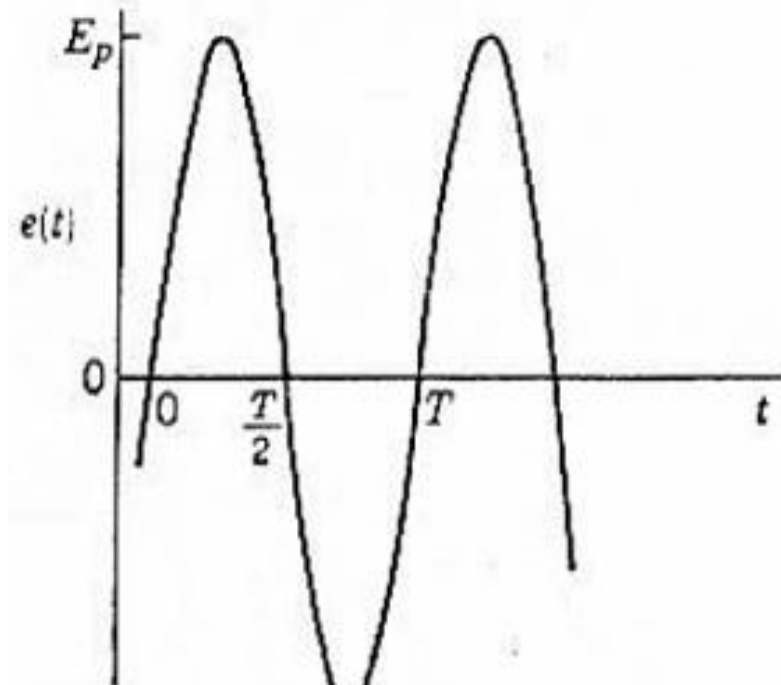
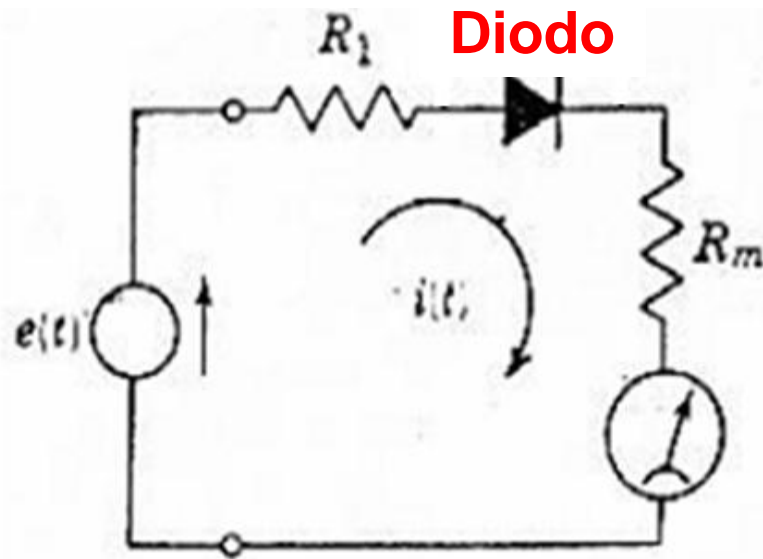
Para medição de sinais alternados, é necessário a **retificação** da tensão ou corrente.





