

# CORRENTE ALTERNADA – CIRCUITOS AC

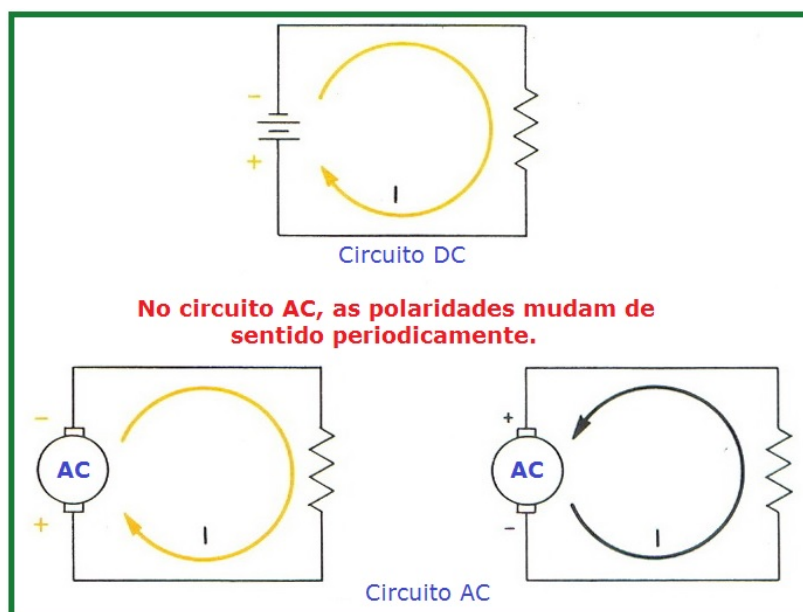
## O que é corrente alternada?

Sabemos que a corrente elétrica é o movimento de elétrons livres sob a ação de uma *ddp*.

Enquanto persistir a *ddp* haverá corrente e se a polaridade dessa *ddp* se mantiver, a corrente terá um único sentido, a qual denominamos *corrente contínua*, ou *corrente DC*.

Existe um tipo de corrente elétrica que não mantém sempre o mesmo sentido, ou seja, troca de polaridade em um determinado intervalo de tempo, em outras palavras, alterna o seu sentido, ora do "+" para o "-", ora do "-" para o "+".

Esse tipo de corrente é chamado de *corrente alternada*, ou *corrente AC*.



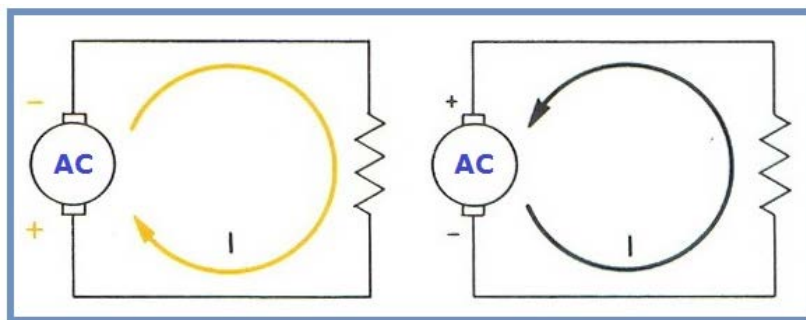
A análise dos circuitos AC é a mesma do circuito DC, ou seja, a corrente flui de um terminal para outro da fonte de tensão através de uma carga, fechando o circuito.

Se tivermos um resistor ligado nas extremidades de uma fonte de alimentação AC, o efeito será idêntico se esse mesmo resistor fosse ligado em uma fonte DC.

*“Podemos então afirmar que a corrente alternada possui o mesmo efeito sobre o resistor que a corrente contínua”*

A princípio pode-se questionar a utilidade da corrente alternada, uma vez que à primeira vista parece que os sentidos opostos do movimento de elétrons pode produzir um efeito de cancelamento.

Veja a figura a seguir:

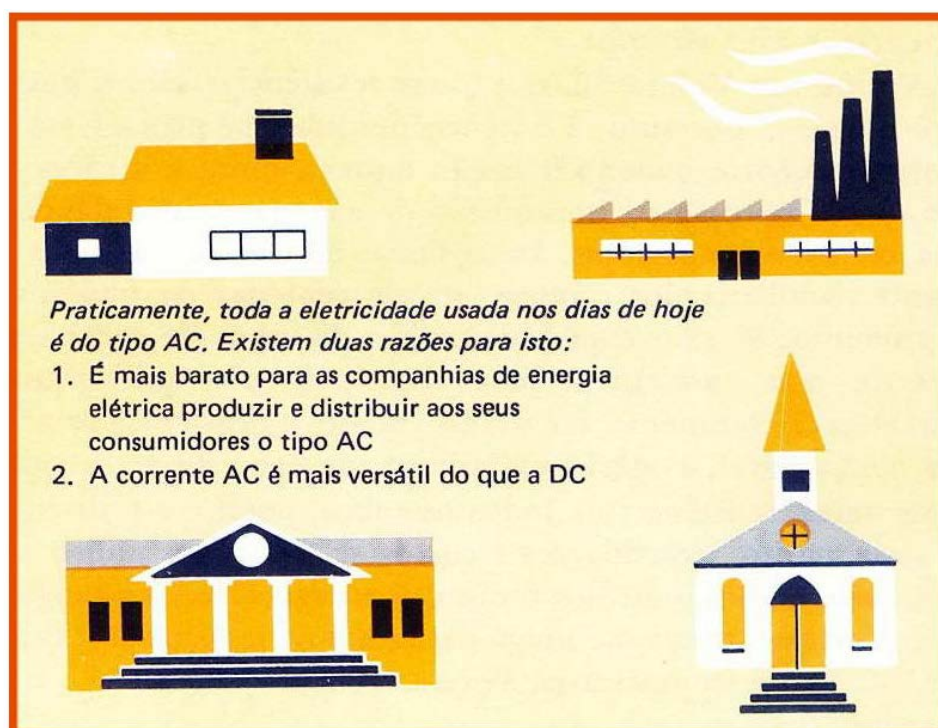


Observe que pelo resistor a corrente muda de sentido, isto significa que o fluxo de elétrons circula pela carga nos dois casos, pouco importando a mudança de polaridade da fonte de tensão.

