



ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos
PSI - EPUSP

PSI 3214
LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO ELÉTRICA

Experiência 04:
Potência em Corrente Alternada

Profa. Elisabete Galeazzo
Antonio Sandro Verri
Dennis Cabrera

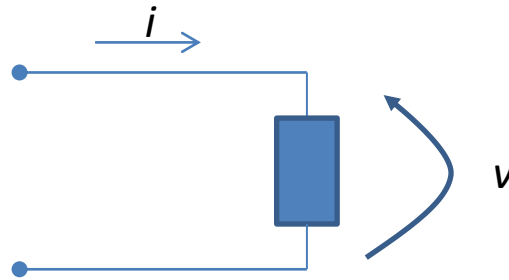
Potência

- Potência instantânea fornecida a uma carga:

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

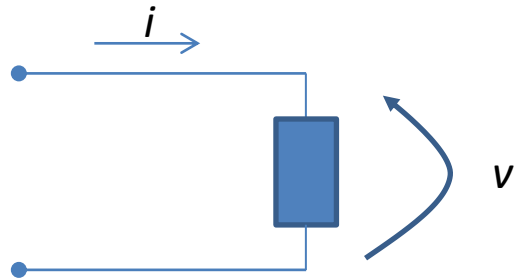
Circuitos elétricos no modo DC:

Carga resistiva: $p(t) = p = V \cdot I$



Carga Resistiva

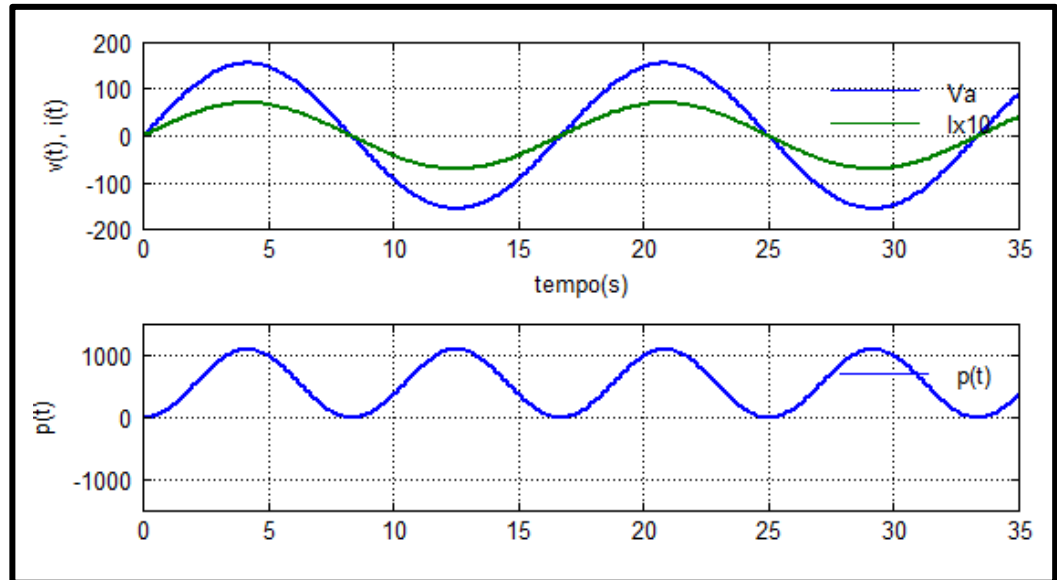
Potência fornecida a uma carga resistiva, em corrente alternada senoidal:



$v(t)$ e $i(t)$ estão em fase:

$$v(t) = V_m \text{sen}(\omega t)$$

$$i(t) = I_m \text{sen}(\omega t)$$



$$p(t) = V_{ef} I_{ef} - V_{ef} I_{ef} \cos(2\omega t)$$

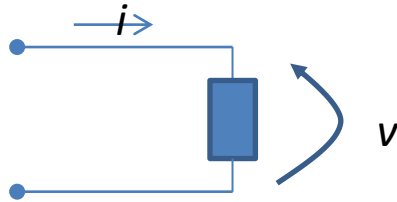
Toda energia fornecida ao resistor é utilizada para realizar trabalho

$$\text{potência média} = V_{ef} I_{ef} =$$

potência útil = potência ativa

Potência ativa: necessária para realizar trabalho (aquecimento, movimento, luz...)

