

## Capítulo 3

# Fontes de eletricidade

### 3.1 - A rede elétrica

A energia elétrica oferecida na rede elétrica brasileira é alternada, com frequência de 60 Hz, e tem uma tensão nominal que pode ser de 127 ou de 220 volts. A distribuição de energia é trifásica, ou seja, três fases e um neutro. O consumidor final pode receber uma, duas ou três fases, dependendo de seu consumo. A tensão nominal de 127 ou 220 volts é aquela obtida entre uma fase qualquer e o neutro. Entre duas fases as tensões são 220 volts para redes de 127 volts e e 380 volts para redes de 220 volts. A figura 3.1 mostra uma analogia hidráulica do sistema trifásico, onde os pistões são os enrolamentos do gerador, o motor é a turbina da usina e o terra é comparado a uma ligação ao oceano. O ângulo de  $120^\circ$  entre os pistões ajuda a entender o gráfico da figura 3.2, que representa as tensões nas fases ao longo do tempo:

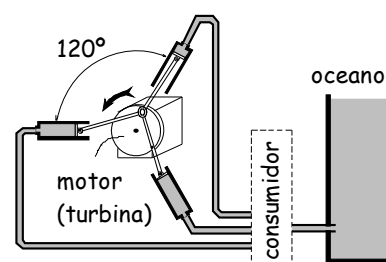


Figura 3.1 – Analogia hidráulica de uma rede trifásica.

#### 3.1.1 - Controlando a potência

Existem dispositivos que podem controlar a potência total fornecida à uma carga ligada à rede, permitindo, por exemplo, variar a luminosidade de uma lâmpada, o aquecimento de uma resistência ou a velocidade de um motor de escovas.

O gráfico da figura 3.3, que servirá de referência para os dispositivos apresentados adiante, mostra a potência disponível ao longo dos ciclos da rede elétrica.

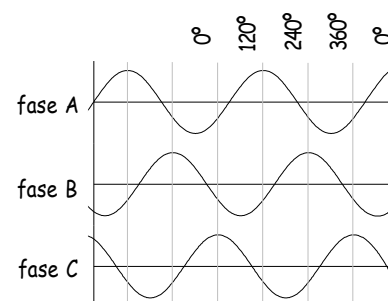


Figura 3.2 – Tensão nas fases.

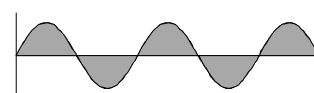


Figura 3.3 – Potência disponível.

#### Diodo

O primeiro dispositivo para reduzir a potência aplicada à uma carga ligada diretamente à rede é o diodo. Ele permite a passagem da corrente em apenas uma direção, cortando metade dos ciclos e, conseqüentemente, reduzindo a potência disponível em 50%.

Tem a vantagem da simplicidade, do pequeno custo, da confiabilidade e de não consumir energia. Entretanto, a redução de potência é única: 50%. Além disso, caso ocorra a "queima" do diodo, a carga pode ficar ligada diretamente à rede.

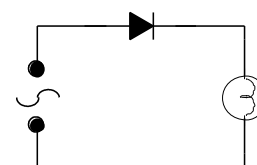


Figura 3.4 – Esquema da ligação de uma carga (lâmpada) à rede através de um diodo.

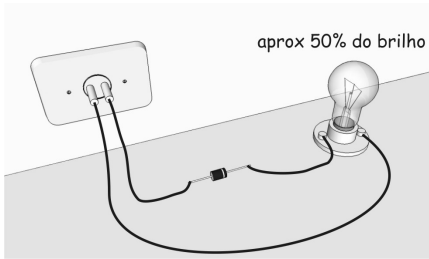


Figura 3.5 – Ligação de um diodo à carga.

Os diodos encontrados em lojas de componentes eletrônicos geralmente suportam corrente até 6 amperes. Diodos com capacidade maiores são mais difíceis de encontrar, mais caros e podem requerer montagem em dissipadores de calor. O gráfico da figura 3.6 mostra a corrente elétrica retificada pelo diodo.



Figura 3.6

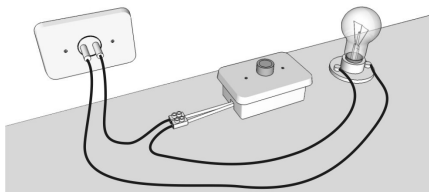


Figura 3.7 – Ligação de um dimmer à carga.

### Dimmer

O dimmer utiliza um componente eletrônico chamado triac (ver capítulo 2) para "cortar" parte do ciclo da rede, disponibilizando apenas parte da energia para a carga. O potência disponível pode ser variada girando o eixo de um potenciômetro. São encontrados modelos de baixa potência (cerca de 500 W) em lojas de materiais de construção, destinados a controlar a iluminação residencial.