Então, devemos nos lembrar do seguinte:

1. O fluxo de elétrons não realiza um trabalho útil.
2. O importante são os efeitos que os elétrons produzem quando circulam pela carga, pouco importando o sentido desse fluxo.
3. Assim, quando a corrente percorre um resistor haverá sempre a produção de calor, pouco importando o sentido dessa corrente.

### Corrente contínua ou corrente alternada?



*Um breve histórico:*

A corrente contínua foi o primeiro tipo de fonte de energia elétrica largamente utilizada.

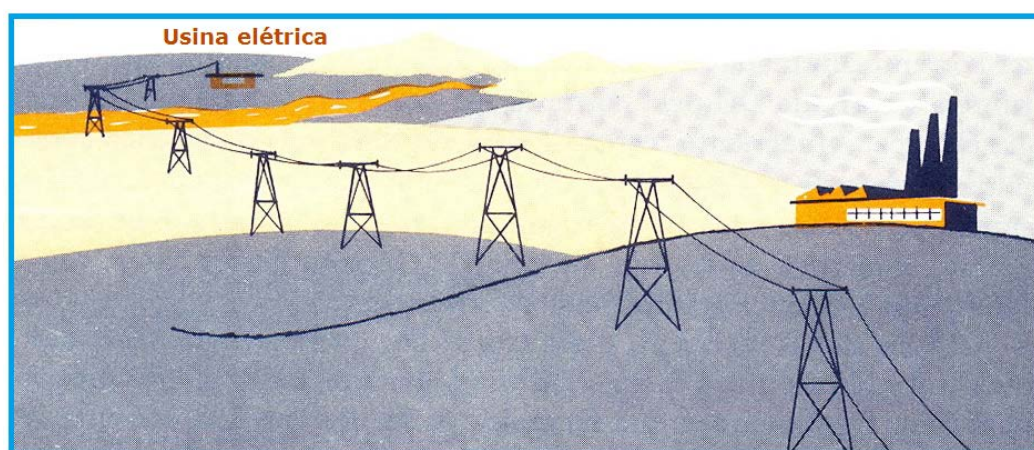
Atualmente mais de 90% de toda a energia elétrica consumida no mundo é do tipo AC, sendo muito raros locais que ainda operam com corrente DC.

Tudo que a corrente DC faz, a corrente AC também pode fazer, com a vantagem de que a sua distribuição é mais fácil e menos dispendiosa em termos econômicos.

Outro fator que prepondera em relação ao uso da corrente AC é que ela pode executar determinadas tarefas que torna a corrente DC inadequada.

Não podemos concluir de forma alguma que a corrente DC estará obsoleta futuramente, já que existem inúmeras aplicações que somente a corrente DC pode ser utilizada, como no caso de equipamentos eletrônicos, em especial de computadores, que utilizam conversores de AC para DC sofisticados.

### A transmissão da energia elétrica:



As usinas elétricas não podem ser construídas perto de casas, indústrias e zonas rurais. Geralmente são localizadas perto de fontes de energia natural disponível na região, tais como os grandes rios.

Assim, a energia elétrica produzida nas usinas deve ser enviada aos consumidores a grandes distâncias, onde normalmente emprega-se a transmissão do tipo AC ao invés de DC, pela facilidade e fatores econômicos.

As saídas das linhas de transmissão das usinas geradoras são da ordem de 500 a 750 kV, que devem ser entregues às estações abaixadoras para a distribuição.

No Brasil a transmissão após as estações abaixadoras é da ordem de 13,8 kV.

Atualmente os sistemas de corrente contínua de alta tensão (CCAT – corrente contínua em alta tensão ou do inglês HVDC – high Voltage Direct current) são uma alternativa para transmitir grandes blocos de energia, algo acima de 1500MW a longas distâncias, acima de 1000 km, como é o caso da usina de Itaipu, cuja linha de transmissão DC atinge 600 kV.

É bom lembrar também que a usina de Itaipu também opera com linhas de transmissão AC que variam de 500 a 750 kV.

Quando se fala em transmissão de energia para grandes distâncias é preciso levar em consideração a resistência dos fios de transmissão.

Se essa resistência for muito alta, a perda normalmente em forma de calor também será alta. Devido a esse fato as linhas de transmissão possuem tensões bastante elevadas, que é justamente com a finalidade de compensar essas perdas.

### Perdas na transmissão:

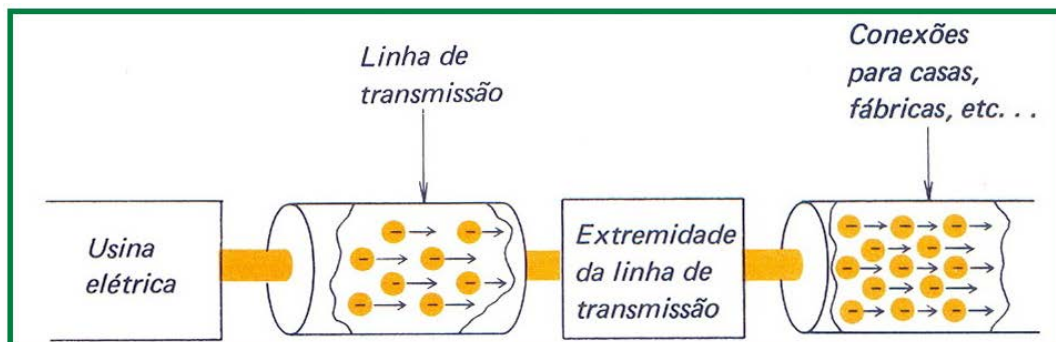
Na transmissão de energia elétrica, parte dela é convertida em calor ao longo da linha de transmissão, sendo essa perda diretamente proporcional à resistência e ao quadrado da corrente.

$$P = R.I^2$$

O calor ou potência dissipada pode ser reduzido da seguinte maneira:

1. Diminuindo a corrente conduzida na linha de transmissão
2. Diminuindo a resistência do fio
3. reduzindo simultaneamente a corrente e a resistência

Como a corrente é elevada ao quadrado, esta tem maior efeito sobre a potência dissipada.



Se a resistência for dobrada a potência dissipada também será dobrada, porém se a corrente for dobrada a potência será quadruplicada.

