

## **Sumário**

<b>Introdução</b>	<b>5</b>
<b>Princípio de funcionamento do transformador</b>	<b>6</b>
Princípio de funcionamento	7
Transformadores com mais de um secundário	10
<b>Relação de transformação</b>	<b>11</b>
Tipos de transformadores quanto à relação de transformação	12
Transformador elevador	13
Transformador rebaixador	13
Transformador isolador	14
<b>Relação de potência nos transformadores</b>	<b>15</b>
Potência em transformadores com mais de um secundário	17
<b>Ligação de transformadores em 110V e 220V</b>	<b>19</b>
Transformador para entrada em 110/220V com primário a três fios	19
Transformador para entrada em 110/220v com primário a quatro fios	22
Instalação de fusível e chave liga/desliga	26
<b>Identificação dos terminais das bobinas do primário</b>	<b>28</b>
Especificação de transformadores	31
<b>Relação de fase entre as tensões do primário e do secundário</b>	<b>32</b>
Ponto de referência	32
Transformador com derivação central no secundário	34
<b>Apêndice</b>	<b>36</b>
Questionário	36
Bibliografia	36



## **Espaço SENAI**

### **Missão do Sistema *SENAI***

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

A harmonia da atividade industrial com o meio ambiente é um dos objetivos do *SENAI*.

# Introdução

---

Os aparelhos eletrônicos modernos são construídos para funcionar a partir da rede elétrica. Entretanto, a grande maioria desses aparelhos utiliza tensões baixas nos seus circuitos (6V, 12V, 15V etc). Um dos componentes que são utilizados para se obterem baixas tensões a partir das redes de 110V/220V é o transformador.

Essa larga utilização nos aparelhos torna necessário aos técnicos de eletrônica conhecer e compreender as características do transformador.

Este fascículo apresenta uma série de informações sobre os transformadores, visando a capacitá-lo a conectar, testar e especificar de forma tecnicamente correta esse dispositivo.

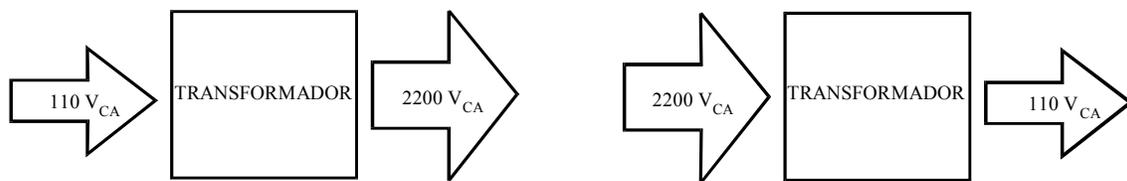


***Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor já deverá ter conhecimentos relativos a:***

- Corrente alternada.
- Indutores em corrente alternada.
- Relação de fases entre tensões.

# Princípio de funcionamento do transformador

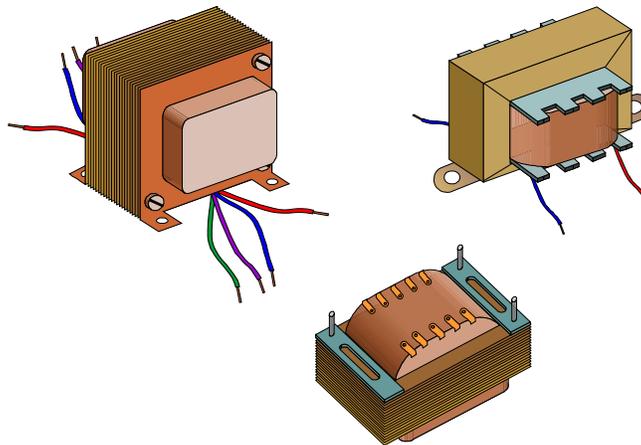
O transformador é um dispositivo que permite elevar ou rebaixar os valores de tensão ou corrente em um circuito de CA, como pode ser visto na Fig.1.



**Fig.1** Função dos transformadores.

A grande maioria dos equipamentos eletrônicos emprega transformadores, seja como elevador ou rebaixador de tensões.

A Fig.2 mostra alguns tipos de transformadores.



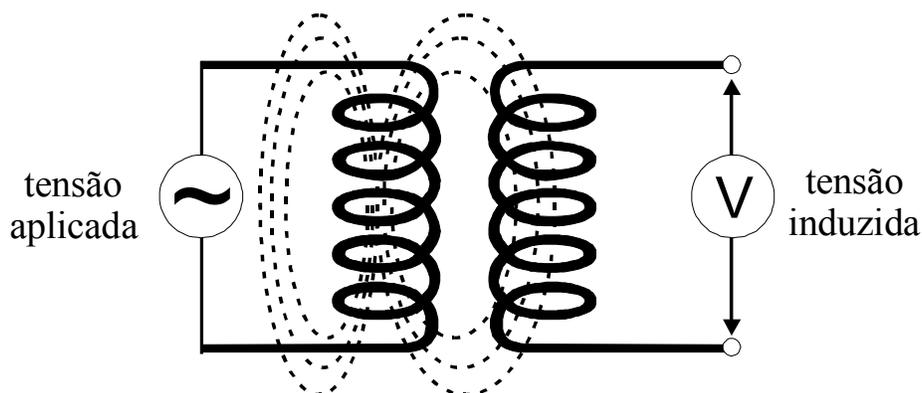
**Fig.2** Tipos diferentes de transformador.

## PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Quando uma bobina é conectada a uma fonte de CA, surge um campo magnético variável ao seu redor.

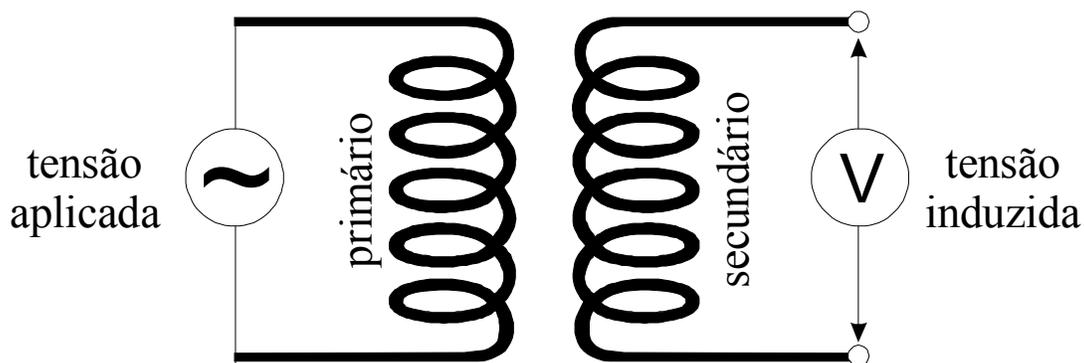
Aproximando-se outra bobina da primeira, o campo magnético variável gerado na primeira bobina **corta** as espiras da segunda.

Como conseqüência da variação de campo magnético sobre suas espiras surge na segunda bobina uma tensão induzida, como pode ser visto na **Fig.3**.



**Fig.3** Tensão induzida na segunda bobina.

A bobina na qual se aplica a tensão CA é denominada de **primário do transformador**, e a bobina onde surge a tensão induzida é denominada de **secundário do transformador**, como mostrado na **Fig.4**.



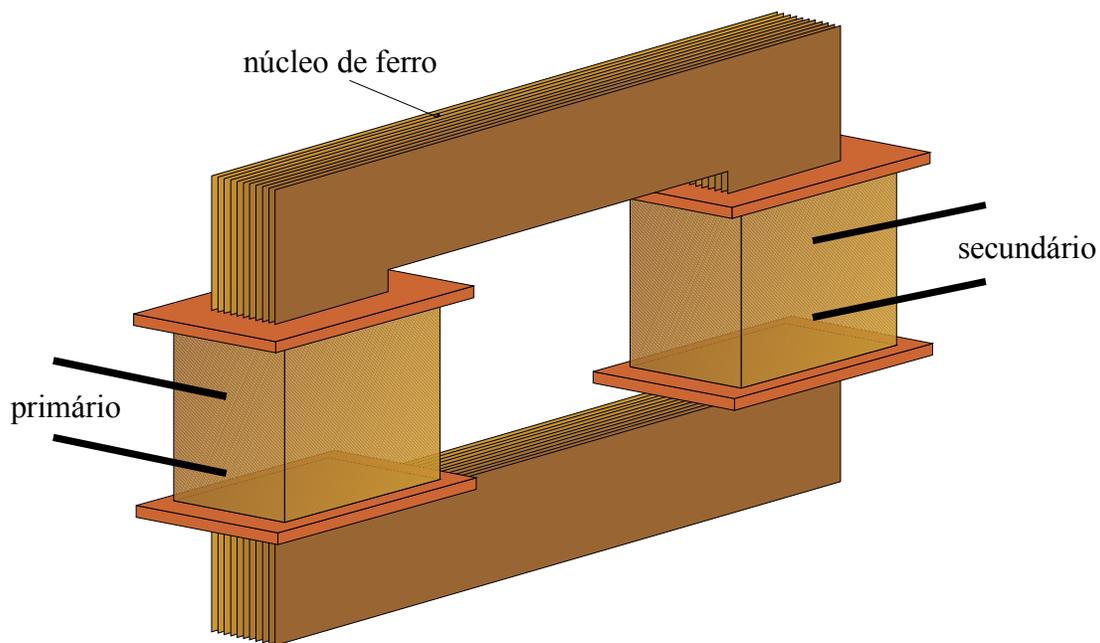
**Fig.4** Primário e secundário de um transformador.



*A bobina do transformador em que se aplica uma tensão CA é denominada de primário e a bobina em que surge uma tensão induzida é denominada de secundário.*

É importante observar que as bobinas primária e secundária são eletricamente isoladas entre si. A transferência de energia de uma para a outra se dá exclusivamente através das linhas de forças magnéticas.

