

# Sumário

<b>2.1</b>	<b>Introdução</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Tensão e Corrente.</b> . . . . .	<b>6</b>
2.2.1	Esquema de Condutores Vivos . . . . .	8
<b>2.3</b>	<b>Resistência e Impedância.</b> . . . . .	<b>9</b>
2.3.1	Indutância . . . . .	10
2.3.2	Capacitância . . . . .	10
2.3.3	Impedância . . . . .	11
<b>2.4</b>	<b>Potência</b> . . . . .	<b>12</b>
2.4.1	Fator de Potência . . . . .	14
2.4.2	Rendimento . . . . .	16
<b>2.5</b>	<b>Tabelas Práticas</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>2.6</b>	<b>Recapitulação</b> . . . . .	<b>19</b>

## 2.1 Introdução

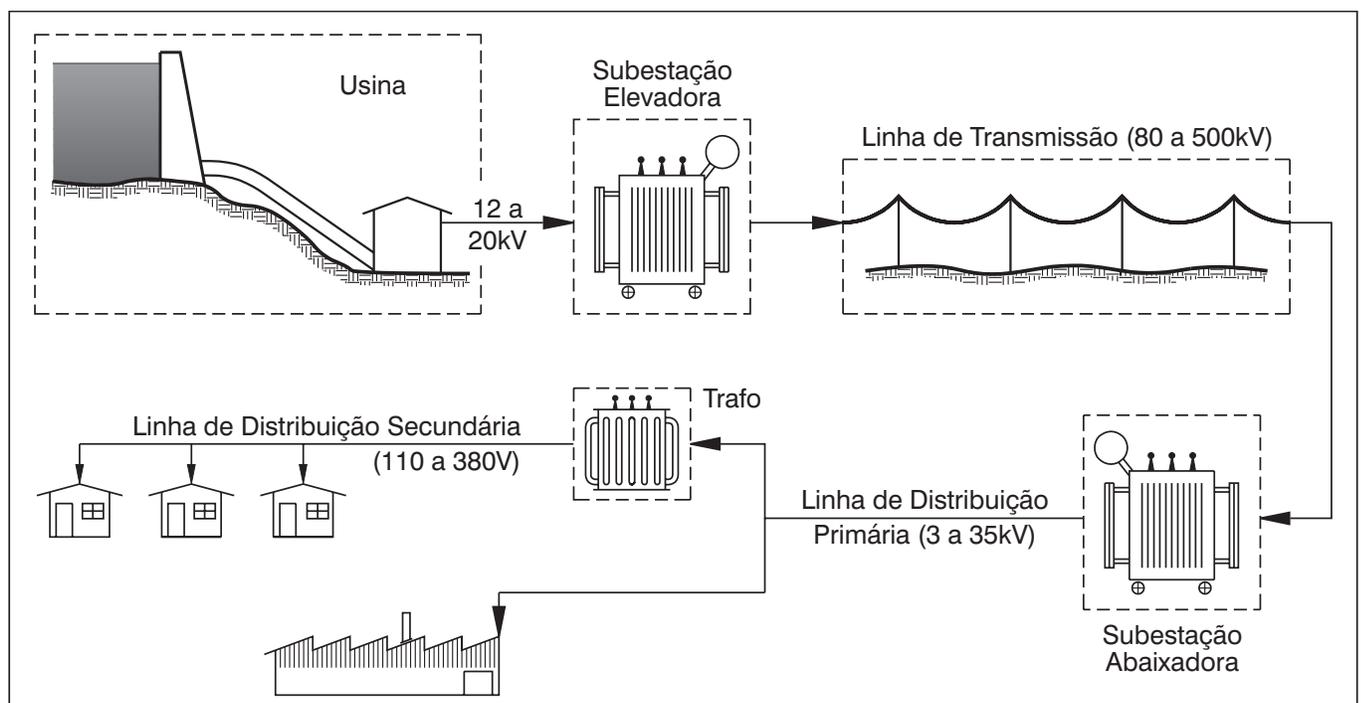
**E**nergia, como sabemos, é a capacidade de produzir trabalho. Apresentando-se sob as mais variadas formas (atômica, elétrica, mecânica, química, térmica, para citar apenas algumas), ela não pode ser criada, mas apenas transformada de uma forma para outra, processo em que paga-se um preço, denominado rendimento — ou seja, a quantidade de energia obtida na transformação é sempre menor que a quantidade original.

No caso que nos interessa, transforma-se, nas usinas, energia hidráulica ou térmica em energia elétrica (onde turbinas acionadas por quedas d'água, vapor ou motores de combustão, são acopladas a geradores).

Em seguida, eleva-se sua tensão para diminuir as perdas no transporte, feito através das linhas de transmissão, até os centros consumidores. Neste ponto, a tensão é abaixada, indo alimentar as linhas de distribuição.

Na linha primária, por meio de transformadores dimensionados conforme suas necessidades, conectam-se os grandes consumidores (indústrias, em geral). A tensão da linha secundária, na qual ligam-se os pequenos e médios consumidores, é regulada pelas concessionárias.