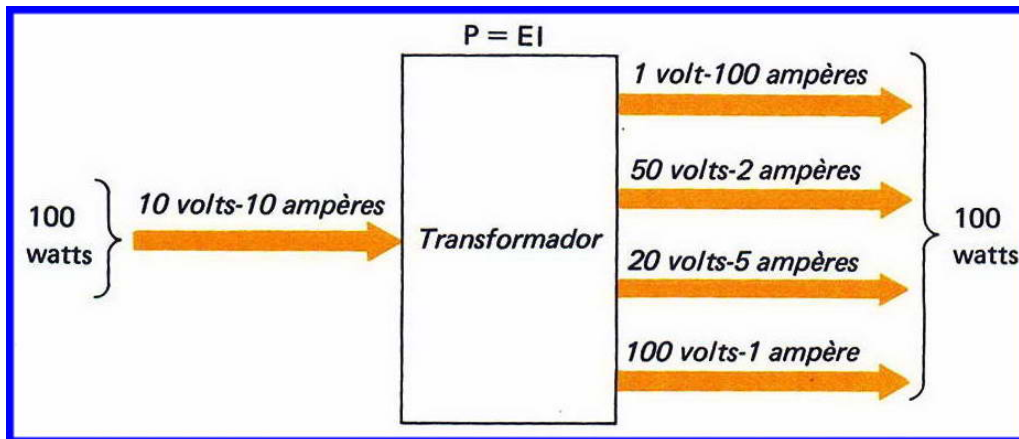
Portanto, a melhor maneira de reduzir a potência é reduzindo a corrente.

No entanto, as correntes requeridas pelos consumidores de energia na extremidade das linhas de transmissão são altas.

Torna-se necessário então um método de abaixar a corrente da linha de transmissão, mas que permita manter a disponibilidade de altas correntes na extremidade da linha e isso é possível com a utilização de potência AC.

Correntes relativamente baixas percorrem as linhas de transmissão e quando atingem o ponto onde serão utilizadas, são convertidos em valores mais altos.

O diagrama abaixo mostra a potência AC sendo convertida para várias combinações de tensão e corrente.



O valor da potência antes da conversão é o mesmo valor de antes da conversão, com base na fórmula:

$$P = E.I$$

Daí então fica fácil concluir que se for transmitido um bloco de 1MW de potência, (1 milhão de watts) fica mais fácil transmitir em linhas de 100.000 volts, com corrente de 10 ampères.

**EXEMPLO:** Citar 3 opções para linha de transmissão a partir de um bloco de 1MW gerado em uma usina elétrica.

ENTRADA = 1MW (1 milhão de watts)

Opção 1) SAÍDA: 1.000 volts – 1.000 ampères (perda alta) = Total de 1MW

Opção 2) SAÍDA: 100.000 volts – 10 ampères (perda baixa) = Total de 1MW

Opção 3) SAÍDA: 500.000 volts – 2 ampères (perda baixa) = Total de 1MW

### Característica importante da corrente AC:

Além de fatores econômicos para na transmissão de corrente AC para linhas de transmissão longas, a corrente alternada possui características que a corrente contínua não apresenta.

Na *corrente contínua* um valor máximo permanece sempre constante até que o circuito seja aberto.

Na *corrente alternada* a magnitude ou amplitude não cresce instantaneamente e varia sempre de um valor máximo para um valor nulo, nos dois sentidos e periodicamente, tal qual acontece com as ondas sonoras no ar.

Outra característica importante da corrente AC é o fato de que a energia elétrica se irradia de um circuito elétrico por onde passa uma corrente alternada.

Essa característica é a base das comunicações de rádio, sendo amplamente utilizada no campo da eletrônica.

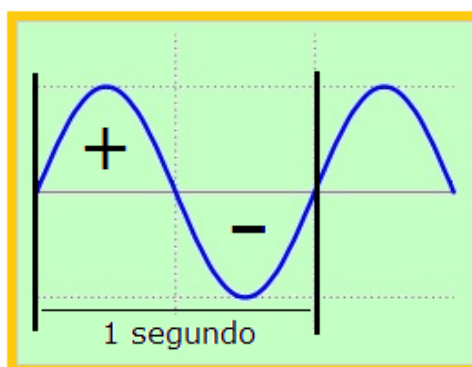


### FONTE DE TENSÃO AC:

Qualquer fonte de energia elétrica tem por finalidade fornecer uma tensão ou diferença de potencial, mantendo essa tensão sempre constante enquanto estiver alimentando um circuito fechado.

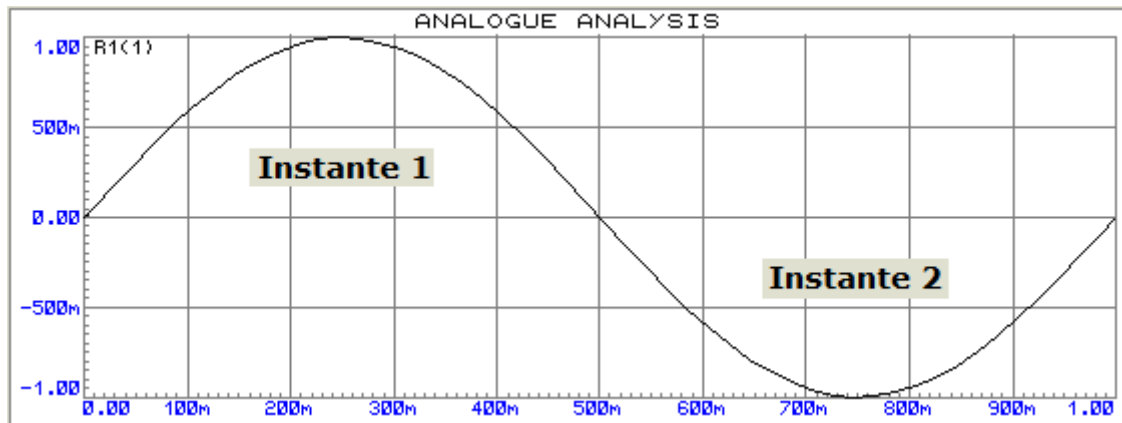
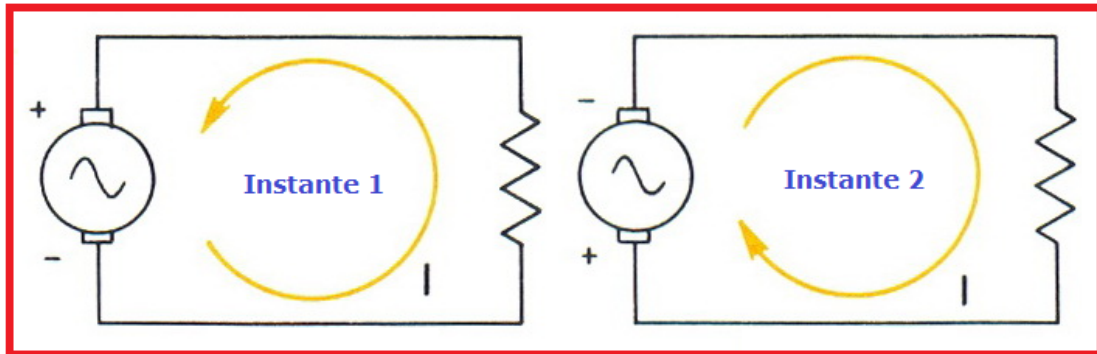
Sabemos que na fonte de tensão DC a polaridade da tensão de saída nunca se altera, sendo um dos terminais sempre positivo e o outro sempre negativo, fazendo com que o sentido da corrente seja sempre o mesmo.