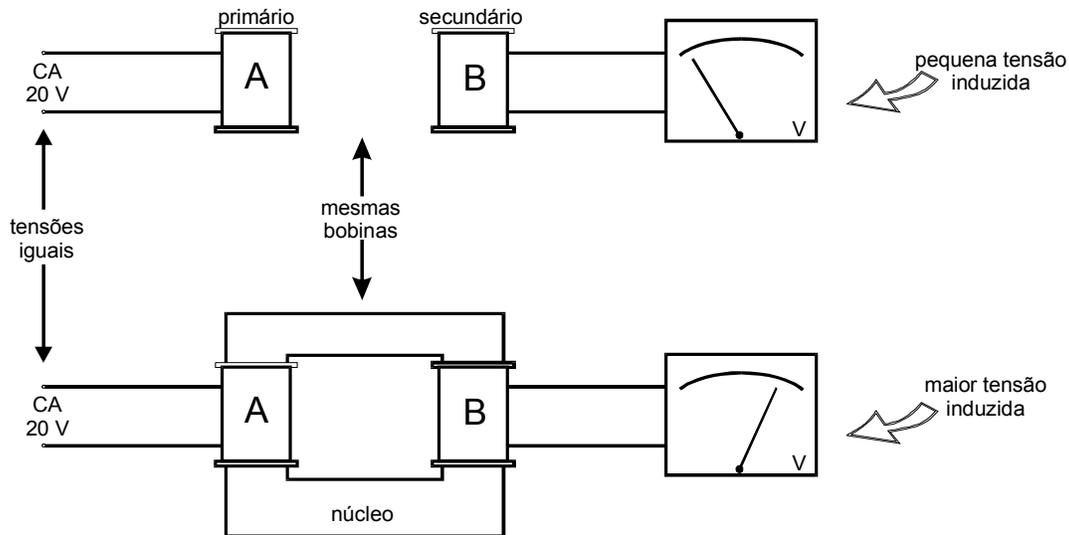
A tensão induzida no secundário de um transformador é proporcional ao número de linhas magnéticas que corta a bobina secundária. Por essa razão, o primário e o secundário de um transformador são montados sobre um núcleo de material ferromagnético, como pode ser visto na **Fig.5**.



**Fig.5** Núcleo de material ferromagnético.

O núcleo diminui a dispersão do campo magnético fazendo com que o secundário seja cortado pelo maior número de linhas magnéticas possível, obtendo uma melhor transferência de energia entre o primário e o secundário.

A **Fig.6** ilustra o efeito provocado pela colocação do núcleo no transformador.



**Fig.6** Efeito de núcleo no transformador.

Com a inclusão do núcleo, o aproveitamento do fluxo magnético gerado no primário é maior. Entretanto, surge um inconveniente: o ferro maciço sofre grande aquecimento com a passagem do fluxo magnético.

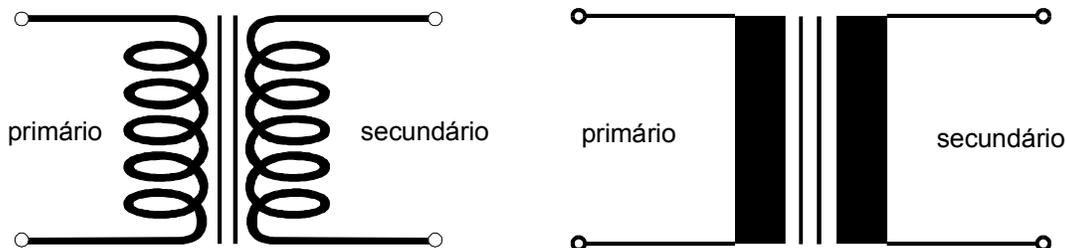
Para diminuir esse aquecimento, utiliza-se ferro silicoso laminado para a construção do núcleo. Com a laminação do ferro, reduzem-se as **correntes parasitas** responsáveis pelo aquecimento do núcleo.



***O núcleo de um transformador é laminado para se reduzirem as correntes parasitas que provocam o seu aquecimento.***

A laminação não elimina o aquecimento, mas reduz sensivelmente em relação ao ferro maciço.

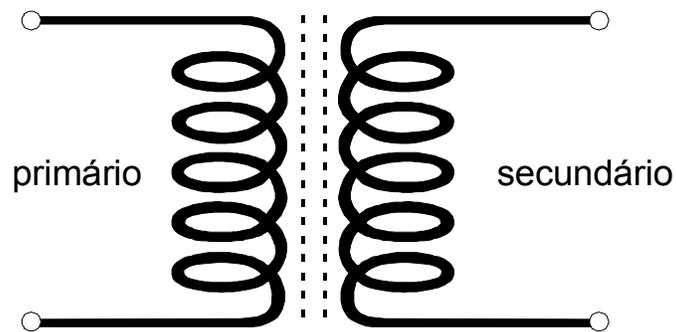
A **Fig.7** mostra os símbolos empregados para representar o transformador, segundo a norma ABNT.



**Fig.7** Símbolo do transformador.

Os traços colocados no símbolo entre as bobinas do primário e secundário indicam o núcleo de ferro laminado. O núcleo de ferro é empregado em transformadores que funcionam em baixas frequências (50Hz, 60Hz, 120Hz).

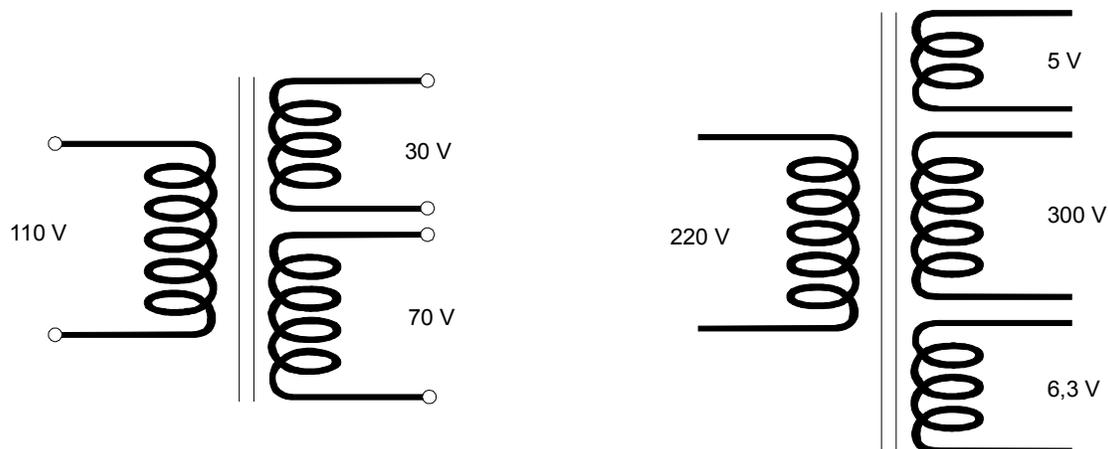
Transformadores que funcionam em frequências mais altas (kHz) geralmente são montados em núcleo de **ferrite**. A **Fig.8** mostra o símbolo de um transformador com núcleo de ferrite.



**Fig.8** Símbolo do transformador com núcleo de ferrite.

## TRANSFORMADORES COM MAIS DE UM SECUNDÁRIO

É possível construir transformadores com mais de um secundário, de forma a obter diversas tensões diferentes. Esses tipos de transformador podem ser vistos na **Fig.9**.



**Fig.9** Transformadores com mais de um secundário.

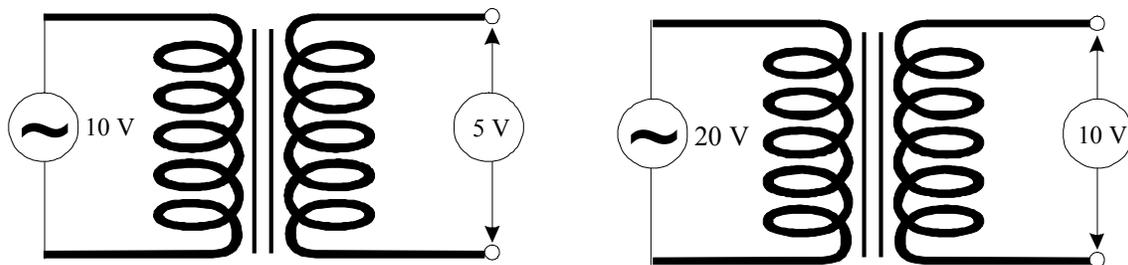
Esse tipo de transformadores é muito utilizado em equipamentos eletrônicos.

# Relação de transformação

A aplicação de uma tensão CA ao primário de um transformador resulta no aparecimento de uma tensão induzida no seu secundário.

Aumentando-se a tensão aplicada ao primário, a tensão induzida no secundário aumenta na mesma proporção.

Verifica-se para o caso do exemplo da **Fig.10** que a tensão do secundário é sempre a metade da tensão aplicada no primário.



**Fig.10** Transformador com tensão no secundário igual à metade da tensão no primário.

A relação entre as tensões no primário ( $V_p$ ) e secundário ( $V_s$ ) depende fundamentalmente da relação entre o número de espiras no primário ( $N_p$ ) e secundário ( $N_s$ ).

Num transformador com primário de  $N_p$  espiras e secundário de  $N_p/2$  espiras, a tensão no secundário será a metade da tensão no primário, ou seja  $V_s = V_p/2$ .

Verifica-se que o resultado da relação  $N_S/N_P$  é o mesmo da relação  $V_S/V_P$ . Logo, pode-se escrever :

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} \quad (1)$$

O resultado da relação  $(V_S/V_P)$  é denominado de relação da transformação.