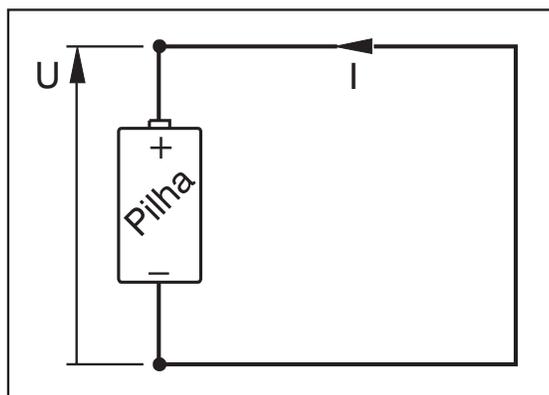
Ao conjunto das etapas — transformação, transmissão, distribuição e utilização — convencionou-se chamar **sistema elétrico** (veja o esquema na figura 2.1).



**Figura 2.1:**  
o sistema elétrico.

## 2.2 Tensão e Corrente

**T**al como em um conduto de água — em que é preciso haver diferença de **pressão** entre as extremidades para que a água flua — da mesma forma, para que se estabeleça uma corrente elétrica entre dois pontos de um condutor, é preciso que a **carga elétrica** a que estejam submetidos seja diferente ou, em outras palavras, que as concentrações de elétrons neles existentes sejam diferentes. Esta diferença de carga entre dois pontos, que chamamos de **tensão elétrica** (ou de **potencial elétrico**), é medida em volt [V], designada pela letra ***U*** e resulta da transformação de qualquer forma de energia em eletricidade.



**Figura 2.2:**  
tensão e corrente.

Observe a pilha da figura 2.2. A energia química faz com que as cargas positivas (prótons) e as negativas (elétrons) se concentrem em extremidades opostas (polos positivo e negativo), estabelecendo uma tensão elétrica ***U*** entre elas.

Adicionalmente, como as duas extremidades da pilha estão interligadas por um condutor, a tensão elétrica obriga os elétrons livres do circuito a fluírem do polo negativo para o positivo. Este fluxo ordenado de elétrons, que chamamos de **corrente elétrica**, é medido em

ampère [A], designado pela letra ***I*** e expresso por:

Corrente	2.1
$I = \frac{Q}{\Delta t}$	

onde:

**Q** = carga elétrica, em coulomb [C];

**$\Delta t$**  = intervalo de tempo, em segundo [s].

A figura 2.3, letra (a), mostra a representação gráfica da tensão e corrente contínuas — onde se vê que suas intensidades não variam ao longo do tempo.

Contudo, exceto para aplicações muito específicas (equipamentos alimentados por bateria, na maior parte), as instalações elétricas são feitas sob tensão e corrente alternadas.

Como mostra a letra (b) da mesma figura, as intensidades da tensão e da corrente alternadas variam ao longo do tempo, comportando-se, graficamente, como uma curva senoidal.

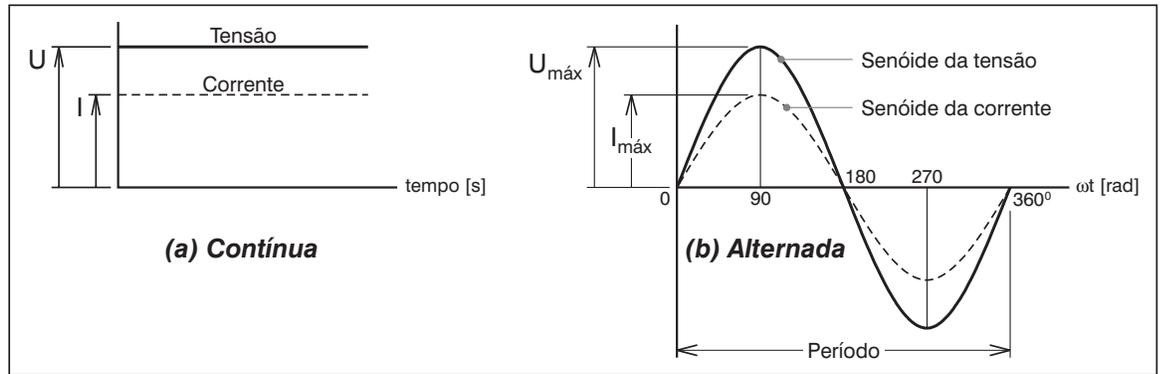


Figura 2.3: tensão e corrente contínuas e alternadas.

Em análise de circuitos, é comum distinguir-se as quantidades constantes das variáveis com o tempo, pelo emprego de letras maiúsculas para as constantes (contínuas) e minúsculas para as variáveis (alternadas).



Denomina-se **período** da tensão e da corrente alternadas ao tempo necessário para que suas intensidades “percorram” a onda senoidal, isto é: irem de zero até o máximo positivo, voltarem a zero, irem deste até o mínimo negativo e, por fim, retornarem novamente a zero.

O número de períodos por segundo que a tensão e a corrente alternadas perfazem é denominado **frequência**, medido em hertz [Hz] e designado pela letra **f**. No Brasil, a frequência é padronizada em 60Hz, ou seja, a tensão (e a corrente) se inverte 60 vezes por segundo.