Tal não acontece com as fontes de tensão AC, que mudam constantemente de polaridade em uma unidade de tempo, tempo esse, medido em *segundos* (SI). A forma de onda da tensão AC é uma senóide.





ESTE É O SÍMBOLO DE UMA FONTE DE TENSÃO AC



A figura acima ilustra a forma de onda de uma senóide, nos instantes 1 e 2 em um tempo de 1 segundo.

No instante 1 a tensão é positiva e no instante 2 é negativa.

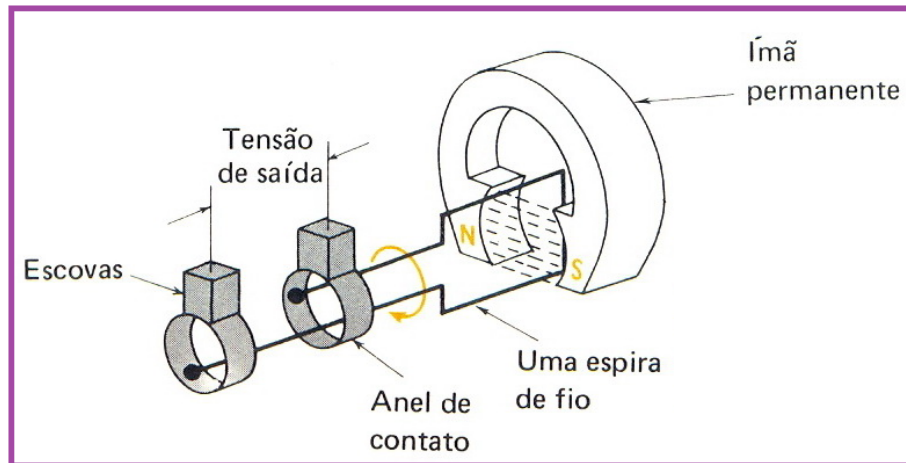
### GERADOR DE AC BÁSICO:

Através de movimento combinado com o magnetismo é possível produzir uma tensão AC.

Quando um condutor se movimenta através de um campo magnético, de modo a cortar suas linhas de força, é aplicada uma força aos elétrons livres no interior do condutor, fazendo com que os mesmos se movimentem.

Portanto o movimento desses elétrons sob a ação de um campo magnético gera uma tensão ou *fem* (*força eletromotriz*).

A figura a seguir mostra um gerador básico AC, consistindo de apenas uma espira de fio, colocada entre os polos de um ímã, permanecendo livre para girar e, conforme essa espira gira corta as linhas de força do campo magnético produzindo uma tensão.



Nos anéis de contato, através de uma escova é obtida a tensão de saída e para cada anel, temos uma escova.

As escovas são fixas e apenas os anéis se movem, de tal forma que podemos imaginar que alguma coisa deve fazer a espira girar, como por exemplo, um motor a gasolina, motor a vapor ou até mesmo um reator nuclear.

### FORMAS DE ONDA AC:

Como vimos anteriormente, a forma de onda da tensão ou corrente AC é senoidal. Existem outras formas de onda de corrente AC que serão vistas posteriormente.

A espira do fio gira dentro do gerador, perfazendo um movimento circular tal como uma hélice de um ventilador. Uma volta completa representa 360 graus, ou seja, uma circunferência com vetor que varia de 0 a 360 graus.

Cada posição da espira dentro do campo magnético representa um valor instantâneo de tensão ou corrente e para facilitar o entendimento vamos dividir a circunferência em quatro partes (quadro quadrantes) de 90 em 90 graus.

No ponto de referência,  $0^\circ$  a tensão ou corrente é igual a zero.

Em  $1^\circ$  a tensão ou corrente começa a aumentar o valor.

Em  $90^\circ$  a tensão ou corrente atinge o valor máximo, no sentido positivo.