*A relação de transformação expressa a relação entre a tensão induzida no secundário e a tensão aplicada ao primário.*

Um transformador pode ser construído de forma a ter qualquer relação de transformação que se necessite. A **Tabela 1** mostra alguns exemplos.

**Tabela 1** Algumas relações de transformação.

Relação de Transformação	Tensões
3	$V_S = 3 \times V_P$
5,2	$V_S = 5,2 \times V_P$
0,3	$V_S = 0,3 \times V_P$

## TIPOS DE TRANSFORMADORES QUANTO À RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO

Quanto à relação de transformação, os transformadores podem ser classificados em três grupos:

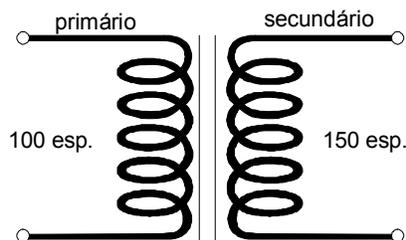
- Transformador elevador.
- Transformador rebaixador.
- Transformador isolador.

## TRANSFORMADOR ELEVADOR

Denomina-se transformador elevador todo o transformador com uma relação de transformação maior que 1 ( $N_S > N_P$ ).

Devido ao fato de que o número de espiras do secundário é maior que do primário, a tensão do secundário será maior que a do primário.

A **Fig.11** mostra um exemplo de transformador elevador, com relação de transformação de 1,5.



**Fig.11** Transformador elevador de relação de transformação 1,5.

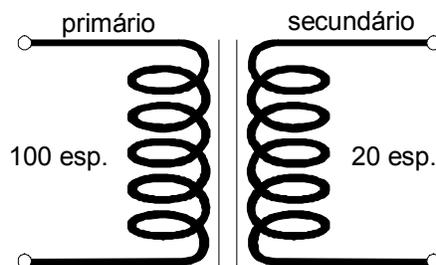
Se uma tensão de  $100V_{CA}$  for aplicada ao primário, a tensão no secundário será de 150V.

## TRANSFORMADOR REBAIXADOR

É todo o transformador com relação de transformação menor que 1 ( $N_S < N_P$ ).

Nesse tipo de transformador, a tensão no secundário é menor que a no primário.

A **Fig.12** mostra um exemplo de transformador rebaixador, com relação de transformação de 0,2.



**Fig.12** Transformador rebaixador de relação de transformação 0,2.

Nesse transformador, aplicando-se  $50V_{CA}$  no primário, a tensão no secundário será 10V.

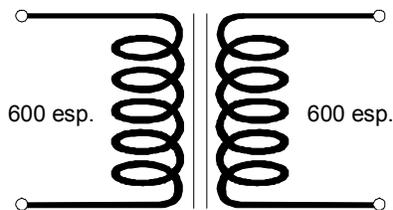
Os transformadores rebaixadores são os mais utilizados em eletrônica, para rebaixar a tensão das redes elétricas domiciliares (110V ou 220V para tensões de 6V, 12V e 15V necessárias à maioria dos equipamentos).

## TRANSFORMADOR ISOLADOR

Denomina-se de isolador o transformador que tem uma relação de transformação igual 1 ( $N_S = N_P$ ).

Como o número de espiras do primário é igual ao do secundário, a tensão no secundário é igual à tensão no primário.

A **Fig.13** mostra um exemplo de transformador isolador.



**Fig.13** Transformador isolador.

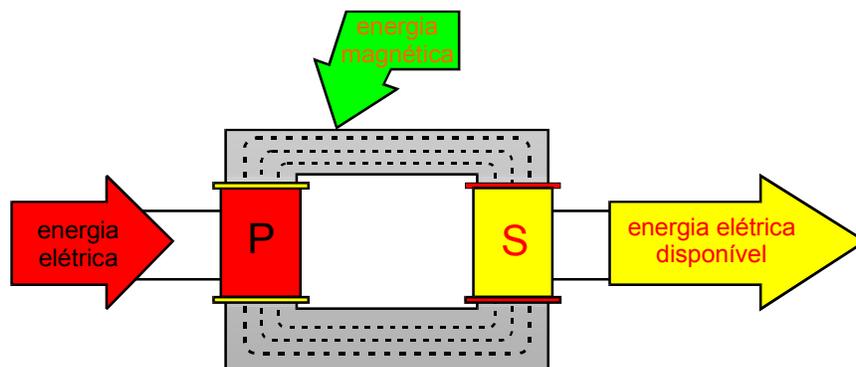
Esse tipo de transformador é utilizado para isolar eletricamente um aparelho da rede elétrica.

Os transformadores isoladores são muito utilizados em laboratórios de eletrônica para que a tensão presente nas bancadas seja eletricamente isolada da rede.

# Relação de potência nos transformadores

O transformador é um dispositivo que permite modificar os valores de tensão e corrente em um circuito de CA.

Em realidade, o transformador recebe uma quantidade de energia elétrica no primário, transforma em campo magnético e converte novamente em energia elétrica disponível no secundário, como pode ser visto na **Fig.14**.



**Fig.14** Conversão de energia elétrica do primário para o secundário.

A quantidade de energia absorvida da rede elétrica pelo primário do transformador é denominada de potência do primário, representada pela notação  $P_p$ .

Admitindo-se que não existam perdas por aquecimento do núcleo, pode-se concluir que toda a energia absorvida no primário está disponível no secundário.

A energia disponível no secundário é denominada de potência do secundário  $P_s$ . Se não existem perdas, pode-se afirmar que:

$$P_p = P_s \quad (2)$$

A potência do primário depende da tensão aplicada e da corrente absorvida da rede :

$$P_P = V_P \times I_P \quad (3)$$

A potência do secundário é produto da tensão pela corrente no secundário:

$$P_S = V_S \times I_S \quad (4)$$

Considerando o transformador como ideal, pode-se, então escrever:

$$V_S \times I_S = V_P \times I_P \quad (5)$$

A seguir estão colocados dois exemplos de aplicação da equação.

### **Exemplo 1:**

Um transformador rebaixador de 110V para 6V deverá alimentar o seu secundário uma carga que absorve uma corrente de 4,5A. Qual será a corrente no primário?

### **Solução:**

$$V_P = 110V \quad ; \quad V_S = 6V \quad ; \quad I_S = 4,5A \quad ; \quad I_P = ?$$

$$V_P \times I_P = V_S \times I_S \quad ; \quad I_P = \frac{V_S \times I_S}{V_P} = \frac{6 \times 4,5}{110} \quad ; \quad I_P = 0,245A$$

### **Exemplo 2:**

Um transformador elevador de 110V para 600V absorve, no primário, uma corrente de 0,5A. Que corrente está sendo solicitada no secundário?

### **Solução:**

$$V_P = 110V \quad ; \quad V_S = 600V \quad ; \quad I_P = 0,5A \quad ; \quad I_S = ?$$

$$V_P \times I_P = V_S \times I_S \quad ; \quad I_S = \frac{V_P \times I_P}{V_S} = \frac{110 \times 0,5}{600} \quad ; \quad I_S = 91,67mA$$

## POTÊNCIA EM TRANSFORMADORES COM MAIS DE UM SECUNDÁRIO

Quando um transformador tem apenas um secundário, a potência absorvida pelo primário é a mesma fornecida no secundário (considerando que não existe perdas por aquecimento).

Quando existe mais de um secundário, a potência absorvida da rede pelo primário é a soma das potências fornecidas a todos os secundários.



*A potência absorvida da rede pelo primário é a soma das potências de todos os secundários.*

Matematicamente, pode-se escrever:

$$P_P = P_{S1} + P_{S2} + \dots + P_{SN} \quad (6)$$

onde

$P_P$  é a potência absorvida pelo primário;

$P_{S1}$  a potência fornecida pelo secundário 1;

$P_{S2}$  a potência fornecida pelo secundário 2;

$P_{SN}$  a potência fornecida pelo secundário N.

Essa equação pode ser reescrita usando os valores de tensão e corrente no transformador.

$$V_P \times I_P = (V_{S1} \times I_{S1}) + (V_{S2} \times I_{S2}) + \dots + (V_{SN} \times I_{SN}) \quad (7)$$

A seguir está apresentado um exemplo de utilização dessa equação.

**Exemplo 3:**

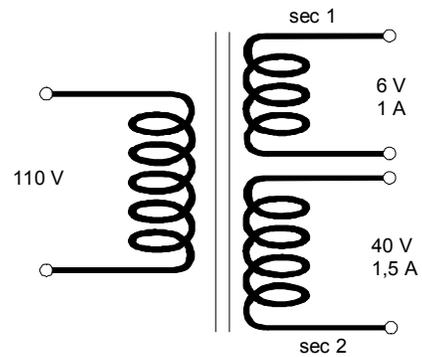
Determinar a corrente no primário do transformador da figura abaixo.

**Solução:**

$$V_P \times I_P = (V_{S1} \times I_{S1}) + (V_{S2} \times I_{S2})$$

$$110 \times I_P = (6 \times 1) + (40 \times 1,5)$$

$$I_P = \frac{66}{110} \quad ; \quad I_p = 0,6A$$



# Ligação de transformadores em 110V e 220V

---

Os aparelhos eletrônicos modernos são fabricados de forma a possibilitar a sua utilização tanto em redes de 110V como 220V.

A seleção normalmente é feita através de um botão que se encontra na parte posterior do aparelho.

Essa chave, na maioria dos casos, está ligada ao primário de um transformador.