Nos circuitos alternados trabalha-se com os valores instantâneos da intensidade da tensão e da corrente, que são expressos por:

$$u = U_{máx} \cdot \text{sen}(\omega t) \dots \dots \dots (a)$$

$$i = I_{máx} \cdot \text{sen}(\omega t) \dots \dots \dots (b)$$

onde:

$u$  = tensão instantânea, em volt [V];

$i$  = corrente instantânea, em ampère [A];

$U_{máx}$  = intensidade máxima da tensão em 1 período, em volt [V];

$I_{máx}$  = intensidade máxima da corrente em 1 período, em ampère [A]

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  = frequência angular, em [rad/s], sendo **f** a frequência em hertz [Hz];

$t$  = intervalo de tempo, em segundo [s];

Na prática, utilizamos os valores eficazes da tensão e da corrente alternadas, que representam valores médios e são expressos por:

<b>Tensão Eficaz</b>	<b>2.2</b>
$U = \frac{U_{máx}}{\sqrt{2}}$	

<b>Corrente Eficaz</b>	<b>2.3</b>
$I = \frac{I_{máx}}{\sqrt{2}}$	

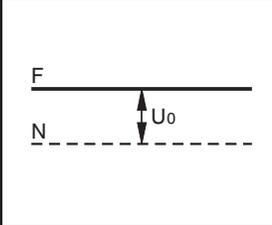
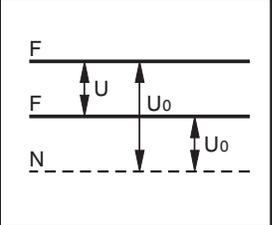
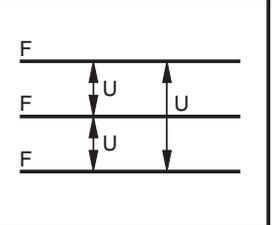
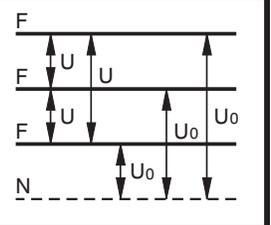
### 2.2.1 Esquema de Condutores Vivos

em que  $U$  e  $I$  são medidos em [V] e [A], respectivamente, e o significado dos termos  $U_{\text{máx}}$  e  $I_{\text{máx}}$  já foram vistos.

Daqui para frente, sempre que nos referirmos a tensão ou a corrente alternada, suas intensidades estão pressupostas serem as eficazes.

Condutores vivos, conforme a NBR 5410, são as fases e o neutro da instalação elétrica, cujo esquema, para sistemas monofásico e trifásico, é o da tabela 2.1, na qual se salienta:

- a tensão de linha (ou fase-fase) é medida entre duas fases quaisquer do sistema e designada por  $U$ ;
- a tensão de fase (ou fase-neutro) é medida entre qualquer fase do sistema e o neutro, sendo designada por  $U_0$  e prevalecendo-se das relações que estão anotadas na tabela 2.1.

			
Monofásico a 2 Fios	Monofásico a 3 Fios	Trifásico a 3 Fios	Trifásico a 4 Fios (estrela)
—	$U_0 = \frac{U}{2}$	—	$U_0 = \frac{U}{\sqrt{3}}$

No Brasil, a energia elétrica de baixa tensão é fornecida em uma das tensões secundárias listadas na tabela 2.2.

Sistemas Monofásicos a 3 fios $U_0 / U$ [V]	Sistemas Trifásicos a 3 fios $U$ [V]	Sistemas Trifásicos a 4 fios $U_0 / U$ [V]
110 / 220	220	120 / 208
115 / 230	440	127 / 220
127 / 254		220 / 380
		254 / 440

## 2.3 Resistência e Impedância

Quando a instalação é alimentada diretamente pela concessionária, é ela quem impõem os valores das tensões. Quando a instalação possui transformador ou gerador próprio, a tensão é determinada pelo projetista, em função, basicamente, das características dos equipamentos de utilização previstos.



**T**odos os materiais oferecem alguma resistência à circulação da corrente elétrica: de pouca a quase nenhuma, nos condutores, a alta, nos isolantes.

A resistência elétrica, designada pela letra **R**, é a medida em ohm [ $\Omega$ ] da oposição que o circuito condutor oferece à circulação da corrente, sendo expressa por:

**Resistência**      **2.4**

$$R = \frac{U}{I}$$

onde:

U = tensão, em volt [V];

I = corrente, em ampère [A].

A expressão 2.4 é a interpretação matemática da Lei de Ohm, que diz:

**A corrente que flui através de uma resistência é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência.**

Nesta forma simples, a Lei de Ohm se aplica apenas aos circuitos de corrente contínua e aos de corrente alternada que contenham somente resistências.

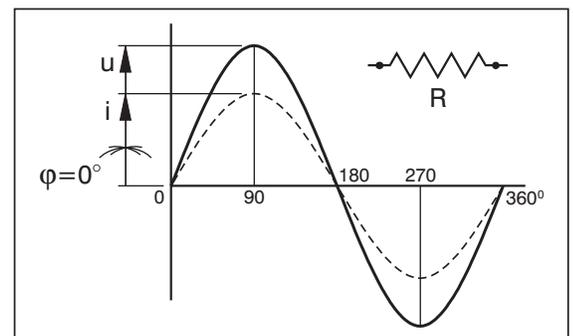
Para os circuitos alternados contendo indutores e/ou capacitores, novos parâmetros precisam ser considerados — tais parâmetros sendo, respectivamente, a indutância e/ou a capacitância do circuito, fenômenos que descreveremos logo adiante.