Carga Indutiva Ideal



$v(t)$ e $i(t)$ estão defasados de $\theta = 90^\circ$:

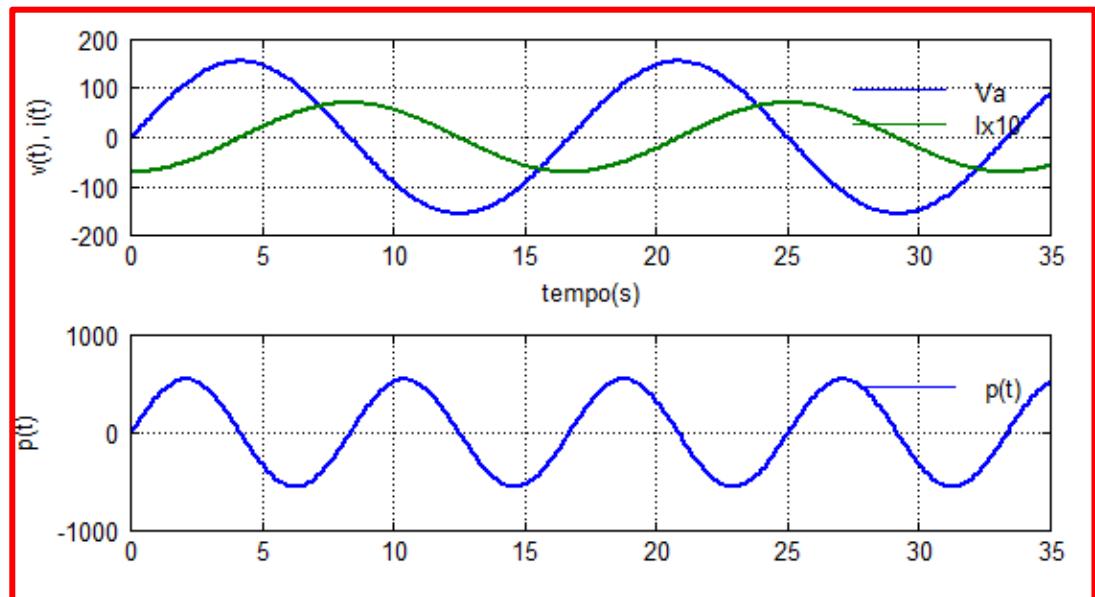
$$v(t) = V_m \text{sen}(\omega t)$$
$$i(t) = I_m \text{sen}(\omega t - 90^\circ)$$

$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\theta - V_{ef} I_{ef} \cos\theta \cos(2\omega t) + V_{ef} I_{ef} \text{sen}\theta \text{sen}(2\omega t)$$

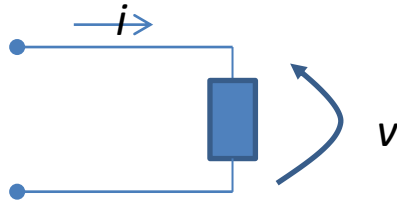
$$p(t, 90^\circ) = V_{ef} I_{ef} \text{sen}(2\omega t)$$

potência média = zero
= potência ativa

- . Troca de potência entre fonte e carga num ciclo tem resultante nula;
- . Nenhuma energia é perdida no processo



Carga Capacitiva



$v(t)$ e $i(t)$ estão defasados de 90° :

$$v(t) = V_m \text{sen}(\omega t)$$
$$i(t) = I_m \text{sen}(\omega t + 90^\circ)$$