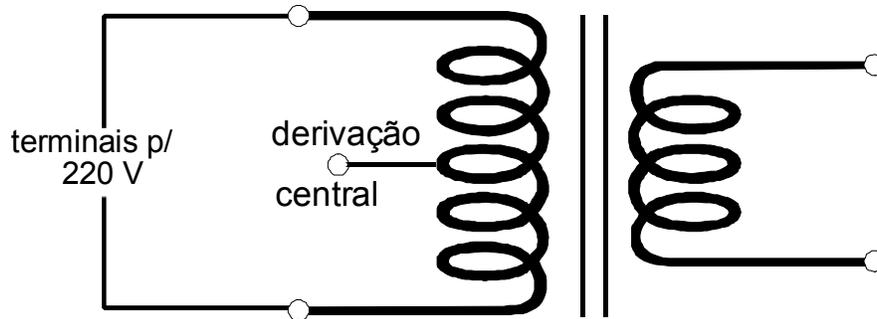
De acordo com a posição da chave, o primário é preparado para receber 110V ou 220V da rede elétrica domiciliar, entregando os mesmos valores de tensão ao secundário.

Existem dois tipos de transformador, cujo primário pode ser ligado para 110V ou 220V:

- Transformador 110/220V com primário a 3 fios.
- Transformador 110/220V com primário a 4 fios.

## **TRANSFORMADOR PARA ENTRADA EM 110/220V COM PRIMÁRIO A TRÊS FIOS**

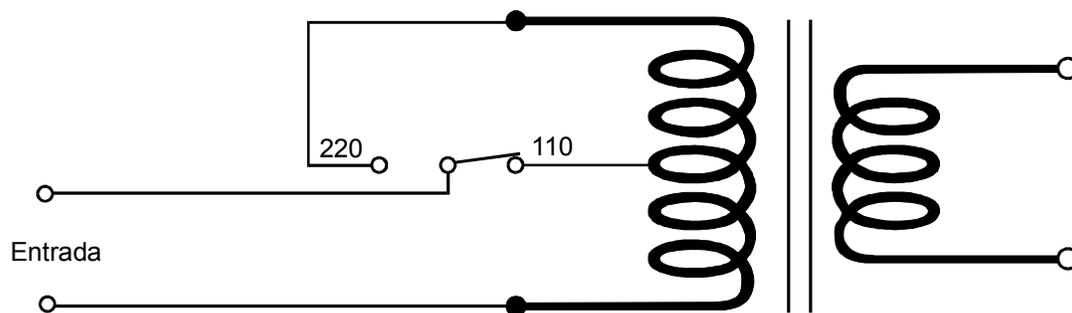
O primário de um transformador 110/220V a três fios se constitui de uma bobina para 220V com uma derivação central, como ilustrado na **Fig.15**.



**Fig.15** Transformador com primário a três fios.

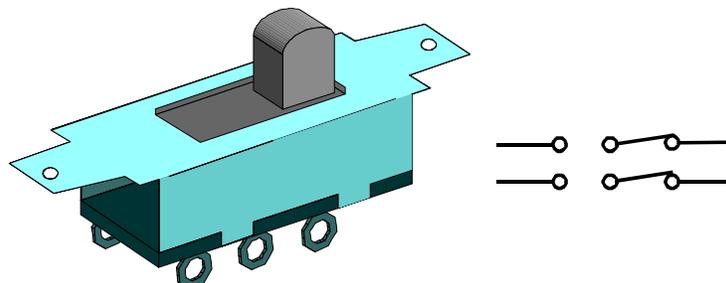
A derivação central permite que se utilize apenas uma das metades do primário, aplicando 110V entre um dos extremos e a derivação central.

A **Fig.16** mostra a ligação desse tipo de transformadores para seleção de 110/220V através de uma chave.



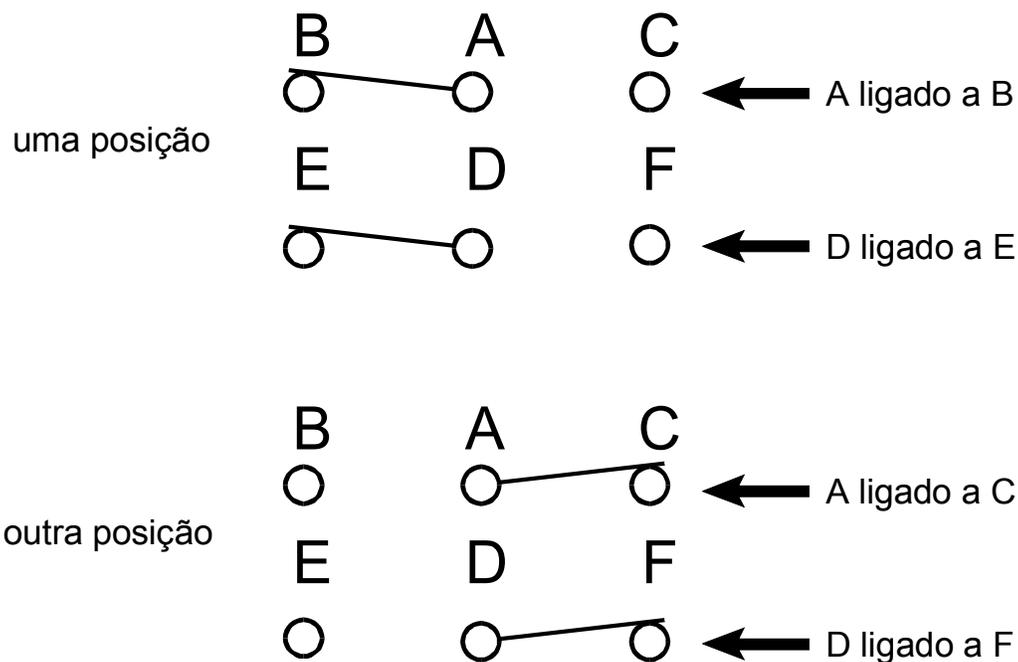
**Fig.16** Seleção de 110 para 220V.

A chave utilizada para seleção 110/220V é normalmente de dois pólos, duas posições e deslizante, também conhecida como HH. A **Fig.17** mostra o aspecto real e o símbolo da chave.



**Fig.17** Chave HH e seu símbolo.

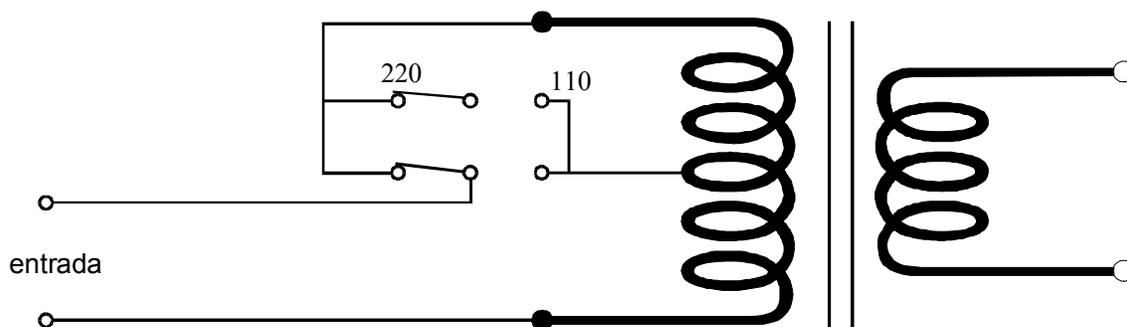
Nesse tipo de chave, cada um dos terminais centrais é ligado a um dos extremos ou ao outro, como mostrado na **Fig.18**.



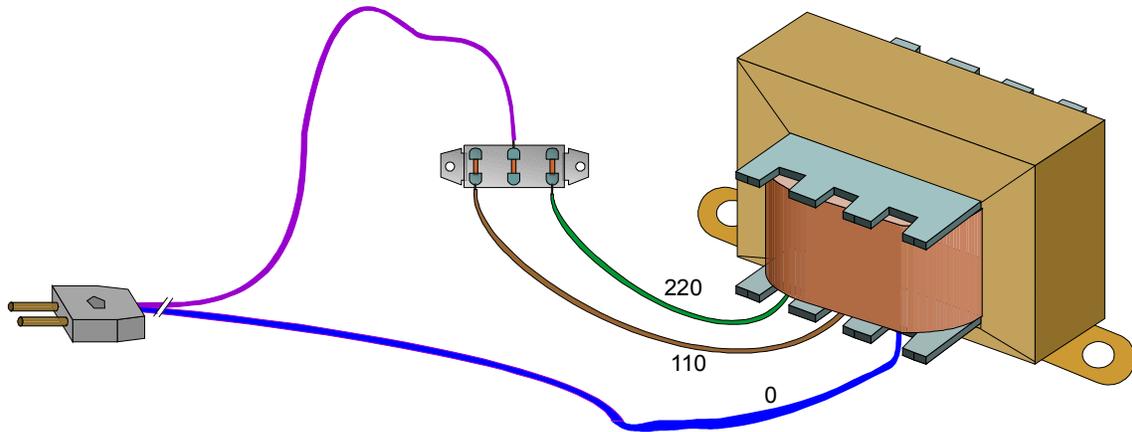
**Fig.18** Posições das chaves HH.

Cada uma das seções (B A C e E D F) são independentes eletricamente.

Normalmente as duas seções da chave são utilizadas em paralelo, conforme mostra o esquema da **Fig.19** e a montagem real da **Fig.20**.