Em corrente alternada, como vimos, a tensão e, conseqüentemente, a corrente mudam de polaridade no ritmo estabelecido pela frequência, seguindo um comportamento senoidal.

Nas resistências elétricas, as senóides da tensão e da corrente passam pelos seus pontos notáveis (máximo, inflexão e mínimo) simultaneamente, como mostra a figura 2.4 — diz-se que

estão em fase e representa-se por  $\varphi = 0$ .

O ângulo  $\varphi$ , denominado **ângulo de fase**, mede a defasagem entre tensão e corrente em um determinado instante.



**Figura 2.4:** senóides da tensão e da corrente nas resistências.

### 2.3.1 Indutância

A corrente alternada ao circular em uma bobina (indutor) gera o fenômeno de auto-indução, ou seja, a bobina, ao ser energizada, induz tensão em si mesma.

Por sua vez, a tensão auto-induzida gera uma contra-corrente, que provoca o retardamento da corrente em circulação.

Este fenômeno (uma forma de resistência) é denominado **reatância indutiva**, designado por  $X_L$ , medido em ohm [ $\Omega$ ] e expresso por:

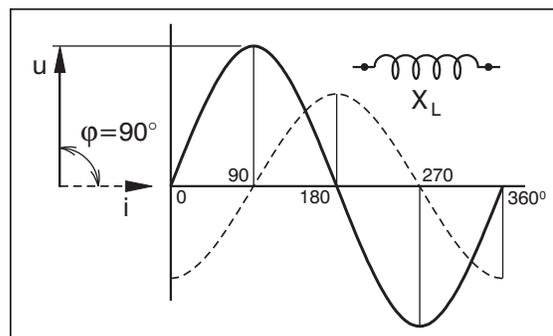
<b>Reatância Indutiva</b>	<b>2.5</b>
$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	

onde:

f = frequência, em hertz [Hz];

L = indutância, em henry [H].

Como esquematizado na figura 2.5, nos circuitos puramente indutivos, o retardamento da corrente a faz ficar defasada de  $90^\circ$  em relação à tensão, ou seja, o ângulo de fase é  $\varphi = 90^\circ$ .



**Figura 2.5:** senóides da tensão e da corrente nas bobinas (indutores).

Nos circuitos de corrente contínua, as bobinas se comportam como uma resistência pura.

### 2.3.2 Capacitância

Capacitores são dispositivos que acumulam eletricidade e, também eles, oferecem certa resistência à passagem da corrente alternada, denominada **reatância capacitiva**, designada por  $X_C$ , medida em ohm [ $\Omega$ ] e expressa por:

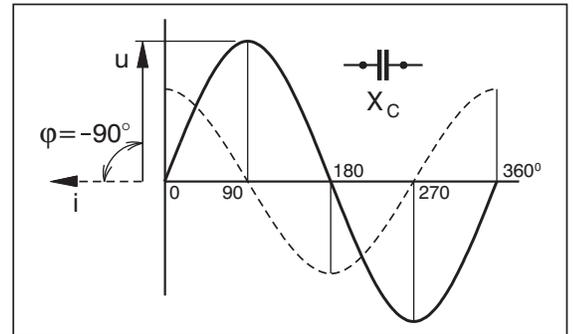
<b>Reatância Capacitiva</b>	<b>2.6</b>
$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	

onde:

f = frequência, em hertz [Hz];

C = capacitância, em farad [F].

Como mostra-  
do na figura 2.6,  
nos circuitos pu-  
ramente capaci-  
tivos, a corrente  
fica adiantada de  
90° em relação à  
tensão, ou seja,  
o ângulo de fase  
é:  $\varphi = -90^\circ$ . Nos  
circuitos de cor-  
rente contínua, os capacitores se comportam como um in-  
terruptor aberto.



**Figura 2.6:** senóides da tensão e da corrente nos capacitores.

### 2.3.3 Impedância

Os circuitos elétricos de corrente alternada raramente são apenas resistivos, indutivos ou capacitivos.

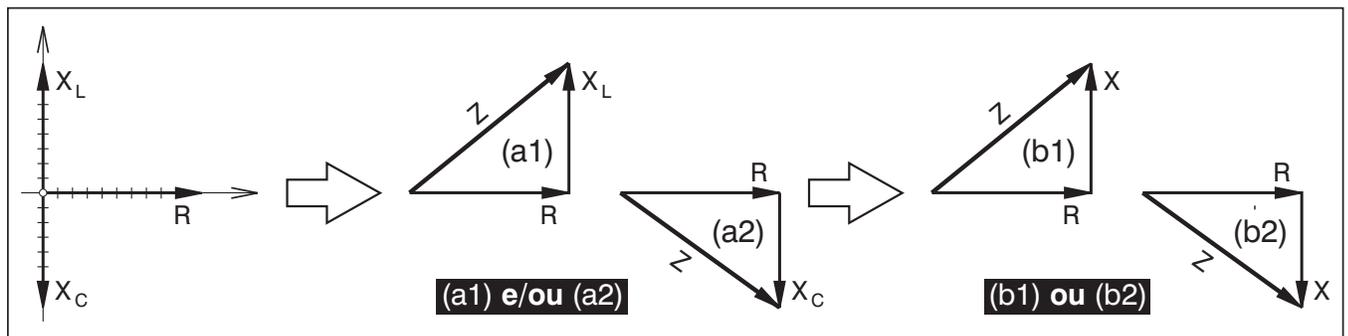
Na esmagadora maioria das vezes, apresentam as duas reatâncias (ou somente uma delas) combinadas com a resistência.