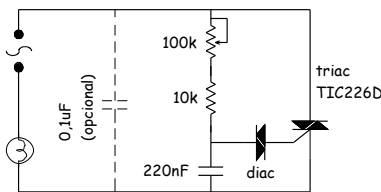


Figura 3.8 – Esquema de um dimmer.

A figura 3.8 mostra o esquema de um dimmer. O Triac TIC226D suporta 8 A sob uma tensão de até 400 V. Portanto, quando usado em um circuito de 127V, permite controlar cargas de até 1016 W ( $127 \times 8$ ). Para 220 V, a potência que pode ser controlada é o dobro. Outros triacs podem ser usados, bastando consultar suas tensões e correntes de trabalho nos respectivos datasheets, disponíveis na internet. O diac é um componente fisicamente semelhante a um diodo e pode-se usar qualquer modelo disponível. O capacitor deve ter isolamento de, no mínimo 250V.

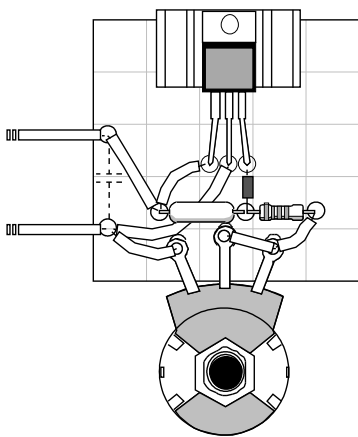


Figura 3.9 – montagem de um dimmer

Circuitos usando triacs costumam produzir bastante ruído (interferências) na rede elétrica, particularmente quando controlam correntes altas. Este problema pode ser minimizado colocando-se um capacitor em paralelo com a entrada, como indicado no esquema. Se o problema persistir, pode-se colocar um indutor em série com esta entrada. Este indutor pode ser feito enrolando-se cerca de dez espiras de fio em um núcleo de ferrite. Outro problema comum aos dimmers é que a potência fornecida à carga apresenta flutuações com as variações da tensão na rede ou com o ruído presente.

A montagem indicada na figura 3.9 foi feita pelo [método das ilhas coladas](#) (método manhattan), mas utilizou-se uma placa não cobreada (fôrmica), devido às altas tensões envolvidas. O Triac foi montado em um pequeno dissipador. Para controlar potências maiores, pode ser necessário um dissipador maior.

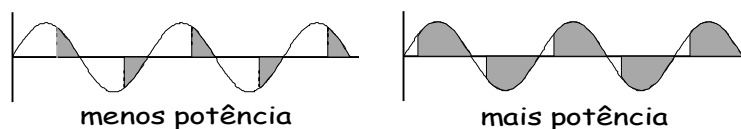


Figura 3.10

## Resistências

Colocar uma resistência em série com a carga limita a corrente total que pode circular pelo circuito, limitando assim a potência disponível para a carga. Cabe lembrar que a resistência dissipa potência na forma de calor, e esta potência será cobrada pela concessionária de energia elétrica.

As figuras 3.11 e 3.12 mostram um redutor de potência feito com seis espirais de fio de nicromo (resistências de chuveiro). A lâmpada é apenas ilustrativa, representando a carga.

Abaixo apresentamos uma tabela que mostra o resultado, em termos de potências dissipadas, da associação em série de duas cargas (figura 3.13). Nesta tabela, ao invés do valor da resistência, é fornecida a potência nominal das cargas associadas:

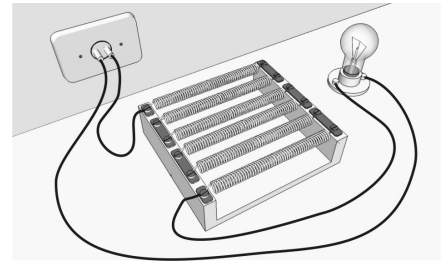


Figura 3.11 – Banco de resistências de chuveiro limitando a corrente de uma carga.

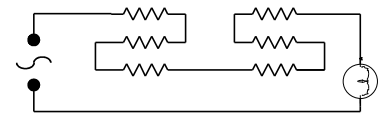


Figura 3.12 – Esquema do banco de resistências mostrado acima.