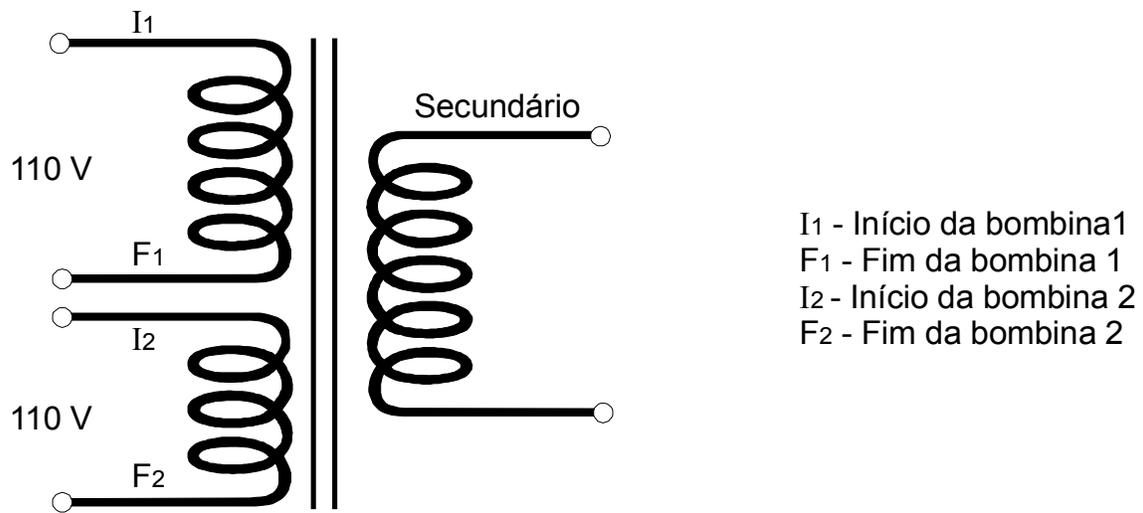
**Fig.19** Esquema da seleção de 110 para 220V com a chave HH.



**Fig.20** Montagem de um transformador 110/220 V om primário a três fios

## TRANSFORMADOR PARA ENTRADA EM 110/220V COM PRIMÁRIO A QUATRO FIOS

O primário dos transformadores 110/220V a quatro fios é formado de duas bobinas para 110V eletricamente isoladas entre si, como ilustrado na Fig.21.



**Fig.21** Transformador com primário a quatro fios.

Para ligação em 220V, as duas bobinas do primário devem ser ligadas em série, como pode ser visto na Fig.22.

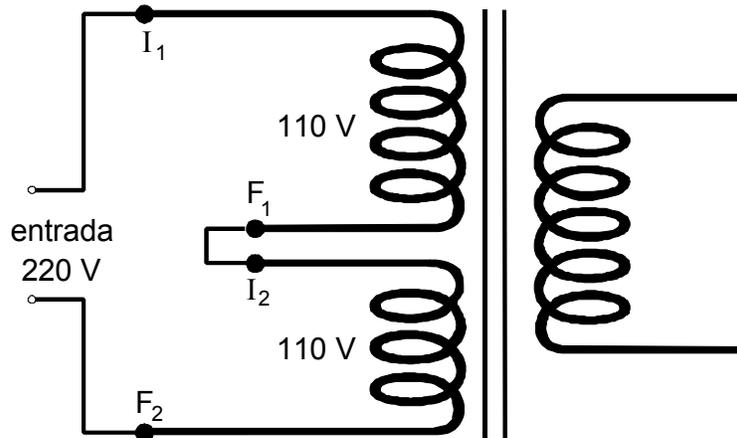


Fig.22 Ligação em 220V.

É importante observar que, nesta ligação, o fim da bobina primária superior está ligado com o início da bobina inferior. Essa ordem não pode ser modificada.



**Em um transformador para entrada 110/220V com primário a 4 fios, a ligação para 220V é feita colocando as bobinas do primário em série, observando a identificação dos fios.**

Para a ligação em 110V, as duas bobinas do primário têm que ser ligadas em paralelo. A Fig.23 mostra a ligação para 110V.

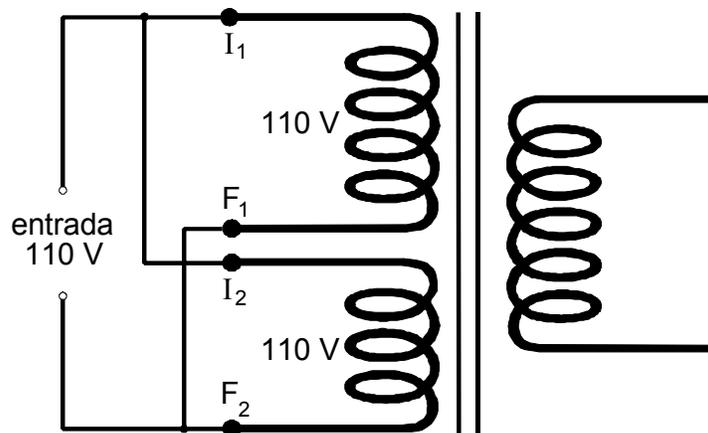


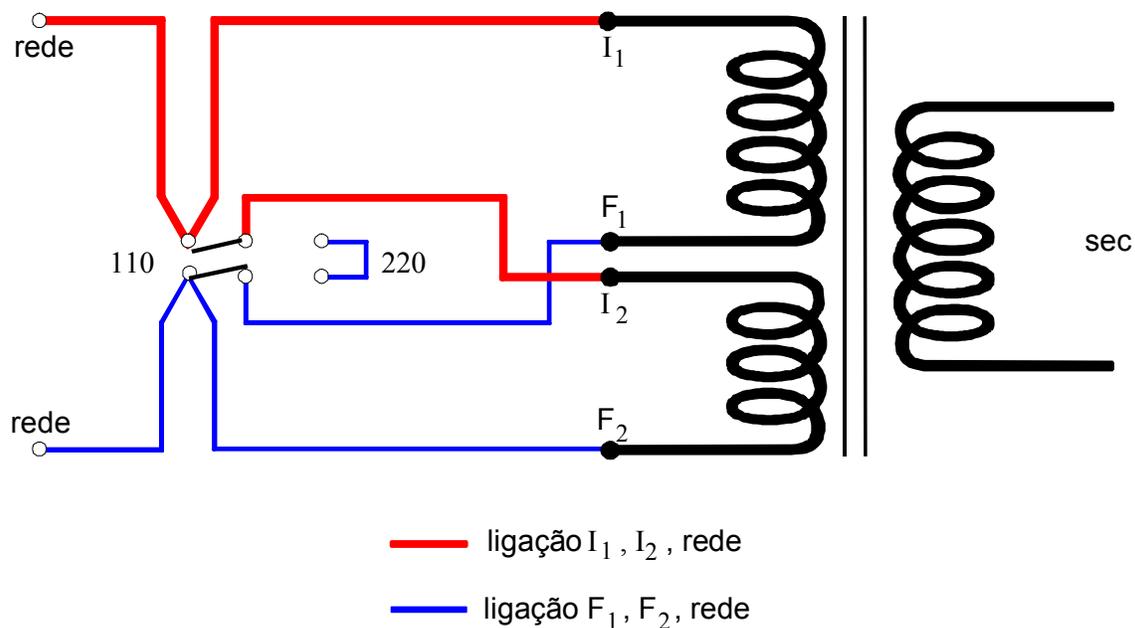
Fig.23 Ligação para 110V.

Também na ligação para 110V, a ordem de ligação dos fios é importante.

Conforme mostra a **Fig.23**, na ligação para 110V os inícios de bobinas são ligados juntos e os fins também.

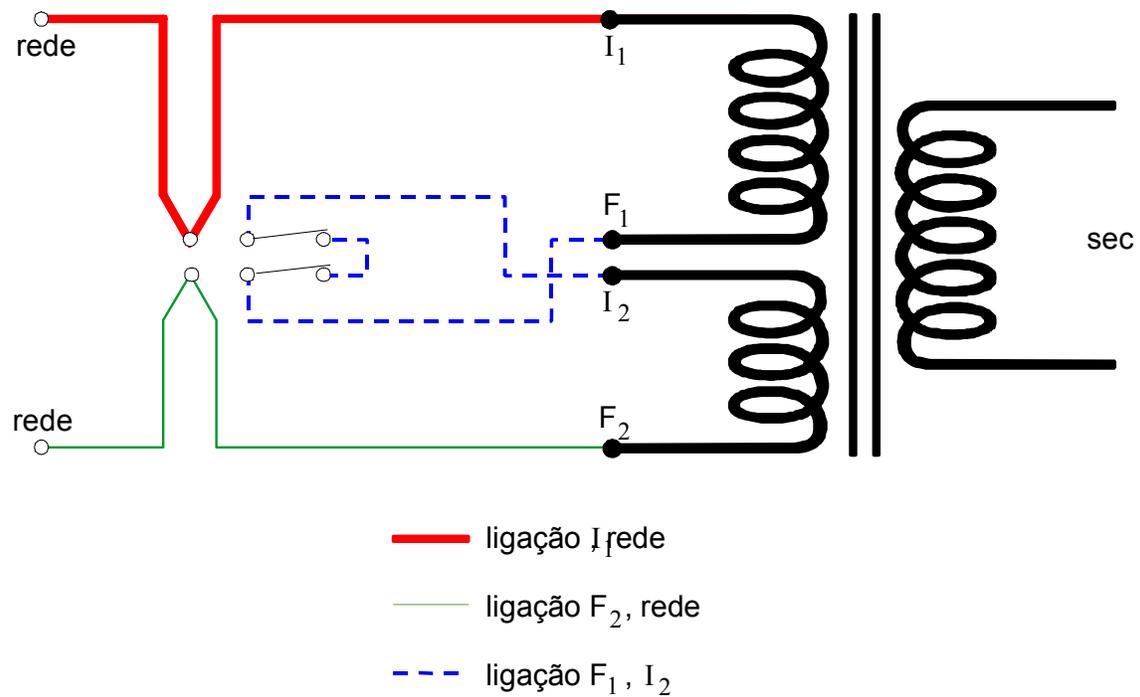
 **Em um transformador para entrada 110/220V com primário a 4 fios, a ligação para 110V é feita colocando as duas bobinas primárias em paralelo, respeitando a identificação dos fios.**

A troca de tensões 110/220V pode ser realizada através de uma chave HH, como mostrado na **Fig.24**. Na posição 110V os terminais  $I_1$  e  $I_2$  ficam em ponte através da chave e conectados a rede. Os terminais  $I_2$  e  $F_2$  também.