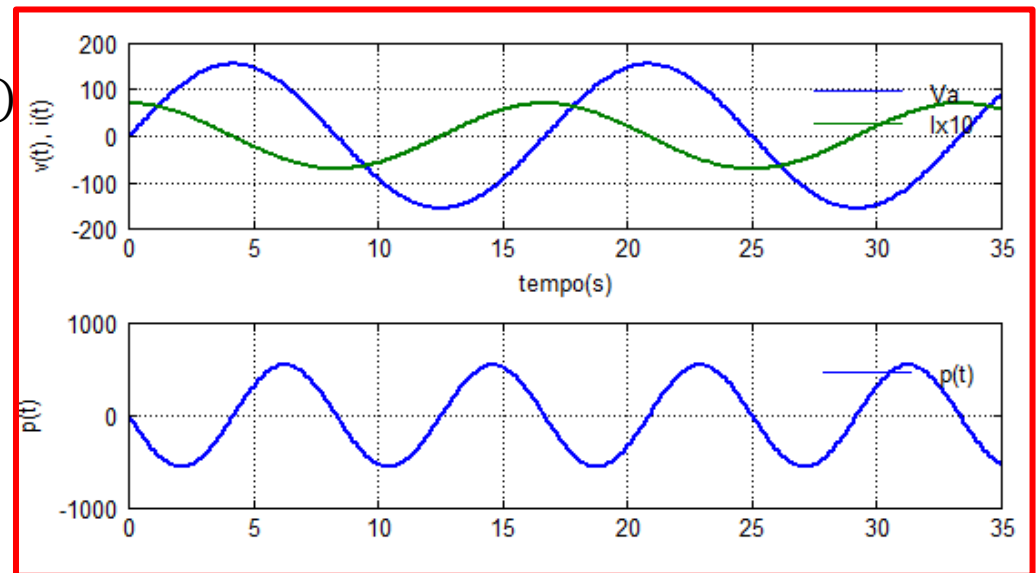
$$p(t) = V_{ef} I_{ef} \cos\theta - V_{ef} I_{ef} \cos\theta \cos(2\omega t) + V_{ef} I_{ef} \text{sen}\theta \text{sen}(2\omega t)$$

↓

$$p(t, \theta = -90^\circ) = -V_{ef} I_{ef} \text{sen}(2\omega t)$$

potência média = zero
= potência ativa

- . Troca de potência entre fonte e carga num ciclo tem resultante nula;
- . Nenhuma energia é perdida no processo.