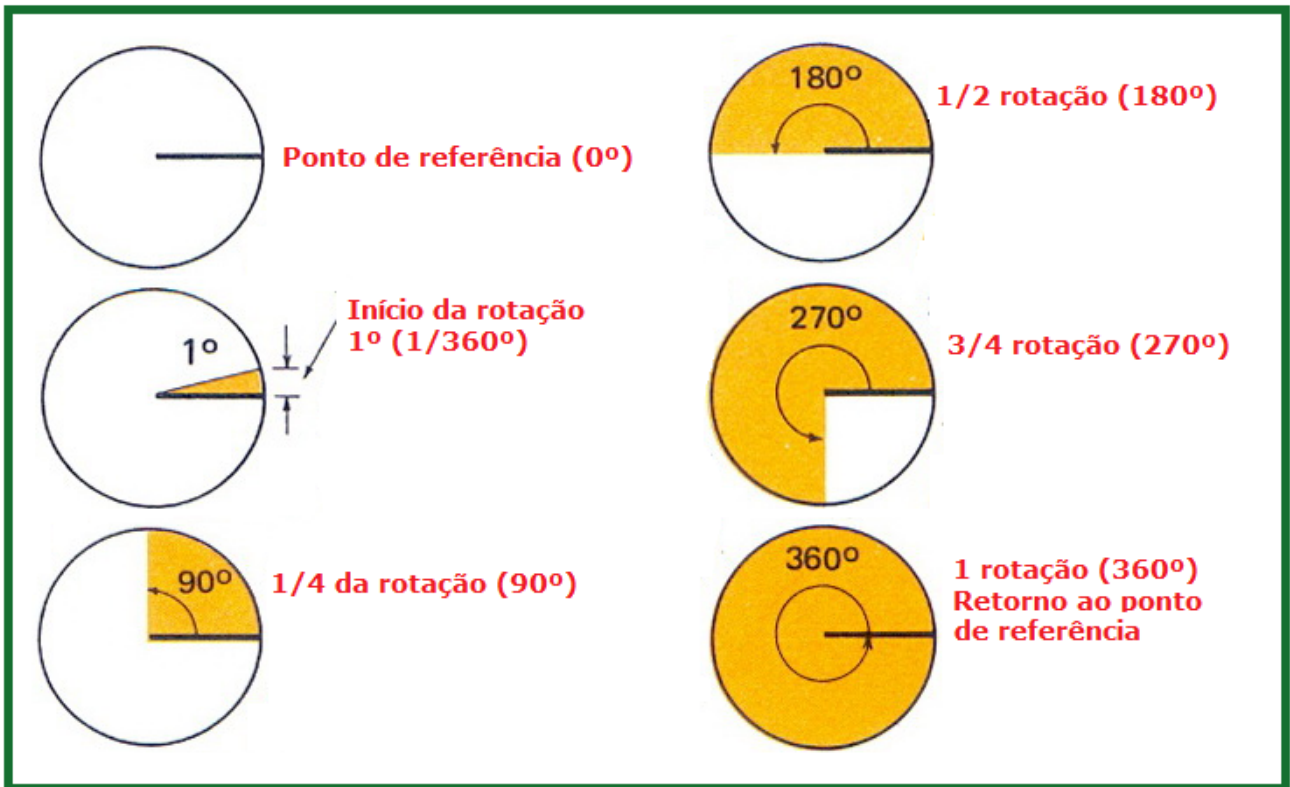
Em  $180^\circ$  a tensão ou corrente volta ao valor zero.

Em  $270^\circ$  a tensão ou corrente atinge novamente o valor máximo, porém no sentido negativo.

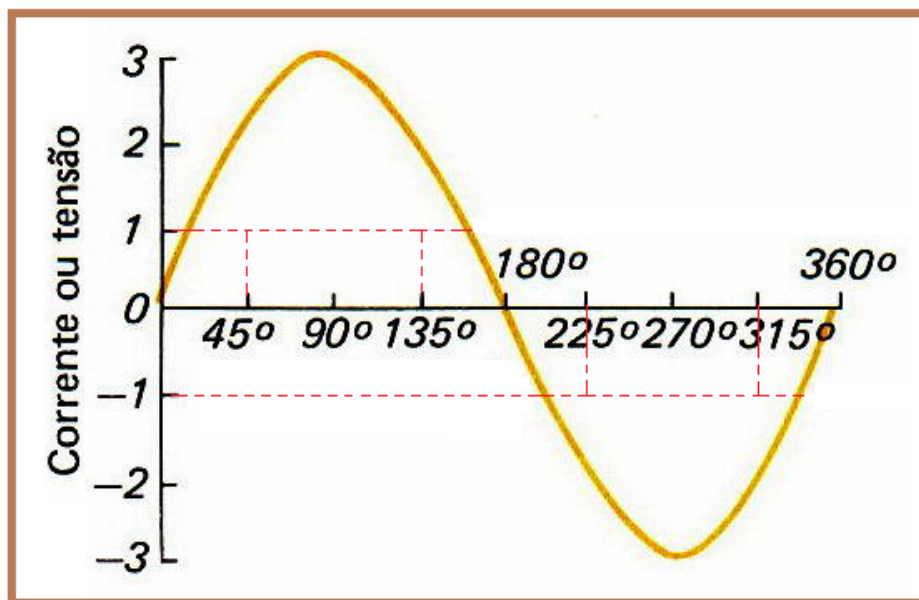
Em  $360^\circ$  a tensão volta ou corrente volta ao valor zero voltando, portanto, ao ponto de referência, para iniciar uma nova rotação ou ciclo.

O movimento descrito acima, ao longo da circunferência é denominado *movimento angular*. A linha que une o ponto central da circunferência ao seu perímetro é denominada *raio* da circunferência.





A figura abaixo mostra uma senóide na qual os valores de tensão ou corrente são referenciados a cada 45 graus.