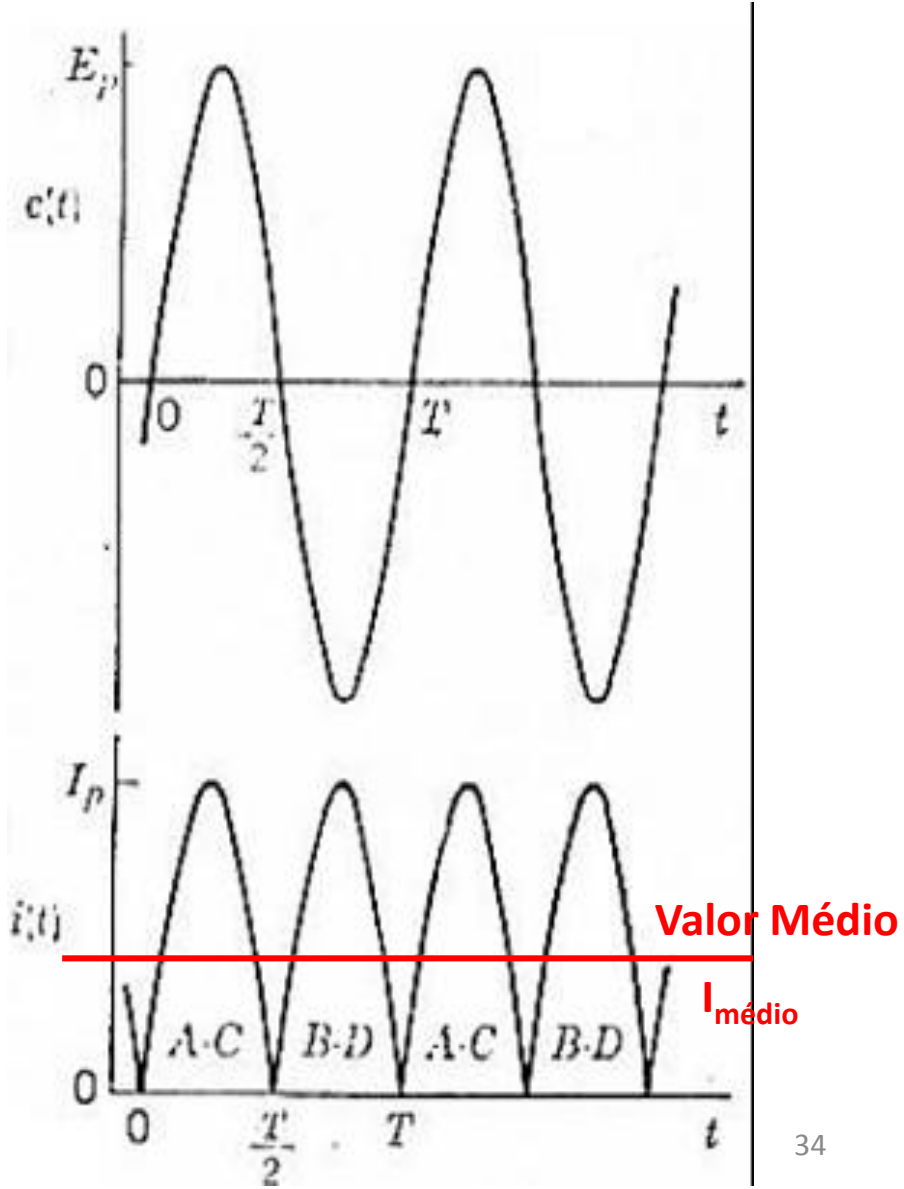
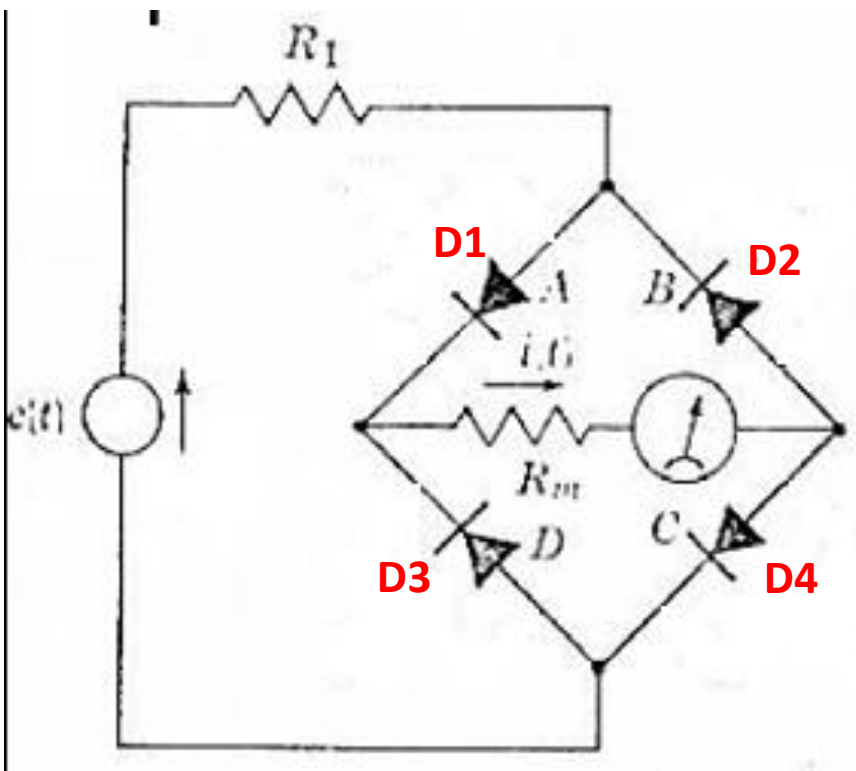
## 6.1. Retificação da Corrente Alternada