| Potência nominal da carga 1 | Potência nominal da carga 2 | Resistência da carga 1 (assumindo 127 V) - $\Omega$ | Resistência da carga 2 (assumindo 127 V) - $\Omega$ | Potência dissipada na carga 1 | Potência dissipada na carga 2 | Percentual da potência total dissipado na carga 1 | Percentual da potência total dissipado na carga 2 |
|-----------------------------|-----------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------------------|---|---|
| 15.000                      | 1.000                       | 1,1   | 16,1  | 59                            | 879                           | 6%  | 94%   |
| 12.000                      | 1.000                       | 1,3   | 16,1  | 71                            | 852                           | 8%  | 92%   |
| 10.000                      | 1.000                       | 1,6   | 16,1  | 83                            | 826                           | 9%  | 91%   |
| 8.000                       | 1.000                       | 2,0   | 16,1  | 99                            | 790                           | 11%   | 89%   |
| 7.000                       | 1.000                       | 2,3   | 16,1  | 109                           | 766                           | 13%   | 88%   |
| 5.000                       | 1.000                       | 3,2   | 16,1  | 139                           | 694                           | 17%   | 83%   |
| 4.000                       | 1.000                       | 4,0   | 16,1  | 160                           | 640                           | 20%   | 80%   |
| 3.000                       | 1.000                       | 5,4   | 16,1  | 188                           | 563                           | 25%   | 75%   |
| 2.000                       | 1.000                       | 8,1   | 16,1  | 222                           | 444                           | 33%   | 67%   |
| 1.500                       | 1.000                       | 10,8  | 16,1  | 240                           | 360                           | 40%   | 60%   |
| 1.000                       | 1.000                       | 16,1  | 16,1  | 250                           | 250                           | 50%   | 50%   |

Tabela 3.1

Assim, ligando em série uma resistência de chuveiro de 5.000 W e uma outra resistência de 1000 W, a potência dissipada pela resistência de 5.000 W será de 139 W e a resistência de 1000 W dissipará 694 W. Os valores da tabela, exceto os das resistências, são proporcionais para múltiplos das potências apresentadas, ou seja, ligando uma lâmpada de 150 W em série com uma de 100 W, a primeira dissipará 24 W e a segunda 36 W, totalizando apenas 60W.

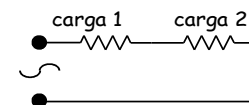


Figura 3.13

## Resistor ou reostato líquido

Trata-se de uma resistência fixa ou variável que utiliza um eletrólito líquido como meio resistente. Além do custo baixo, possui capacidade de dissipar grandes potências. A utilização de um destes aparelhos ligados à rede elétrica, entretanto, apresenta o risco imediato de choque elétrico letal. A combinação de um líquido condutor com as tensões da rede é

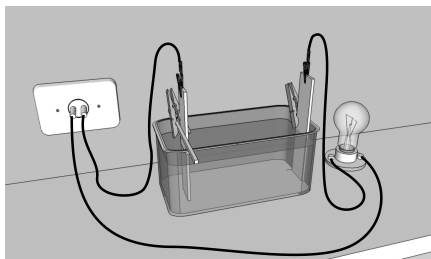


Figura 3.14 – montagem de um reostato líquido

extraordinariamente perigosa e não deve ser empreendida sem a adoção de medidas de segurança apropriadas. Sua utilização em baixas voltagens (abaixo de 12 volts), por outro lado, pode ser considerada segura, desde que seja operada com cuidado e não haja a possibilidade de contato com a rede.

O aparelho consiste em uma cuba eletrolítica, ou seja, um vaso cheio de uma solução de um sal, onde se inserem dois eletrodos. A resistência pode variar pelo aumento da distância entre os eletrodos, pela variação da área imersa dos eletrodos ou pela variação da concentração do eletrólito. Uma disposição possível é a apresentada na figura 3.14. A combinação mais utilizada são eletrodos de cobre inseridos em solução de sulfato de cobre. Esta combinação funciona particularmente bem em correntes alternadas, já que em correntes contínuas o anodo se dissolverá eventualmente no eletrólito.

Outros eletrólitos a base de carbonato de sódio ou soda cáustica pura podem produzir bons resultados com eletrodos de aço inoxidável, particularmente em correntes contínuas, pois praticamente não há oxidação no anodo. Entretanto, pequenas quantidades de impurezas, como sal (cloreto de sódio), provocam uma degradação acelerada dos eletrodos.

Dois outros fatores que se deve levar em consideração na utilização de resistências líquidas são a formação de bolhas sobre os eletrodos e a variação da resistência do eletrólito com a temperatura. Estes fatores fazem com que a resistência não seja constante, dependendo de variáveis como corrente, tempo de utilização, temperatura ambiente etc.

#### **AVISO:**

Este texto é uma leitura proporcionada por [www.centelhas.com.br](http://www.centelhas.com.br). Seu conteúdo, assim como todo o conteúdo do site, é propriedade intelectual do autor e não pode ser copiado ou modificado sem sua autorização. Não é autorizado o uso comercial deste trabalho. Entretanto, é permitido o download e a distribuição deste arquivo sem modificações para uso pessoal.

Nem o autor nem os administradores do site assumem qualquer responsabilidade sobre o uso das informações deste texto. Muitos procedimentos aqui descritos são potencialmente perigosos. A execução de qualquer destes procedimentos não deve ser tentada por quem não tem o conhecimento e a habilidade necessária. Este texto é um trabalho em desenvolvimento e pode conter erros e lacunas. Verifique no site a existência de versões mais atualizadas.