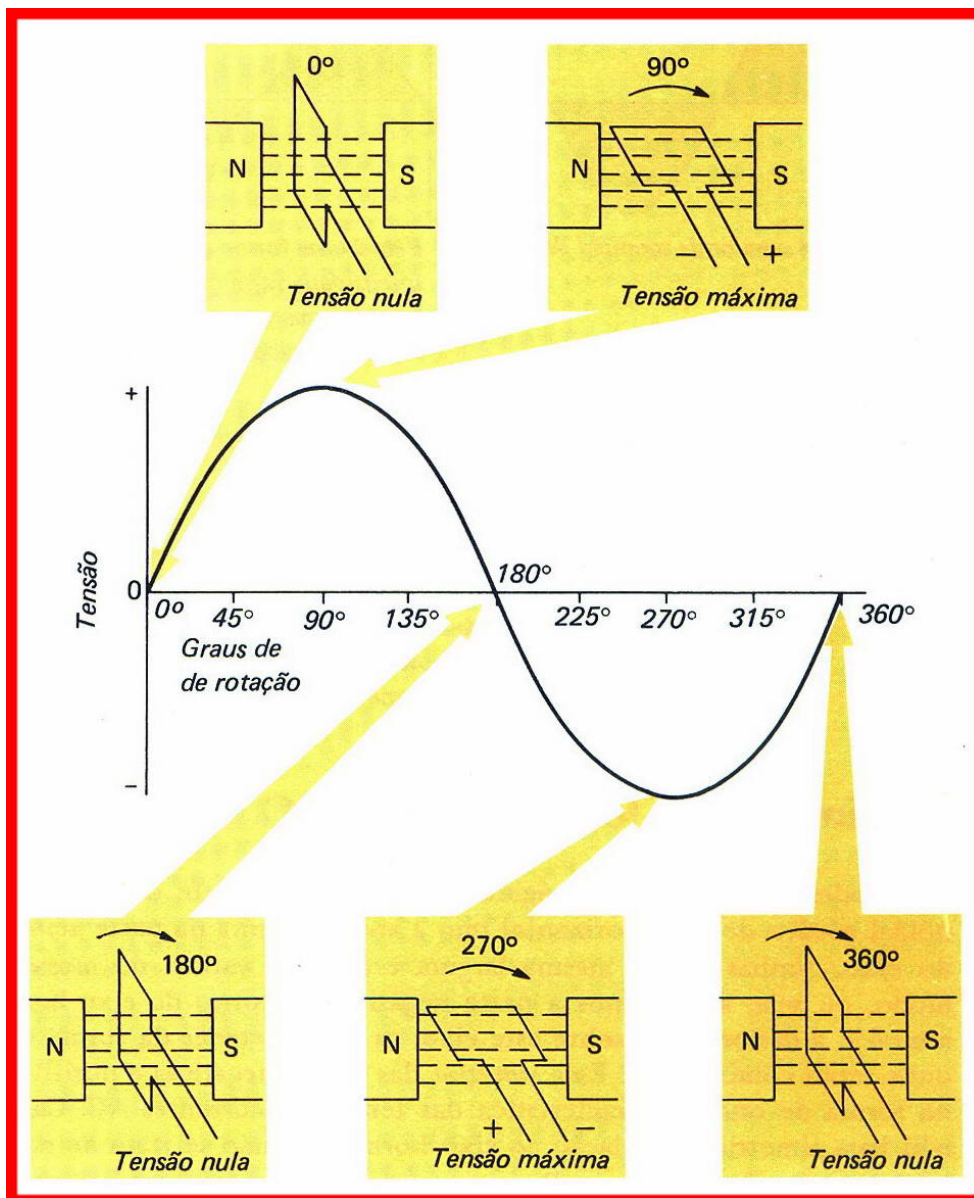


Observe que os valores máximos ocorrem em 90° e 270° (+3 e -3 respectivamente).

Em 45° e 135° temos o valor 1 (positivo)

Em 225° e 315° temos a valor 1 (negativo)

Para melhor fixar o conceito de uma tensão senoidal, a figura abaixo ilustra a relação entre a onda senoidal e o movimento da espira dentro do campo magnético.



## CARACTERÍSTICAS DA TENSÃO OU CORRENTE AC

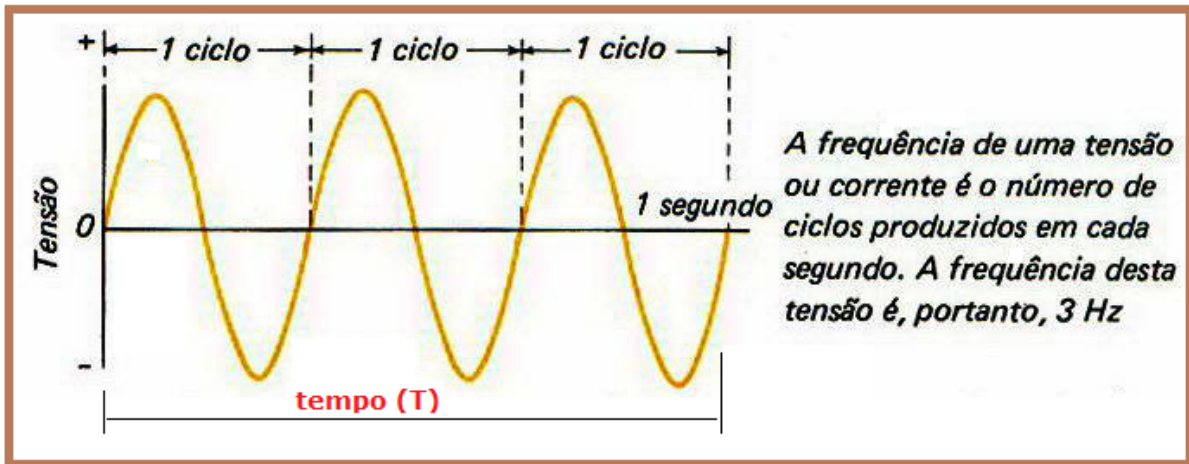
### FREQUÊNCIA:

Quando uma tensão ou corrente percorre os 360 graus, dizemos que se realizou *um ciclo*, voltando a se repetir indefinidamente.

A frequência da onda AC é a quantidade de ciclos completos em um segundo, assim, quanto maior a quantidade de ciclos em um segundo, maior é a frequência.

A unidade de medida da frequência é o Hertz (abreviadamente Hz), em homenagem ao físico alemão, Heinrich Hertz (1857-1894).

Assim, uma frequência de 3 ciclos por segundo é escrita como 3 Hz.



A figura acima mostra que no tempo (T) de um segundo ocorreram 3 ciclos, daí, podemos calcular o tempo de cada ciclo.

O tempo "T" é também definido como *período*.

Portanto:

$$f = 1/T$$

**f = frequência em Hertz**  
**T = tempo em segundos**

O tempo que cada ciclo levou para ser completado durante um segundo pode ser calculado pela fórmula acima:

$$f = 1/T, \text{ logo, } T = 1/f$$

$$T = 1/3 = 0,333\text{s ou } 333,3\text{ms}$$

No Brasil a frequência padrão para transmissão de potência AC é de 60Hz, daí podemos calcular o tempo de cada ciclo:

$$T = 1/60 = 16,67\text{ms}$$

### Exemplos:

1. Qual é a frequência de uma tensão, cujo ciclo se completa em 10ms?

*Solução:*

$$f = 1/T$$

$$f = 1/10\text{ms} = 1 / 0,010 = 100\text{Hz}$$

2. Qual é o período de uma tensão cuja frequência é 1.000Hz?

*Solução:*

$$T = 1/f$$

$$T = 1/1.000 = 1/0,001 = 1\text{ms}$$

### Múltiplos da unidade de medida da frequência:

Como sabemos, a unidade de medida da frequência é o Hz.