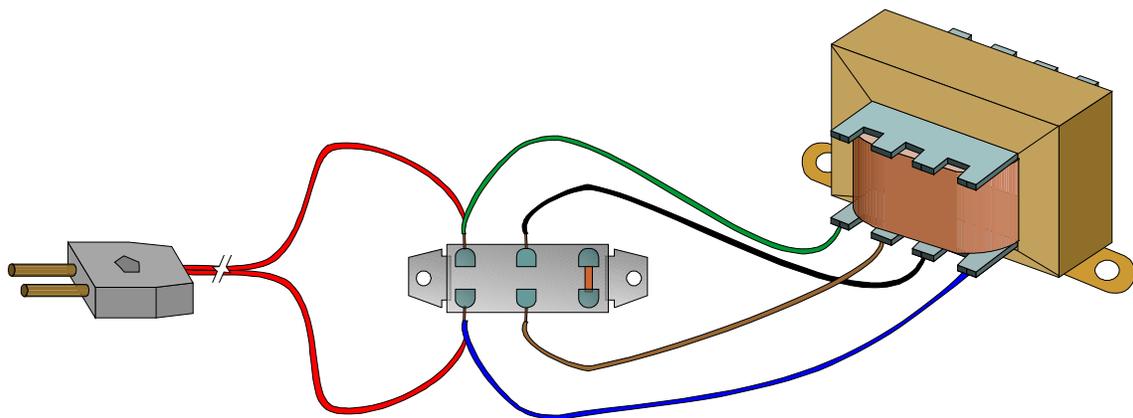
**Fig.24** Chave HH na posição 110V.

Na posição 220V,  $I_1$  e  $F_2$  ficam direto à rede e  $F_1$  e  $I_2$  ligados em ponte, como ilustrado na **Fig.25**.



**Fig.25** Chave HH na posição 220V.

A **Fig.26** mostra o aspecto real da ligação.



**Fig.26** Ligação do transformador com primário a quatro fios.

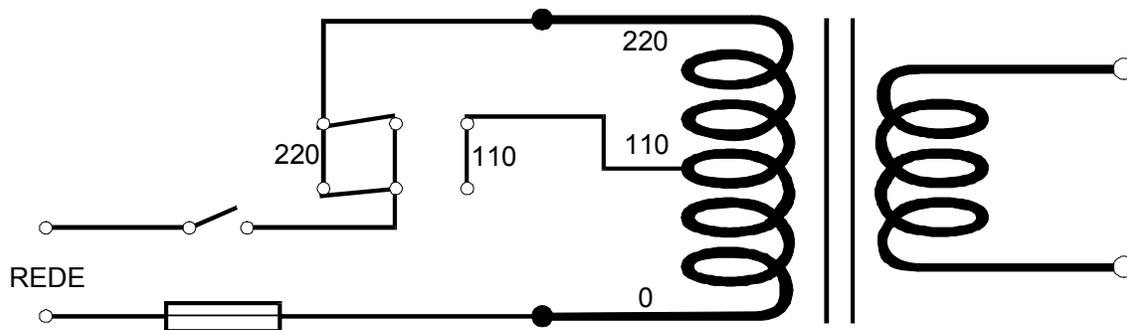
## INSTALAÇÃO DE FUSÍVEL E CHAVE LIGA/DESLIGA

Em todo o equipamento elétrico ou eletrônico é necessário dispor de dispositivos de comando tipo liga/desliga e de dispositivos de proteção que evitem danos maiores em caso de situações anormais.

Tanto os dispositivos de controle como os de proteção, normalmente são instalados na entrada de energia do circuito, antes do transformador.

Para a proteção do equipamento normalmente se utiliza um fusível, cuja função é romper-se caso a corrente absorvida da rede se eleve, devido alguma anormalidade.

Normalmente o fusível também é colocado antes do transformador. A **Fig.27** mostra as posições da chave liga/desliga e do fusível de proteção.

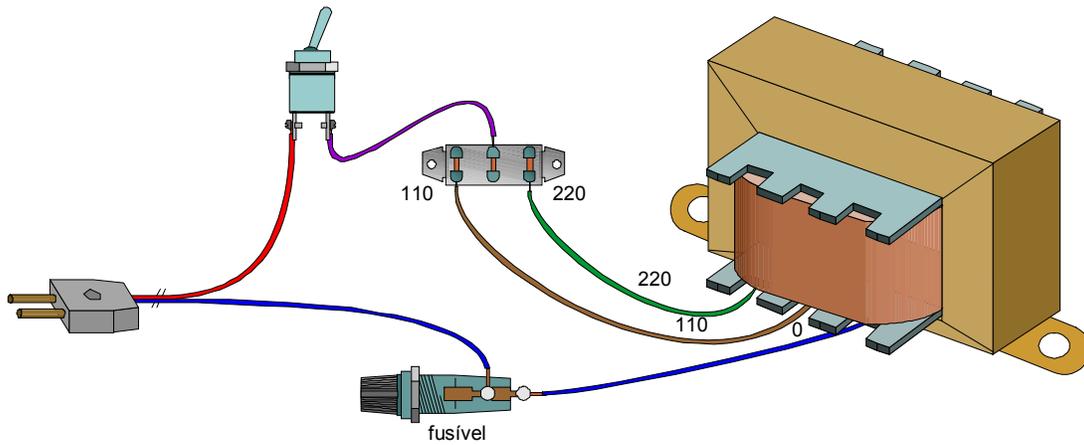


**Fig.27** Chave liga/desliga e fusível de proteção.

O fusível é dimensionado para um valor de corrente um pouco superior a corrente necessária para o primário do transformador. Havendo uma sobrecarga, o fusível se rompe, cortando a entrada de energia do transformador.

Alguns equipamentos tem mais de um fusível, colocando um fusível geral antes do transformador e outros após, de acordo com a necessidade.

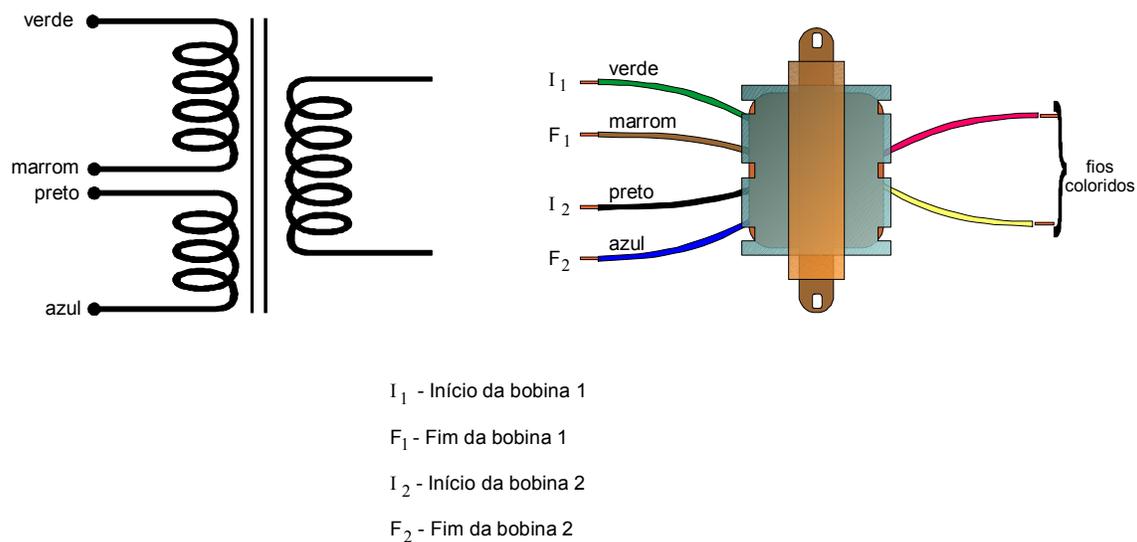
A **Fig.28** mostra o aspecto real de um circuito de entrada de energia de um aparelho eletrônico.



**Fig.28** Circuito de entrada típico.

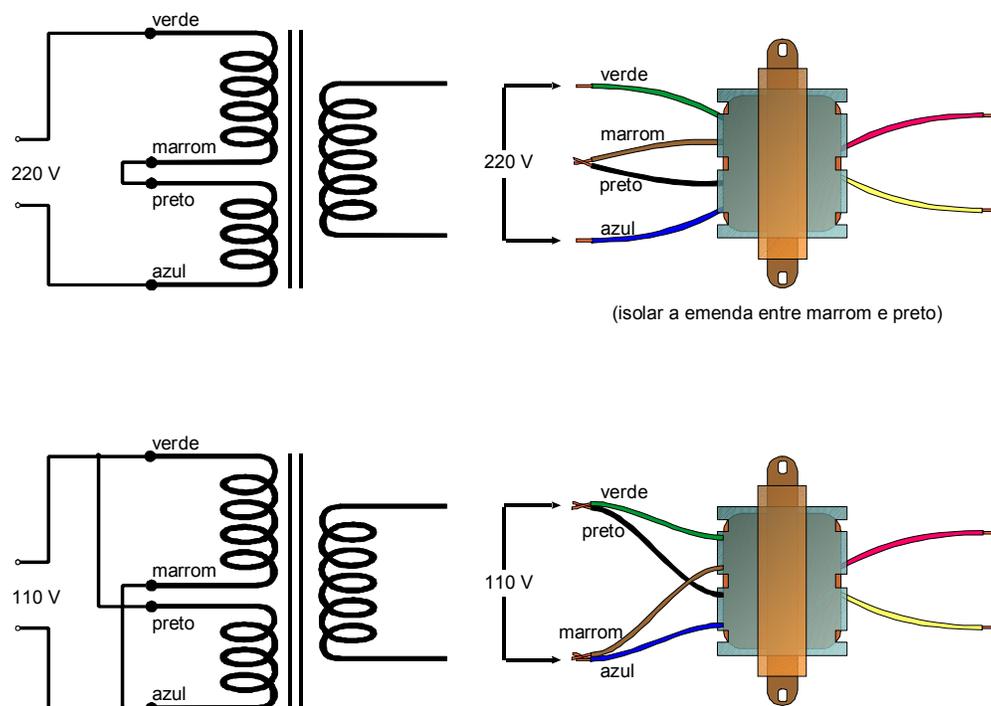
# Identificação dos terminais das bobinas do primário

Observa-se que tanto na ligação para 110V como para 220V, a ordem de início e fim das bobinas é importante. Normalmente os quatro fios do primário são coloridos e o esquema indica os fios, como ilustrado na **Fig.29**.