A resistência total do circuito — que passa a ser denominada **impedância**, designada por **Z** e, evidentemente, medida em ohm [ $\Omega$ ] — é o resultado dessa combinação.

Porém, como vimos nas figuras 2.4, 2.5 e 2.6, a resistência e as reatâncias são vetores (grandezas que agrupam três informações: módulo, direção e sentido).

A composição vetorial que fornece a impedância é bastante simples, pois seus vetores são coplanares e posicionados a 90°, como esquematizado na figura 2.7.

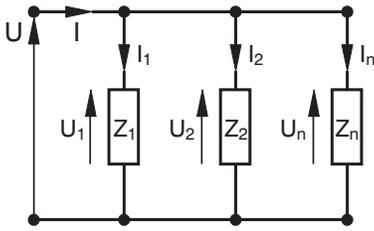
Em vista disso, ela é determinada como a hipotenusa do triângulo retângulo, denominado **triângulo das impedâncias**, em que um dos catetos é a resistência e o outro a reatância indutiva ou a capacitiva ou, caso coexistam, a diferença vetorial entre estas duas.



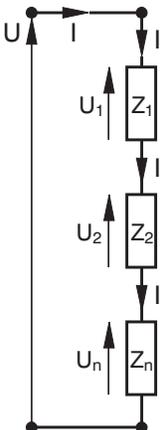
**Figura 2.7:** vetores componentes da impedância.

**Impedância Equivalente**

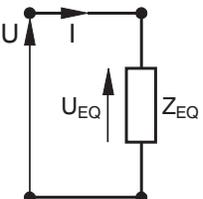
Estejam as impedâncias em paralelo



ou em série



elas podem ser substituídas por um único elemento equivalente



prevalecendo para isto:

<b>Paralelo</b>	$\frac{1}{Z_{EQ}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}$
<b>Série</b>	$Z_{EQ} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$

A impedância de um circuito elétrico, portanto, pode apresentar-se segundo uma das seguintes variantes:

Impedância (casos conforme Figura 2.7)			2.7
Caso (a1)	Caso (a2)	Caso (b1) ou (b2)	
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	

Na expressão 2.7, casos (a1) e (a2), todos os termos já são nossos conhecidos.

No caso (b1) ou (b2), o termo **X** é a diferença algébrica entre a reatância indutiva e a capacitiva. Quando, em valores absolutos:

- a indutância é maior, o circuito é predominantemente indutivo, caso (b1) da figura 2.7;
- a indutância é menor, o circuito é predominantemente capacitivo, caso (b2) da figura 2.7.

A Lei de Ohm, que permitiu a derivação da expressão 2.4, para os circuitos de corrente alternada, passa então a ser expressa por:

Tensão nos Circuitos de Corrente Alternada	2.8
$U = Z \cdot I$	

em que conhecemos o significado de todos os termos.

Na instalações elétricas residenciais, além de resistências (condutores, lâmpadas incandescentes, aquecedores de água, ferros elétricos etc.), encontramos cargas indutivas (pequenos motores de indução e reatores de lâmpadas fluorescentes). Por esta razão, daqui para a frente, sempre que nos referirmos a impedância, estaremos considerando a impedância indutiva, caso (a1) da figura 2.7.

## 2.4 Potência

**P**otência, como sabemos, é a quantidade de trabalho executado em um intervalo de tempo. No domínio elétrico da tensão alternada, usando o circuito da figura 2.8 como exemplo, a potência **p** absorvida por uma carga é diretamente proporcional à tensão instantânea **u** a que está submetida e à corrente instantânea **i** que circula, ou seja:

$$p = u \cdot i \dots \dots \dots (c)$$

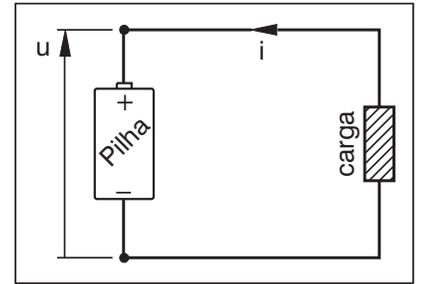
**ATENÇÃO**

Cargas puramente resistivas absorvem potência ativa, isto é:  
 $P \neq 0; Q = 0$ .

Cargas puramente indutivas ou capacitivas absorvem potência reativa, isto é:  
 $P = 0; Q \neq 0$ .

Cargas compostas de resistência e reatância (indutiva ou capacitiva) absorvem potência ativa e reativa, isto é:  
 $P \neq 0; Q \neq 0$ .