Não é costume usar os submúltiplos da frequência, apenas os múltiplos e os mais usados são:

Hz = unidade de medida

kHz = 1.000 Hz

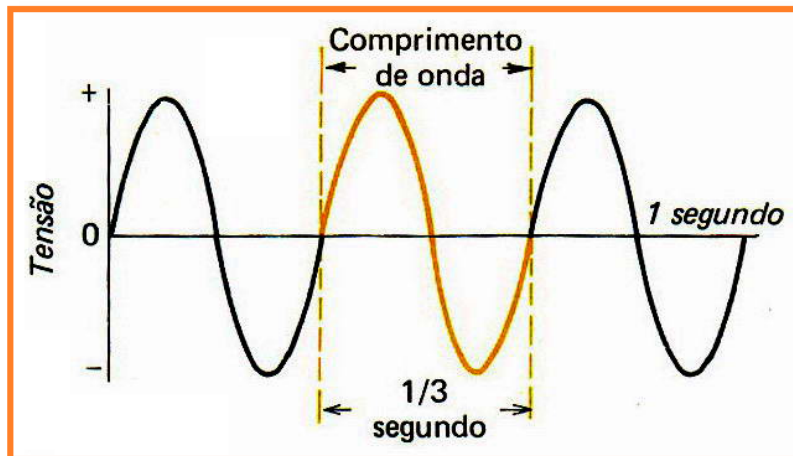
MHz = 1.000.000 Hz

GHz = 1.000.000.000 Hz

### COMPRIENTO DE ONDA:

O comprimento de onda é o espaço percorrido pela corrente durante um ciclo completo.

O comprimento de onda baseia-se no fato de que ao percorrer um fio a corrente alternada provoca um campo elétrico que se movimenta a uma velocidade de 300.000km por segundo, ou seja, a velocidade da luz no vácuo.



A fórmula utilizada para calcular o comprimento de onda é:

$$\lambda = c / f$$

Onde:

$\lambda$  = comprimento da onda em metros ( $\lambda$  = letra grega lambda)

$c$  = velocidade da luz no vácuo (300.000km/s)

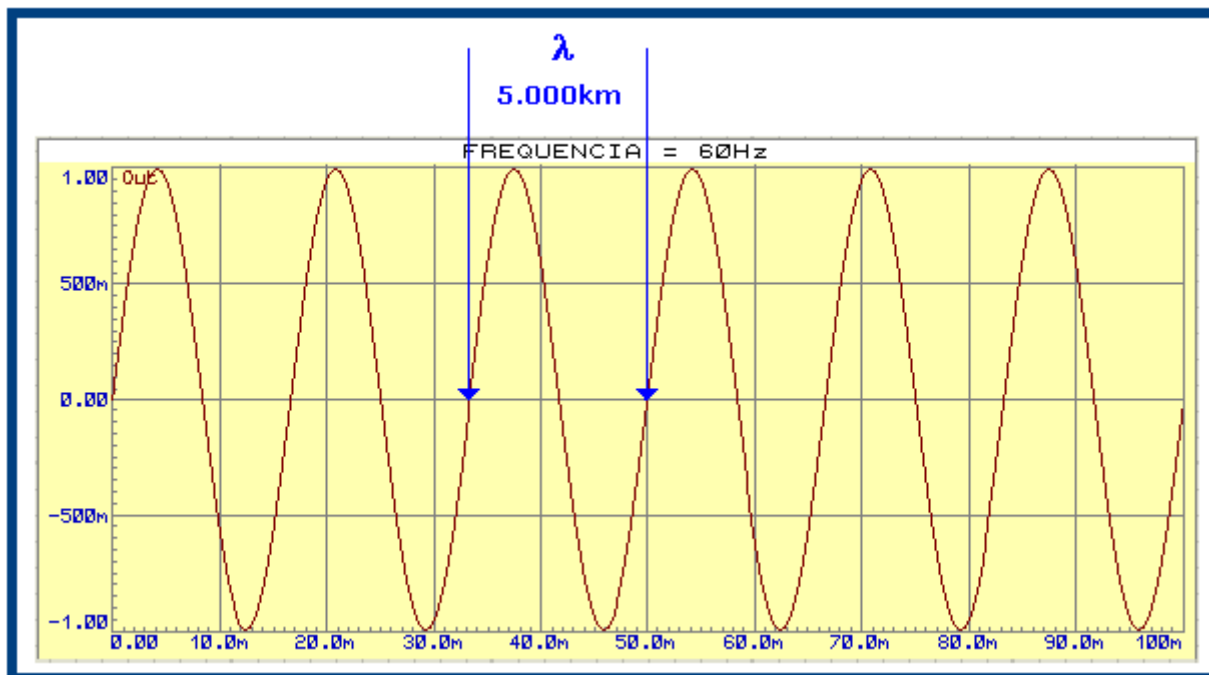
$f$  = frequência em Hz

## Comprimento de um ciclo da tensão AC de 60Hz:

Uma tensão ou corrente de 60Hz, tem um tempo de  $1/60s$ , logo, podemos calcular comprimento de um ciclo tomando como base a sua velocidade de propagação que é de  $300.000km/s$ .

Usando a fórmula:  $\lambda = c / f$

$$\lambda = 300.000.000 / 60 = 5.000km$$



O gráfico acima ajuda a entender melhor o conceito de comprimento de onda, o qual é uma amostragem de 6 ciclos de uma tensão alternada, com frequência de 60Hz, durante 100 milissegundos. A calibragem do tempo (eixo x) é dada em milissegundos.

As setas em azul indicam exatamente o comprimento de cada ciclo, considerando a sua velocidade de propagação igual a  $300.000km/s$ , conforme cálculos efetuados acima.

Quanto maior for a frequência, menor será o comprimento de onda.

O período de uma onda com frequência de 60Hz, como já vimos é igual a:

$$T = 1/f = 1/60 = 16,67ms$$

Como o gráfico mostra 6 ciclos durante um tempo de 100ms, então, basta dividir:

$$100ms / 6 = 16,67ms$$

O que é exatamente a mesma coisa, se calcularmos o período pela fórmula do inverso da frequência.