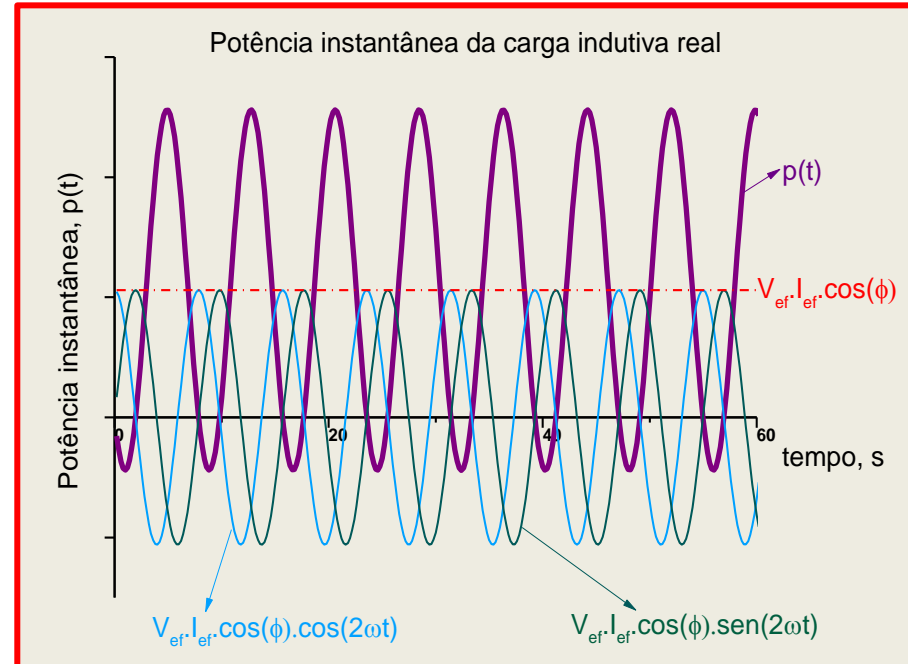
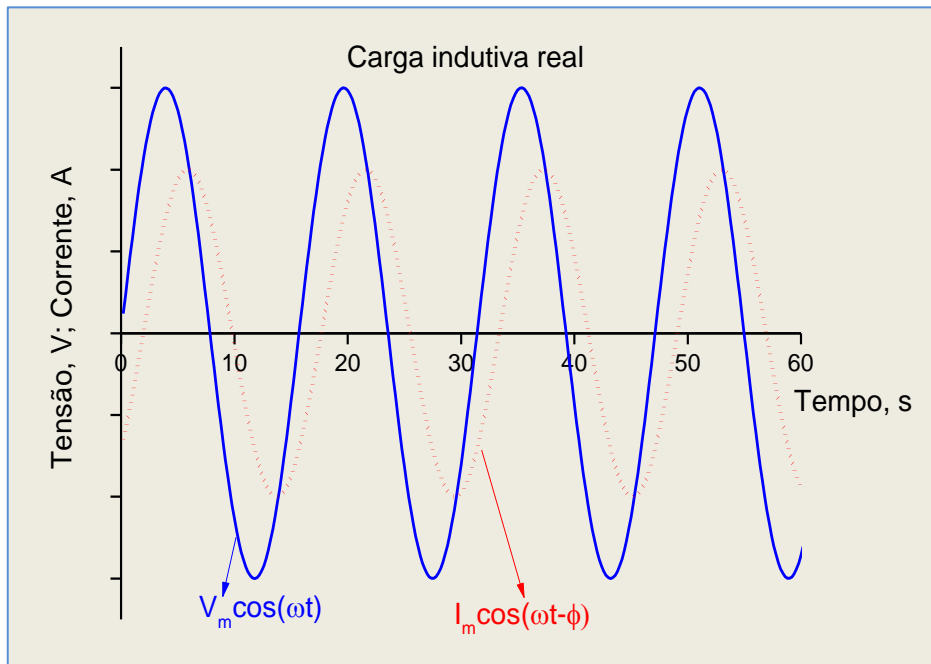


Carga Indutiva Real (com perdas resistivas)

$v(t)$ e $i(t)$ estão defasados de ϕ :