**Fig.29** Identificação dos terminais do transformador.

A **Fig.30** mostra como seriam realizadas as ligações para 110 e 220V usando o transformador apresentado como exemplo.

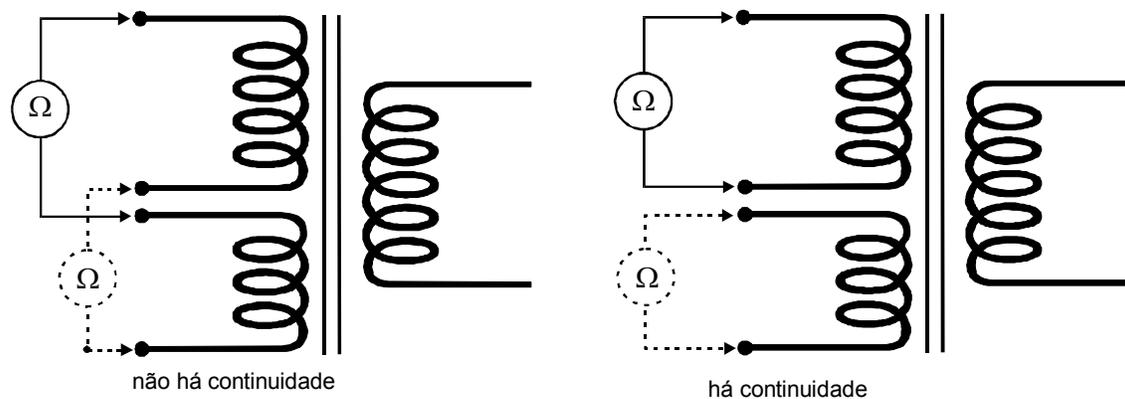


**Fig.30** Ligações para 110 e 220V.

Quando não se dispõe do esquema do transformador com as cores dos fios, é necessário realizar um procedimento para identificá-los, uma vez que caso a ligação seja realizada incorretamente, o primário do transformador será danificado irreversivelmente. O procedimento é o seguinte:

- Identificar com o ohmímetro o par de fios que corresponde a cada bobina.

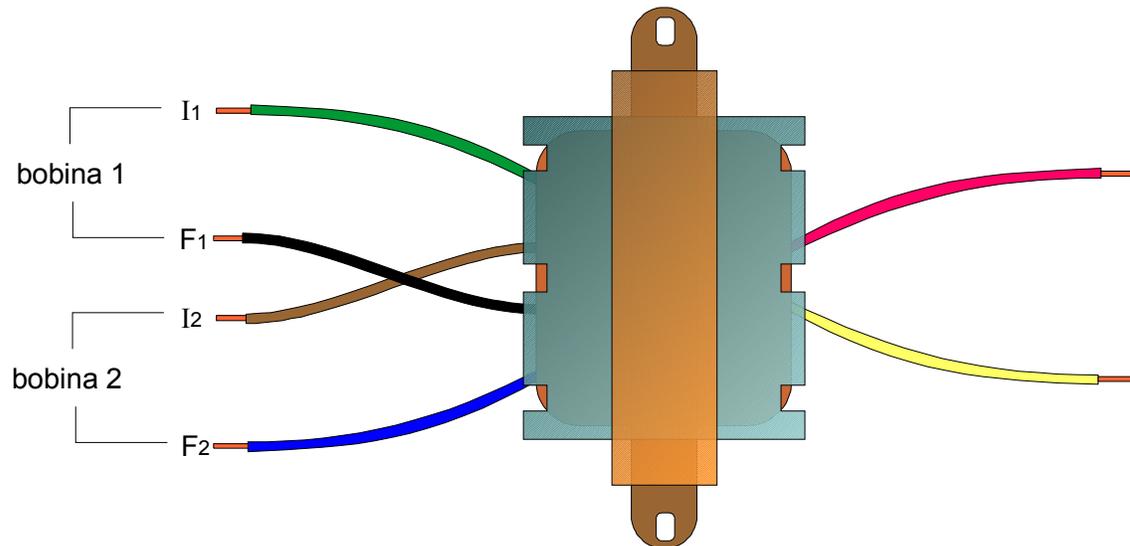
Sempre que o ohmímetro indicar continuidade, os dois fios medidos são da mesma bobina, como pode ser visto na **Fig.31**.



**Fig.31** Identificação dos fios de cada bobina.

Esse procedimento, além de determinar os fios de cada bobina permite testar se as bobinas do transformador estão em boas condições.

- Separar os pares de fio de cada bobina e identificar os fios de cada uma delas com início e fim ( $I_1$ ,  $F_1$  e  $I_2$ ,  $F_2$ ), como ilustrado na **Fig.32**.



**Fig.32** Separação e identificação dos fios das bobinas.

A identificação de início e fim pode ser feita aleatoriamente em cada bobina. Posteriormente, essa identificação será testada para verificar se está correta.

- Interligar as bobinas do primário em série.
- Aplicar no secundário uma tensão CA de valor igual a tensão nominal do secundário.

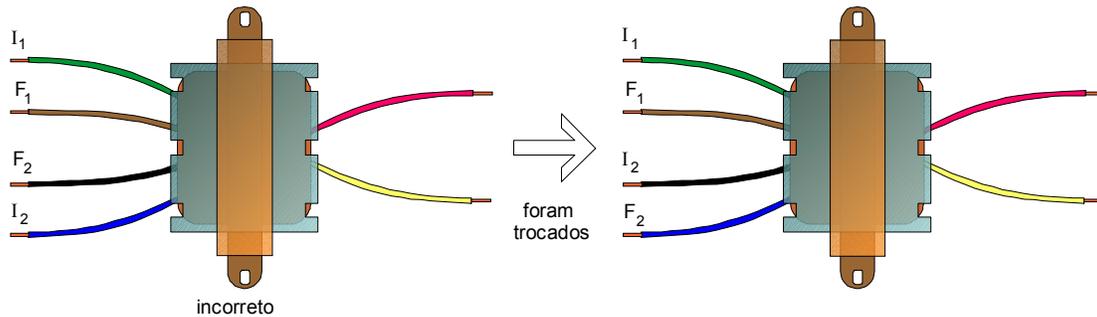
Por exemplo, em um transformador 110/220V para 6V (6VCA no secundário), deve-se aplicar a tensão de 6V no secundário.

No transformador usado como exemplo, aplicando 220V no primário, obtém-se 6V no secundário. Isto significa que, aplicando 6V no secundário, deve-se obter 220V no primário (em série).

Assim, pode-se verificar se a identificação dos fios está correta medindo-se a tensão nos extremos do primário.

Medindo-se 220V nos extremos do primário, a identificação está correta. Por outro lado, encontrando-se 0V, a identificação está errada.

Nesse caso, para corrigir a identificação, deve-se trocar apenas a identificação de uma das bobinas ( $I_1$  por  $F_1$  ou  $I_2$  por  $F_2$ ), como mostrado na **Fig.33**.



**Fig.33** Correção da identificação de uma das bobinas.

É conveniente repetir o teste para verificar se os 220V são obtidos no primário.

## ESPECIFICAÇÃO DE TRANSFORMADORES

A especificação técnica de um transformador deve fornecer:

- As tensões do primário.
- As tensões e correntes do secundário.

A especificação 110/220V, 6V-1A, 30V-0,5A representa um transformador com as seguintes características :

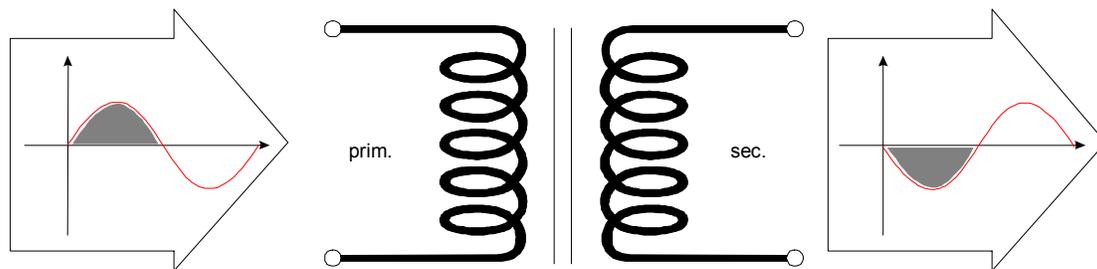
- Primário com entrada para 110V ou 220V.
- Dois secundários (um para 6V-1A e outro para 30V-0,5A).

# Relação de fase entre as tensões do primário e do secundário

A tensão no secundário de um transformador é gerada quando o fluxo magnético variável do primário corta as espiras do secundário.

Como a tensão induzida é sempre oposta a tensão indutora, conclui-se que a tensão no secundário tem sentido contrário a do primário.