Como a corrente é um fluxo de elétrons mantido pela diferença de potencial entre dois pontos do circuito, então, pela figura 2.8, uma analogia hidráulica para a potência elétrica seria que a pilha “bombeia” elétrons através da carga e esta, ao ser alimentada com este “fluxo sob a pressão  $u$ ”, executa certa quantidade de trabalho.



**Figura 2.8:**  
 potência absorvida por uma carga.

A potência instantânea  $p$  da expressão (c) é formada por duas parcelas — denominadas potência **ativa** e **reativa** —, ambas vetoriais, cuja soma é chamada de **potência aparente**, medida em volt.ampère [VA] e designada pela letra  $S$ , ou seja:

$$\text{Potência Aparente} = \vec{S} = \vec{P} + \vec{Q} \dots \dots \dots (d)$$

A parcela  $P$  (potência ativa) quantifica o trabalho útil produzido pelo circuito (por exemplo: mecânico, nos liquidificadores; térmico, nos aquecedores; luminoso, nas lâmpadas etc.), sendo medida em watt [W] e expressa por:

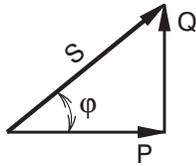
Potência Ativa Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.9
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
<b>a</b> $P = U_0 \cdot I \cdot \cos \varphi$	<b>b</b> $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	<b>c</b> $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$	
Nota: os valores das tensões ( $U_0$ e $U$ ) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.			

em que o termo ( $\cos \varphi$ ) é o **fator de potência**, que veremos em detalhe logo adiante.

A parcela  $Q$  (potência reativa) representa quanto da potência aparente foi transformada em campo magnético (ao circular, por exemplo, através de motores de indução e reatores), sendo medida em volt.ampère-reativo [VAr] e expressa por:

Potência Reativa Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.10
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
<b>a</b> $Q = U_0 \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	<b>b</b> $Q = U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	<b>c</b> $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{sen} \varphi$	
Nota: os valores das tensões ( $U_0$ e $U$ ) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.			

em que o termo ( $\text{sen} \varphi$ ) é denominado **fator reativo**.



Analogamente ao que foi visto para o triângulo das impedâncias, da expressão (d) resulta o **triângulo das potências** (veja a figura ao lado), em que a ativa e reativa são catetos, podendo-se, portanto, escrever:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots \dots \dots (e)$$

$$P = S \cdot \cos \varphi \dots \dots \dots (f)$$

$$Q = S \cdot \text{sen} \varphi \dots \dots \dots (g)$$

Substituindo em (e) os valores de **P** e **Q** fornecidos pelas expressões 2.9 e 2.10. obtém-se finalmente:

Potência Aparente Absorvida por Cargas Ligadas entre:			2.11
Fase e Neutro	2 Fases	3 Fases	
<b>a</b> $S = U_0 \cdot I$	<b>b</b> $S = U \cdot I$	<b>c</b> $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$	

Nota: os valores das tensões ( $U_0$  e  $U$ ) dependem do sistema de distribuição, veja a tabela 2.1.

Estivemos até agora tratando dos circuitos sob tensão alternada. Nos circuitos sob tensão contínua, o fator de potência ( $\cos \varphi$ ) e o fator reativo ( $\text{sen} \varphi$ ) são, respectivamente, unitário e nulo, resultando para os mesmos:

Potência nos Circuitos Contínuos	2.12
<b>Potência Ativa = Potência Aparente = <math>U_{cc} \cdot I</math></b>	

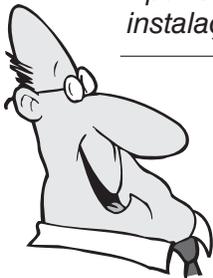
onde  $U_{cc}$  é a tensão entre os terminais positivo e negativo.

### 2.4.1 Fator de Potência

O fator de potência (grandeza adimensional que atinge no máximo a unidade) traduz quanto da potência aparente efetivamente produziu trabalho, ou seja:

Fator de Potência		2.13
$\cos \varphi = \frac{P}{S}$	sendo usualmente adotado: $\cos \varphi = 1,0$ . . . . . p/ iluminação incandescente (a) $\cos \varphi = 0,8$ . . . . . p/ tomadas de uso geral (b)	
<p>Notas:</p> <p>(a): como a iluminação incandescente não consome potência reativa (<math>Q = 0</math>), pois é puramente resistiva, sua potência aparente é igual a potência ativa (<math>P = S</math>). Logo:</p> $\cos \varphi = \frac{P}{P} = \frac{S}{S} = 1,0$ <p>(b): valor médio, pois podem ser ligadas cargas com diferentes fatores de potência nesse tipo de tomadas.                  (c): nas instalações elétricas residenciais, onde as cargas são predominantemente resistivas, o valor do fator de potência global da instalação fica situado em torno de 0,95.</p>		

*Baixo fator de potência significa sobrecarga em todo o sistema de alimentação, desde a concessionária até a parte interna da instalação elétrica.*



Fatores de potência abaixo de 1 significam que apenas parte da potência aparente foi transformada em ativa ou, melhor, em trabalho — em virtude de haver no circuito equipamentos com resistência e reatância, como motores de indução e reatores de lâmpadas fluorescentes, por exemplo.

Em qualquer instalação elétrica, fatores de potência os mais próximos possíveis da unidade são desejáveis por diversas razões. Vejamos três delas.