$$v(t) = V_m \cos(\omega t) \text{ e } i(t) = I_m \cos(\omega t - \phi)$$

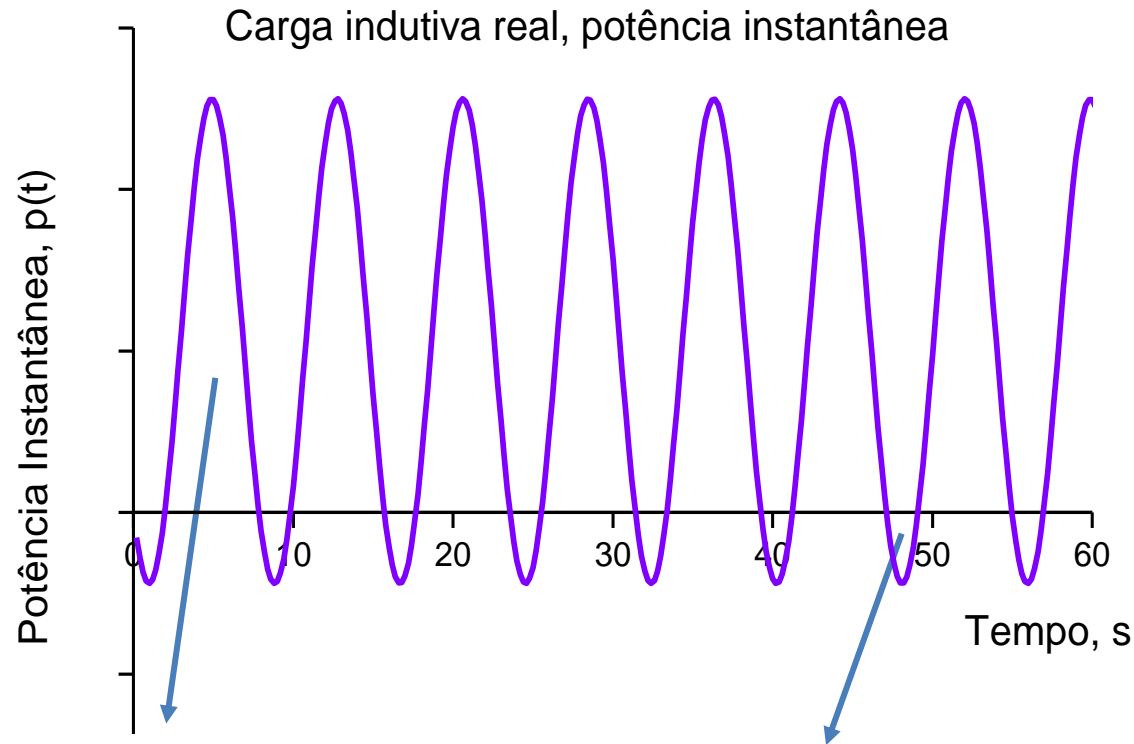
$$p(t) = v(t) \cdot i(t) = V_{ef} I_{ef} \cos \phi + V_{ef} I_{ef} \cos \phi \cos(2\omega t) + V_{ef} I_{ef} \sin \phi \sin(2\omega t)$$



Potência ativa: $V_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos(\phi)$

Carga Indutiva Real

exemplos: Lâmpada Fluorescente ou Motor de Indução



. Parte da energia é absorvida pela carga e realiza trabalho (calor ou movimento, por exemplo) e parte é armazenada na forma de campo magnético

. Parte da energia fornecida à carga é devolvida para fonte, não sendo utilizada para realizar nenhum trabalho.

Conceito de Potência Aparente, Potência Ativa e Potência Reativa

POTÊNCIA ATIVA (P):

- . Potência que é paga para a concessionária
- . Usada para realizar trabalho (geração de luz, calor, rotação de um motor, etc...)
- . **Unidade física: W**
- . É o valor médio de $p(t)$; ($p(t)$ = potência instantânea, oscila com o dobro da frequência da rede)

POTÊNCIA REATIVA (Q):

- . Potência que é usada para gerar e manter os campos elétricos e magnéticos (fundamentais na aplicação de motores, geradores, transformadores)
- . **Não realiza trabalho útil**
- . **Unidade física: VAR**

POTÊNCIA APARENTE (Pap):

- . Potência que é solicitada da concessionária;
- . **Unidade física: VA;**
- . É a soma vetorial de P e Q. **Seu módulo é calculado por $V_{ef} \cdot I_{ef}$**

Relação entre: Potência Aparente, Ativa e Reativa

Para sinais senoidais e cargas lineares, temos:

$$\text{Potência Ativa (P)} = |\text{Pap}| \cdot \cos \varphi$$

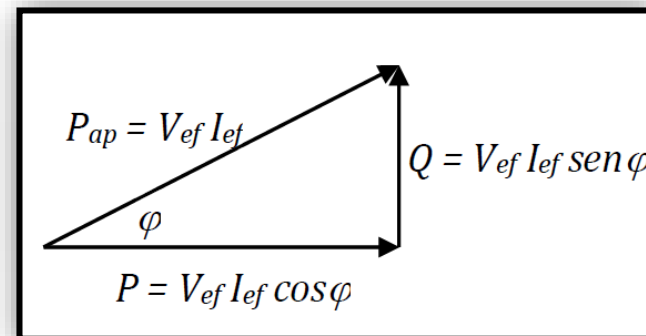
$$\text{Potência Reativa (Q)} = |\text{Pap}| \cdot \sin \varphi$$