Retificação de **meia onda** da tensão ou corrente alternada:



# 6.2. Retificação da Corrente Alternada

Retificação de **onda completa** da tensão ou corrente:



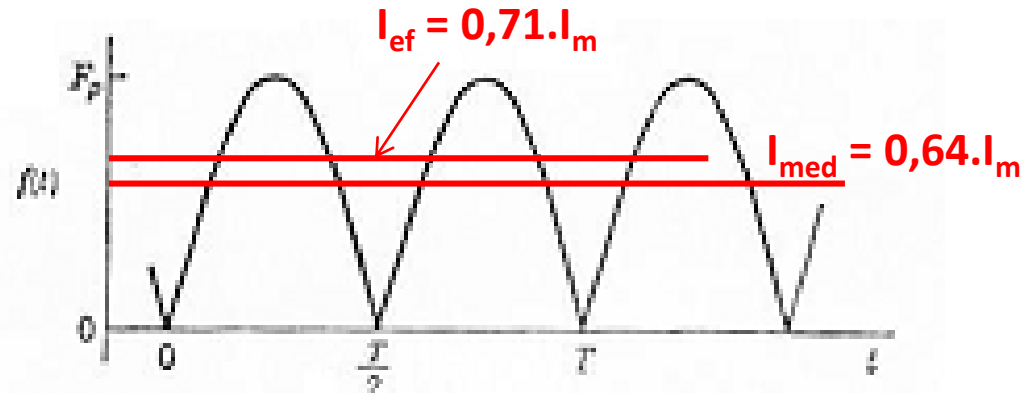
## 6.3. Cálculo do Valor Médio

Valor médio ( $F_{av}$ ) de um sinal:

$$F_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

Seja a corrente instantânea:

$$i(t) = I_m \cdot \text{sen}(wt) \text{ (A)}$$



Para a retificação em onda completa:

$$I_{med} = \frac{1}{T/2} \int_0^{T/2} I_m \cdot \text{sen}(wt) \cdot dt = -\frac{2}{T} I_m \cdot \frac{T}{2\pi} \cdot [\cos(\frac{2\pi}{T} \cdot \frac{T}{2})] - \cos(0) \Rightarrow I_{med} = \frac{2}{\pi} \cdot I_m$$

Então:

$$I_{med} = \frac{2}{\pi} \cdot I_m \Rightarrow I_{med} = 0,64 \cdot I_m$$

$$I_{med} = \frac{2}{\pi} \cdot I_m = \frac{2}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{eficaz} \Rightarrow I_{eficaz} = 1,11 \cdot I_{med}$$

## 6.4. Conclusão

A deflexão correspondente a uma **Corrente Contínua (constante)** é cerca de **11% maior** que a deflexão correspondente a uma **Corrente Alternada** de valor eficaz  $I_{ef}$ .

**Conclusão:** Deflexão CC é cerca de 11% maior que às correspondentes em CA.