■ Considere a seguinte analogia.

Se, em um copo cheio de cerveja, a espuma corresponder à potência reativa e o líquido à ativa, o total da espuma mais líquido seria a potência aparente.

Como a capacidade do copo é limitada, caso se queira mais líquido (potência ativa), a espuma (potência reativa) teria que ser diminuída.

Da mesma forma que o copo, os transformadores têm uma capacidade limitada de fornecer potência aparente.

Assim, se, para determinado circuito, for preciso aumentar a potência ativa (líquido) será preciso diminuir sua parcela reativa (espuma), o que só poderá ser conseguido aumentando seu fator de potência (diz-se corrigí-lo).

■ Quanto maior o fator de potência menor a corrente e, conseqüentemente, menores os custos dos condutores e dos dispositivos de proteção.

Para demonstrar, seja uma carga entre duas fases, sob tensão de 220V e com potência ativa de 10kW:

- se seu fator de potência for 0,5, pela expressão 2.13, sua potência aparente será:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{10}{0,5} = 20\text{kVA} = 20.000\text{VA}$$

resultando, pela expressão 2.11.(b), uma corrente de:

$$S = U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{U} = \frac{20.000}{220} = 90\text{A}$$

- porém, se seu fator de potência for 1, então:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{10}{1} = 10\text{kVA} = 10.000\text{VA}$$

$$S = U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{U} = \frac{10.000}{220} = 45\text{A}$$

Ou seja, duplicando o fator de potência, a corrente foi reduzida pela metade e, certamente, o custo de implantação do circuito será menor.

As instalações elétricas residenciais raramente incorrem em multa por baixo fator de potência, pois, para elas, este fator fica em torno de 0,95, como foi comentado na nota (c) da expressão 2.13.



- As concessionárias multam os consumidores cujas instalações apresentem fator de potência inferior a 0,92. O motivo é os medidores de energia só registrarem potência ativa, enquanto, na verdade, o consumidor recebe potência aparente, composta, como já sabemos, de uma parcela ativa e outra reativa. Como fatores de potência inferiores a 1 significam haver potência reativa na instalação, a concessionária não é ressarcida por esta parte do fornecimento, compensando-se, portanto, através da multa, que pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\text{Multa} = (\text{valor da conta de energia}) \times \left( \frac{0,92}{\cos \varphi} - 1 \right)$$

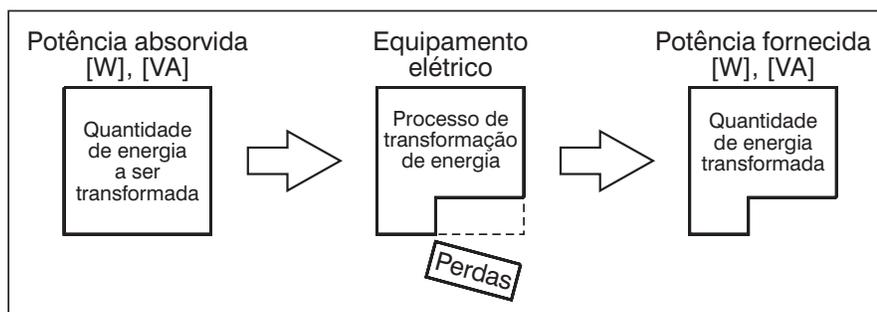
Por exemplo, se a conta de energia de um consumidor exibir um valor de R\$ 357,34 e o seu fator de potência for 0,85, então, ele terá sido multado em:

$$\text{Multa} = R\$357,34 \times \left( \frac{0,92}{0,85} - 1 \right) = R\$29,42$$

Para encerrar, as principais causas de baixo fator de potência nas instalações elétricas residenciais são: lâmpadas fluorescentes com reatores de baixo fator de potência; grande quantidade de aparelhos de ar condicionado e/ou de motores de indução de pequena potência; motores de indução superdimensionados.

### 2.4.2 Rendimento

Na introdução a esta lição, vimos que paga-se um preço, denominado rendimento, para transformar energia de uma forma para outra — ou seja, a quantidade de energia obtida na transformação é sempre menor que a quantidade original. É o que mostra a figura 2.9.



**Figura 2.9:**  
perdas na transformação de energia.

Na figura, uma certa quantidade de energia é absorvida por um equipamento elétrico e este, para cumprir sua função de transformá-la em outra forma, “perde” (devido ao efeito Joule) uma fração da mesma. Matematicamente, isto é escrito da seguinte maneira:

$$\text{Perda} = \text{Potência absorvida} - \text{Potência fornecida}$$

A partir desta expressão, deriva-se a do **rendimento** (grandeza adimensional que atinge no máximo a unidade e é designada pela letra grega  $\eta$ ) de qualquer transformação de energia:

Rendimento	2.14
$\eta = \frac{\text{Potência fornecida}}{\text{Potência absorvida}} = \frac{P'}{P}$	

Ao longo deste curso, sempre que nos referirmos à potência de um equipamento, estaremos pressupondo tratar-se da **absorvida**.



Para a grande maioria dos equipamentos, a potência indicada pelos fabricantes é a absorvida, o que permite o emprego das expressões 2.9, 2.10 e 2.11.