$$|\text{Potência Aparente}| = |\text{Pap}| = V_{ef} \cdot I_{ef}$$

φ = defasagem entre tensão e corrente fornecida

logo: $\cos \varphi = P/|\text{Pap}|;$

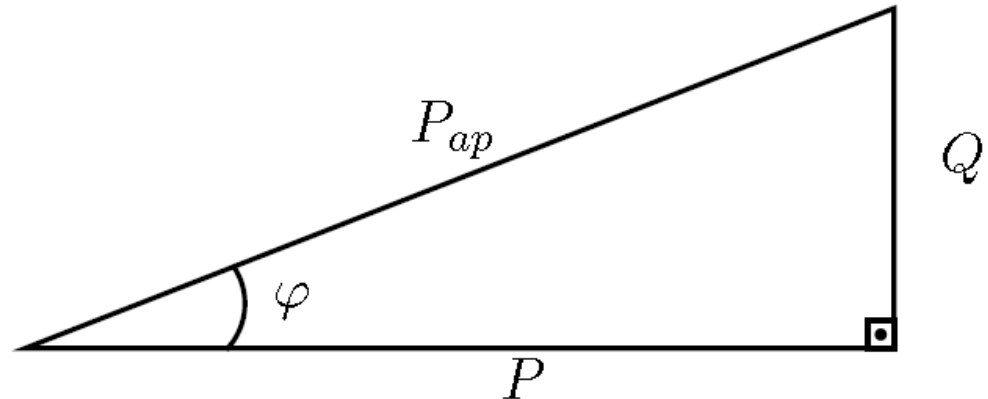
$\cos \varphi = \text{fator de potência}$



Representação Complexa da Potência

$$P_{ap} = P + jQ$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$
$$\cos \varphi = f_p = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$



Relação entre Potências Nominiais e Reatâncias

Elemento resistivo: $P = V^2/R$

Elemento Capacitivo : $|Q| = V^2/X_C$

Elemento Indutivo : $|Q| = V^2/X_L$

$$Z(j\omega) = R(\omega) + jX(\omega)$$

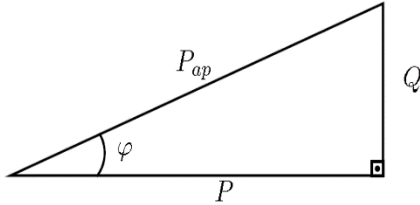
Se $P_{ap} = P$, então $P_{ap} = P = V^2/R$

Se $P_{ap} = jQ$, então $P_{ap} = -jQ = -jV^2/X_C$, caso o elemento reativo seja capacitivo

Se $P_{ap} = jQ$, então $P_{ap} = jQ = jV^2/X_L$, caso o elemento reativo seja indutivo

Fator de Potência

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$
$$\cos \varphi = f_p = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$



$\cos \varphi = \text{fator de potência} > 0,92;$




caso contrário  sobretaxa



Deve-se efetuar correção do fator de potência

Para evitar sobretaxa da concessionária:

Corrente que não contribui para realizar trabalho é indesejável, pois:

-  **Exige cabos condutores com maior seção transversal que o necessário**
-  **Eleva o custo da distribuição de energia elétrica**
-  **Exige superdimensionamento dos equipamentos elétricos conectados ao sistema**

Mês de referência

Janeiro/2017

N° de Identificação

Vencimento

27/01/2017

VALOR

R\$ 64.118,31

Valores Faturados

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA N° 003.039.583 - SÉRIE B

Emitida em 18/01/2017

Produto Descrição	Un.	Grandezas Faturadas	Valor Unitário	Valor Total	Base de Cálculo	Aliq. ICMS
ENERGIA ELET CONSUMO PONTA	kWh	786,00	1,550229	1.218,48	1.218,48	29,00
ENERGIA ELET CONSUMO F PONTA	kWh	116629,00	0,417489	48.691,28	48.691,28	29,00
ENERGIA REAT EXC F PONTA	kWh	16573,00	0,345860	5.731,93	5.731,93	29,00
DEMANDA	KW	472,17	15,784717	7.453,07	7.453,07	29,00
DEM ISENTA ICMS	KW	7,83	11,012771	86,23	0,00	
DEMANDA REAT EXCED	KW	57,73	15,784514	911,24	911,24	29,00
CONT ILUMIN PUBLICA MUNICIPIO				24,35		
SERV. ENTREGA ESPECIAL DE FATURA				1,73		

Como fica a conta da energia elétrica se o fator de potência for $< 0,92$?