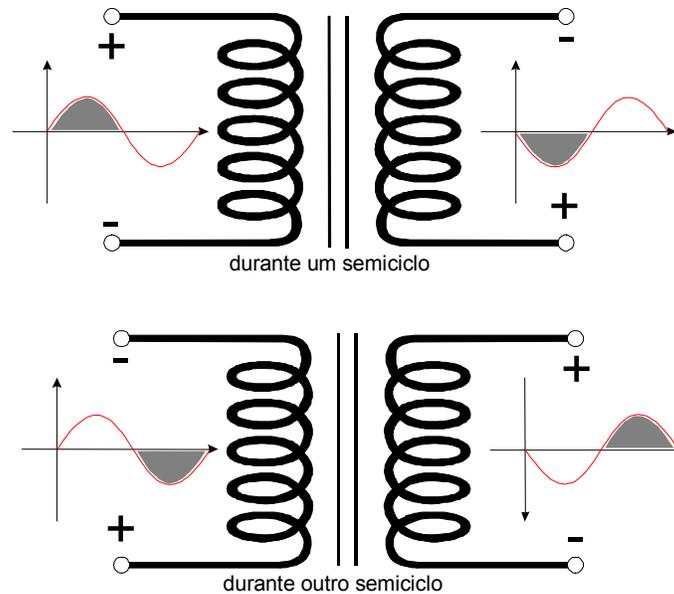
Isto significa que a tensão no secundário está defasada  $180^\circ$  da tensão no primário; ou seja, quando a tensão no primário aumenta num sentido, a tensão do secundário aumenta no sentido oposto, como ilustrado na **Fig.34**.



**Fig.34** Defasagem da tensão do secundário em relação à do primário.

## PONTO DE REFERÊNCIA

Para um transformador ligado em CA, observa-se que no secundário, a cada momento, um terminal é positivo e o outro é negativo. Após algum tempo, existe uma troca de polaridade: o terminal que era positivo torna-se negativo, e vice-versa, como pode ser visto na **Fig.35**.



**Fig.35** Inversão da polaridade no secundário.

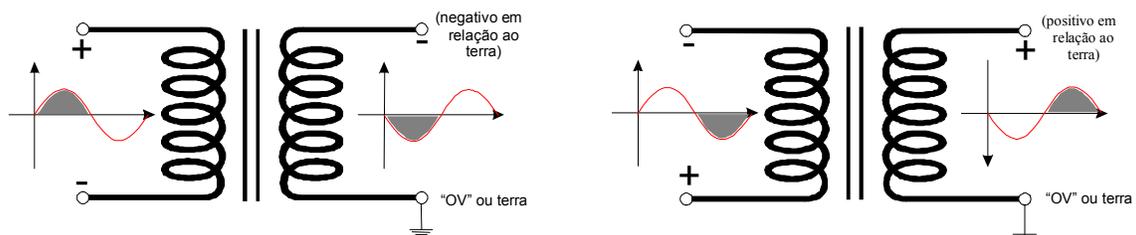
Nos equipamentos eletrônicos é comum um dos terminais dos transformadores ser utilizado como referência, sendo ligado ao terra do circuito.

Nesse caso, o potencial do terminal **aterrado** é considerado como sendo 0V, não apresentando polaridade.

Isso não significa que não ocorra a troca de polaridade no secundário do transformador.

Em um semiciclo da rede, o terminal livre é positivo com relação ao terminal de referência que está aterrado.

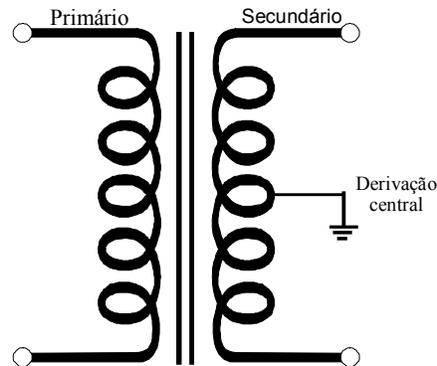
No outro semiciclo da rede, no entanto, o terminal livre é negativo com relação ao potencial de referência, como pode ser visto na **Fig.36**.



**Fig.36** Polaridade do terminal livre com respeito ao terra.

## TRANSFORMADOR COM DERIVAÇÃO CENTRAL NO SECUNDÁRIO

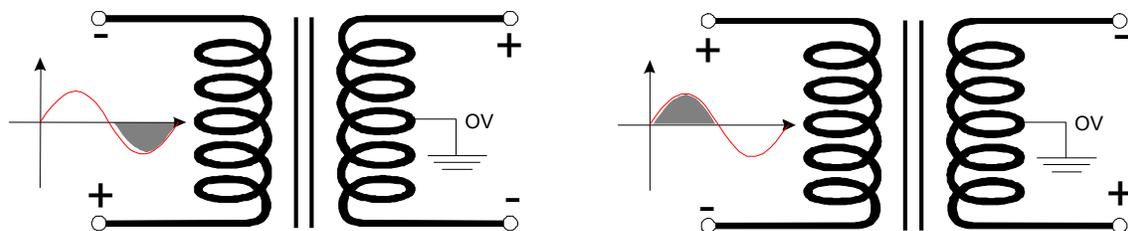
Os transformadores com derivação central no secundário (Center Tap) encontram ampla utilização em eletrônica. Na maioria dos casos, o terminal central é utilizado como referência, sendo ligado ao terra do circuito eletrônico, como ilustrado na **Fig.37**.



**Fig.37** Transformador com derivação central aterrada.

Durante o funcionamento desse tipo de transformador ocorre uma formação de polaridades bastante singular. Em um dos semiciclos da rede, um dos terminais livres do secundário tem potencial positivo com relação à referência, e o outro terminal tem potencial negativo. Observa-se que a inversão de fase ( $180^\circ$ ) entre primário e secundário cumpre-se perfeitamente.

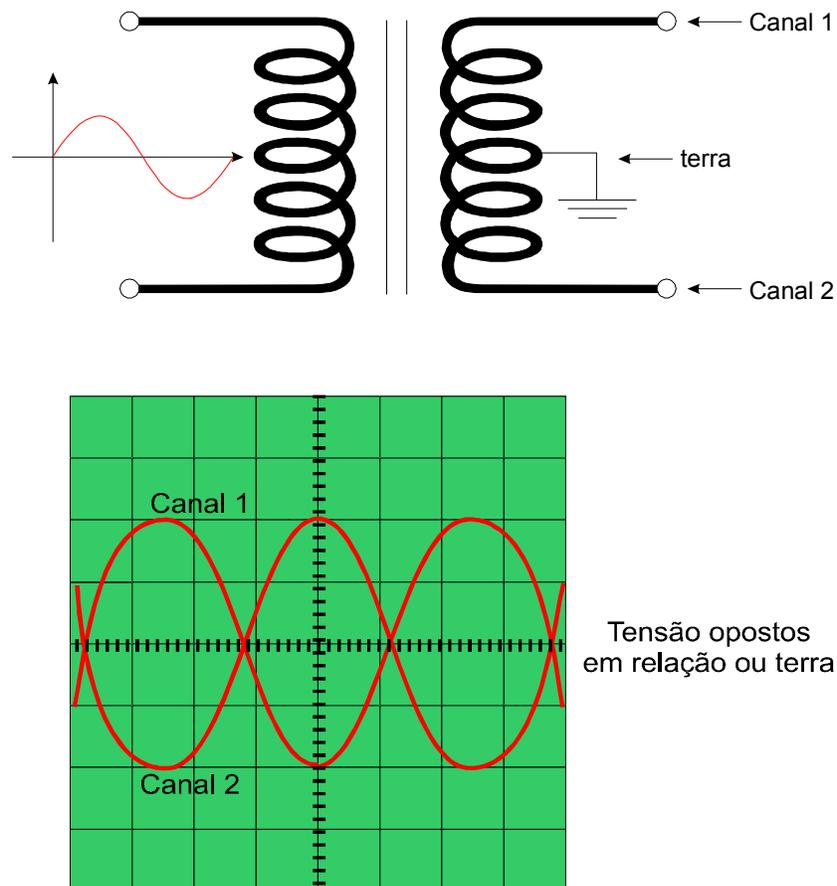
No outro semiciclo, há uma troca entre as polaridades dos extremos livres do transformador, enquanto o terminal central permanece a 0V, como pode ser visto na **Fig.38**.



**Fig.38** Terminal central sempre a 0V na troca entre polaridades

 *Em um transformador em que o secundário disponha de uma derivação central, pode-se conseguir instantaneamente tensões negativas e positivas. Para isso, utiliza-se o terminal central como referência.*

Isso pode ser observado usando-se um osciloscópio, como pode ser visto na **Fig.38**.



**Fig.38** Defasagem entre as tensões no secundário de um transformador com derivação central.

A especificação técnica de um transformador em que o secundário tenha derivação central deve ser feita da seguinte forma: características do primário (por exemplo, 110/220V), indicação do secundário (por exemplo, 12V com 6V entre a derivação e cada extremo) e corrente no secundário (por exemplo, 1A).

# Apêndice

## QUESTIONÁRIO

1. O que se entende por primário e secundário de um transformador ?
2. Por que o núcleo de um transformador é laminado ?
3. Defina a expressão "relação de transformação".
4. Como é feita a ligação de um transformador de 110/220 V com primário a 4 fios ?

## BIBLIOGRAFIA

- MARTIGNONI, ALFONSO. Transformadores. 4.<sup>a</sup> ed., Revista Porto Alegre, Globo, 1979, 307 p, il.
- SENAI/DN. Transformador monofásico. Rio de Janeiro, Divisão de Ensino e Treinamento, 1980, (Módulo Instrucional - Eletricidade; eletrotécnica, 15).
- VAN VALKENBURGH, NOOGER & NEVILLE. Eletricidade Básica. 5.<sup>a</sup> ed., Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1960, vol.4 il.