Entretanto, para determinados equipamentos, como motores de indução e reatores de lâmpadas fluorescentes, a potência indicada é a fornecida. Evidentemente, nestes casos, para se conhecer a potência absorvida, é preciso dividi-la pelo rendimento, como se deduz da expressão 2.14.

Para exemplificar, seja uma luminária, com duas lâmpadas fluorescentes de 65W e um reator duplo, cujo fator de potência é 0,92, inserida em um circuito sob tensão de 220V, pela qual circula uma corrente de 0,72A.

Pela expressão 2.9.(b), a potência absorvida pelo conjunto é igual a:  $P = 220 \times 0,72 \times 0,92 = 145,7 \text{ W}$ .

Pelo enunciado, a potência fornecida (um dado de placa do equipamento) é:  $2 \times 65 = 130 \text{ W}$ .

Em vista disso, pela expressão 2.14, o rendimento obtido é:

$$\eta = \frac{130}{145,7} = 0,89 \quad (\text{em números exatos: } 0,8922)$$

significando que 11% da energia absorvida é perdida, ou seja:  $\text{Perda} = 145,7 - 130 = 15,7 \text{ W}$

Alternativamente, como comentamos acima, sendo conhecido o rendimento, a potência absorvida é dada por:

$$P = \frac{130}{0,8922} = 145,7 \text{ W}$$

## 2.5 Tabelas Práticas

**P**ara finalizar esta lição, compilamos algumas tabelas que irão se revelar bastante úteis e práticas, não apenas para o acompanhamento do curso, como também para o dia a dia dos projetos das instalações residenciais.

Tabela 2.4 Conversão de Unidades			
	De	Para	Multiplicar por
Potência	HP	kW	0,7457
	kW	HP	1,341
	cv	kW	0,7355
	kW	cv	1,36
	HP	cv	1,014
	cv	HP	0,986
Comprimento	pol	m	0,0254
	m	pol	39,37
	pé	m	0,3048
	m	pé	3,281
	milha	km	1,609
	km	milha	0,621
Área	pol <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	0,00065
	m <sup>2</sup>	pol <sup>2</sup>	1550,0
	pé <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	0,0929
	m <sup>2</sup>	pé <sup>2</sup>	10,764
Volume	litro	dm <sup>3</sup>	1,0
	dm <sup>3</sup>	litro	1,0
	pol <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	16,387
	cm <sup>3</sup>	pol <sup>3</sup>	0,061
	pé <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	0,0283
	m <sup>3</sup>	pé <sup>3</sup>	35,31
Peso	libra	kg	0,4536
	kg	libra	2,204

Tabela 2.3 Unidades Elétricas			
Quantidade	Símbolo	Unidade	Abreviatura
Corrente elétrica	I	ampère	A
Tensão elétrica	U	volt	V
Carga elétrica	Q	coulomb	C
Resistência	R	ohm	$\Omega$
Reatância	X	ohm	$\Omega$
Impedância	Z	ohm	$\Omega$
Resistividade	$\rho$	ohm.metro	$\Omega.m$
Admitância	Y	siemens	S
Condutância	G	siemens	S
Susceptância	B	siemens	S
Capacitância	C	farad	F
Indutância	L	henry	H
Potência aparente	S	volt. ampère	VA
Potência Ativa	P	watt	W
Potência reativa	Q	volt.ampère-reativo	VAr

Tabela 2.5 Múltiplos e Submúltiplos das Unidades SI		
Prefixo	Símbolo	Multiplicador
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Quilo	k	$10^3$
Hecto	h	$10^2$
Deca	da	10
Deci	d	$10^{-1}$
Centi	c	$10^{-2}$
Mili	m	$10^{-3}$
Micro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$
Pico	p	$10^{-12}$
Femto	f	$10^{-15}$

## 2.6 Recapitulação

(respostas na última página)

- a) O fluxo ordenado de elétrons em um condutor chama-se tensão elétrica, enquanto a diferença de concentração de carga entre dois pontos chama-se corrente elétrica.  
sim  não
- b) A frequência da tensão e da corrente alternada é o tempo necessário para que suas intensidades percorram um ciclo de senóide.  
sim  não
- c) Segundo a NBR 5410, condutores vivos são apenas os condutores fase de uma instalação.  
sim  não
- d) A tensão de linha (ou fase-fase) é medida entre duas fases quaisquer do sistema, enquanto a tensão de fase (ou fase-neutro) é medida entre qualquer fase do sistema e o neutro.  
sim  não
- e) A corrente que flui através de uma resistência é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência.  
sim  não
- f) Nos circuitos puramente resistivos, as senóides da tensão e da corrente estão em fase, enquanto nos indutivos e capacitivos há defasagem entre as senóides.  
sim  não
- g) A potência ativa representa quanto da potência aparente foi transformada em campo magnético, enquanto a reativa quantifica o trabalho útil produzido pelo circuito.  
sim  não
- h) O fator de potência (grandeza adimensional que atinge no máximo a unidade) traduz quanto da potência aparente efetivamente produziu trabalho.  
sim  não
- i) Fatores de potência igual a 1 significam que toda a potência aparente foi transformada em ativa. Portanto, quando menores que 1, significam que apenas parte da potência aparente foi transformada em ativa, ou melhor, em trabalho.  
sim  não