Como evitar a multa,
se numa instalação
industrial existem
muitos motores
(e lâmpadas fluorescentes)?

Correção do fator de Potência



Capacitor Correção Fator Potência Trifásico 220vca 10 Kvar

R\$ 348,10 [Extra.com.br](#) | [Comparar preços de 2 lojas](#)

Desenvolvido para **correção de fator de potência** em instalações elétricas industriais. São se



Capacitor Correção Fator Potência Monofásico 440vca 3,3 Kvar

R\$ 105,99 [Mercado Livre](#)

Desenvolvido para **correção de fator de potência** em instalações elétricas industriais. São se

Como corrigir o fator de potência:



ALICATE WATTÍMETRO DIGITAL : NO EXPERIMENTO NO LABORATÓRIO SERÁ UTILIZADO COMO AMPERÍMETRO ALICATE e COMO WATTÍMETRO.

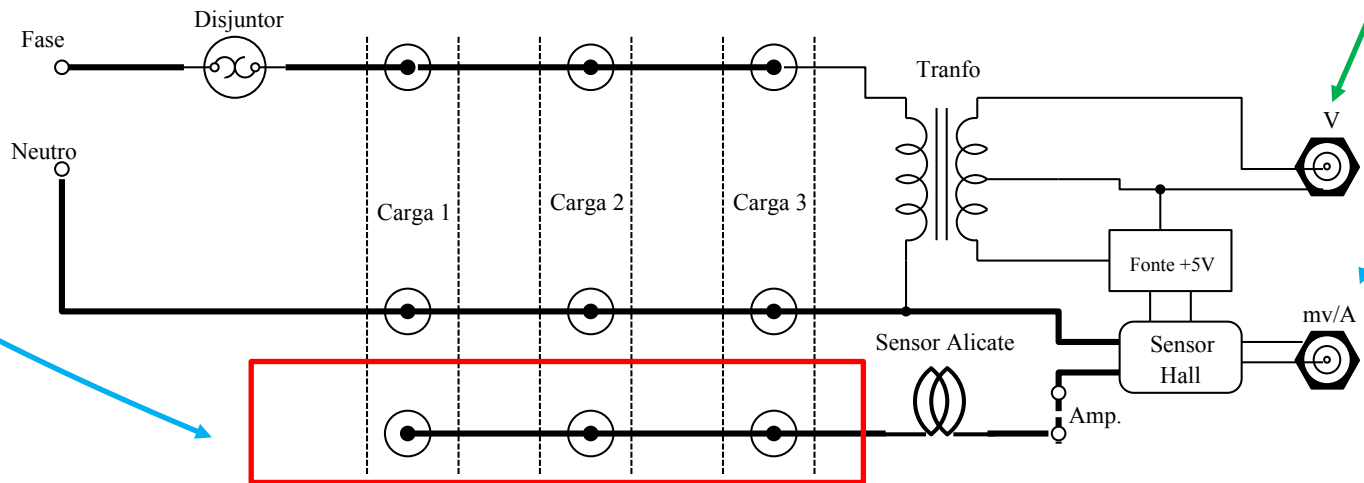
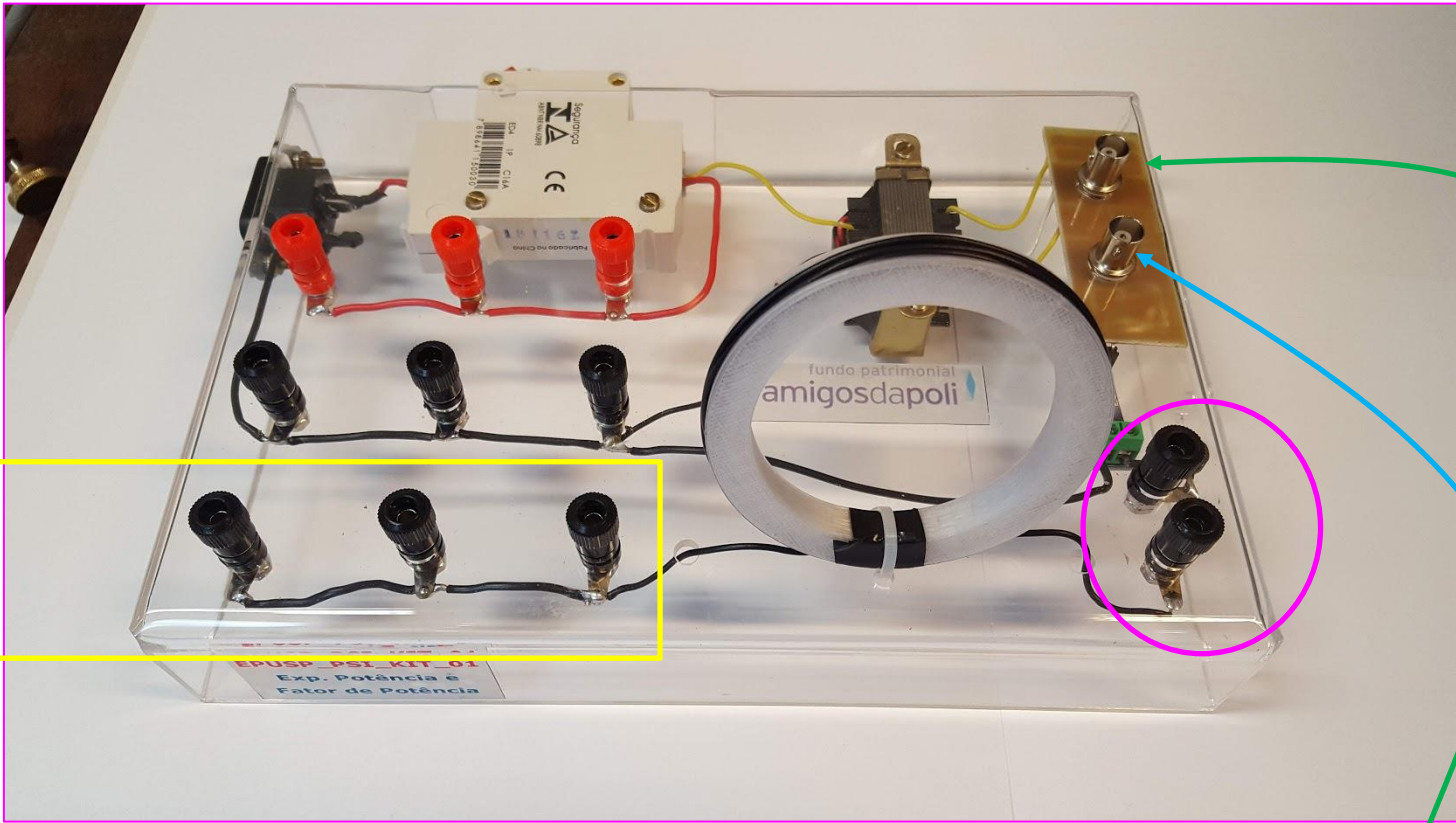


- **Medição de corrente :**
 - O condutor deve ficar o mais centralizado possível dentro do gancho

- Para valores baixos de corrente deve-se passar o condutor duas ou mais vezes pelo gancho

- Resultado da medição basta dividirmos o valor lido pelo número de vezes que o condutor estiver passando pelo gancho

Como amperímetro:
MEDE SOMENTE CORRENTES ALTERNADAS





Tarefas Remotas

- Sugestão: assistir aos vídeos disponibilizados para entender as simulações que farão
- Vamos fazer algumas simulações juntos...