**Exemplo:** Para uma frequência de 3 Hz o comprimento de onda será:

$$\lambda = c / f = 300.000.000 / 3$$

$$\lambda = 100.000.000 \text{ metros}$$

**Exemplo:** Qual é o comprimento de onda de uma tensão cuja frequência é 500kHz?

$$\lambda = 300.000.000 / 500.000 = 600 \text{ metros}$$

### **FASE:**

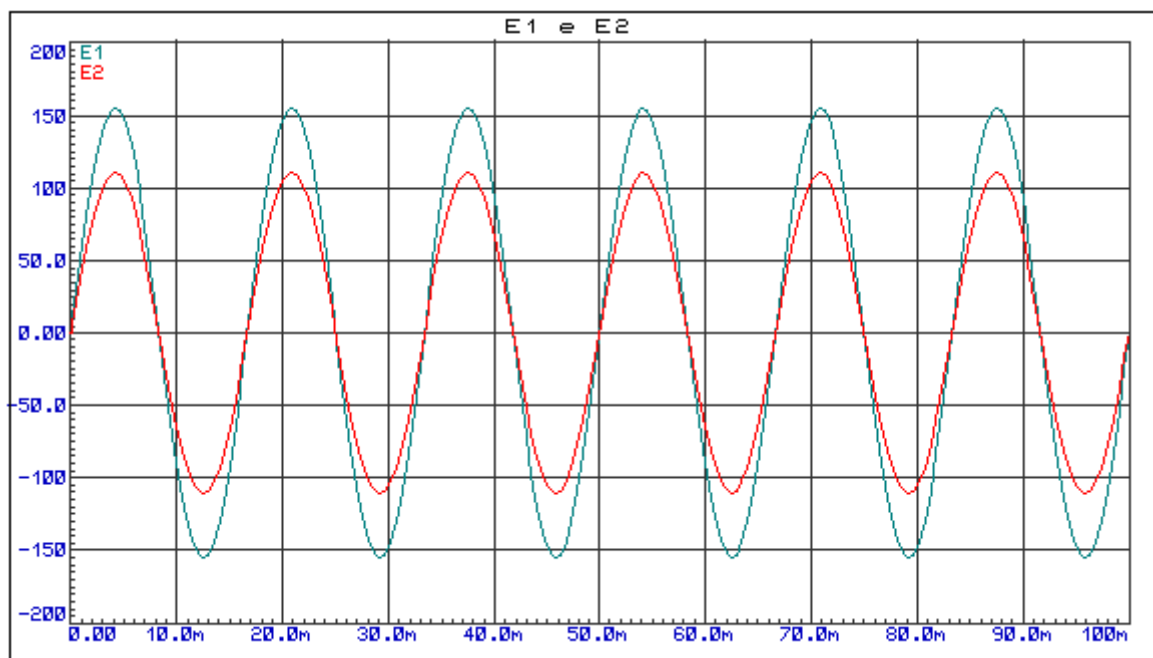
Quando alimentamos um circuito com tensão AC temos dois componentes que devem ser considerados: a tensão e a corrente que circula pelo mesmo.

Quando a carga for resistiva, tensão e corrente estarão em fase, porém tal não acontece se a carga não for resistiva.

Mas o que significa tensão e corrente em fase?

Significa que a tensão e a corrente alcançam os seus valores máximos e mínimos ao mesmo tempo.

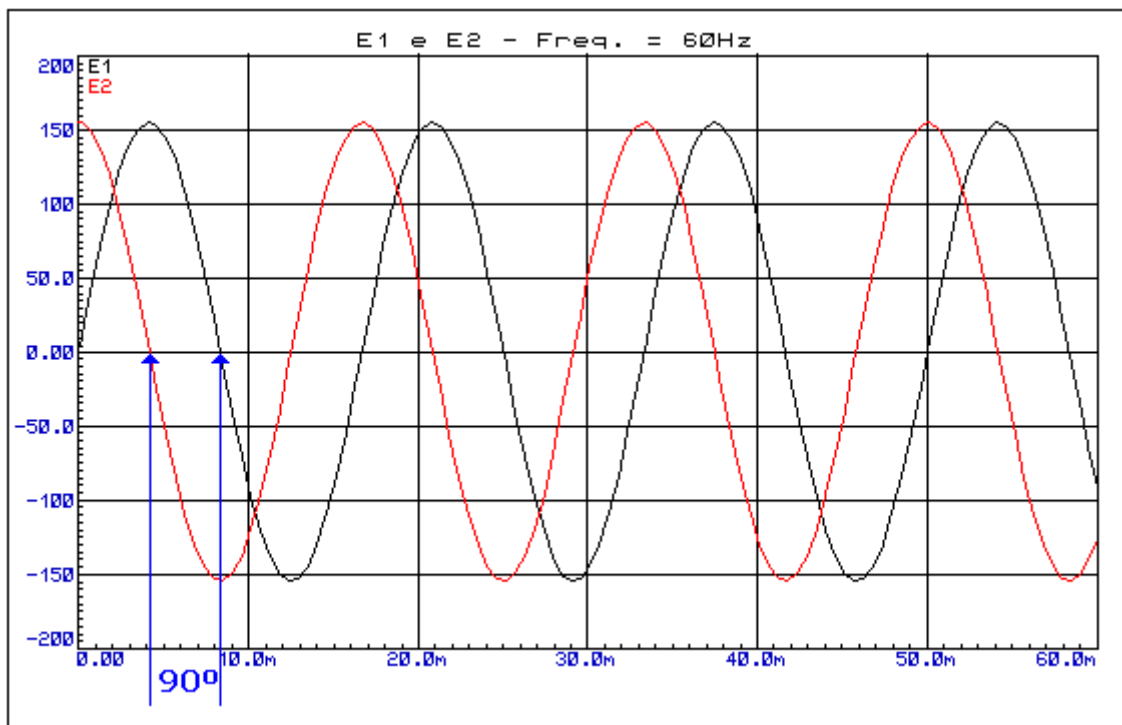
Veja a figura a seguir:



As tensões E1 e E2 estão em fase, porém possuem amplitudes diferentes.

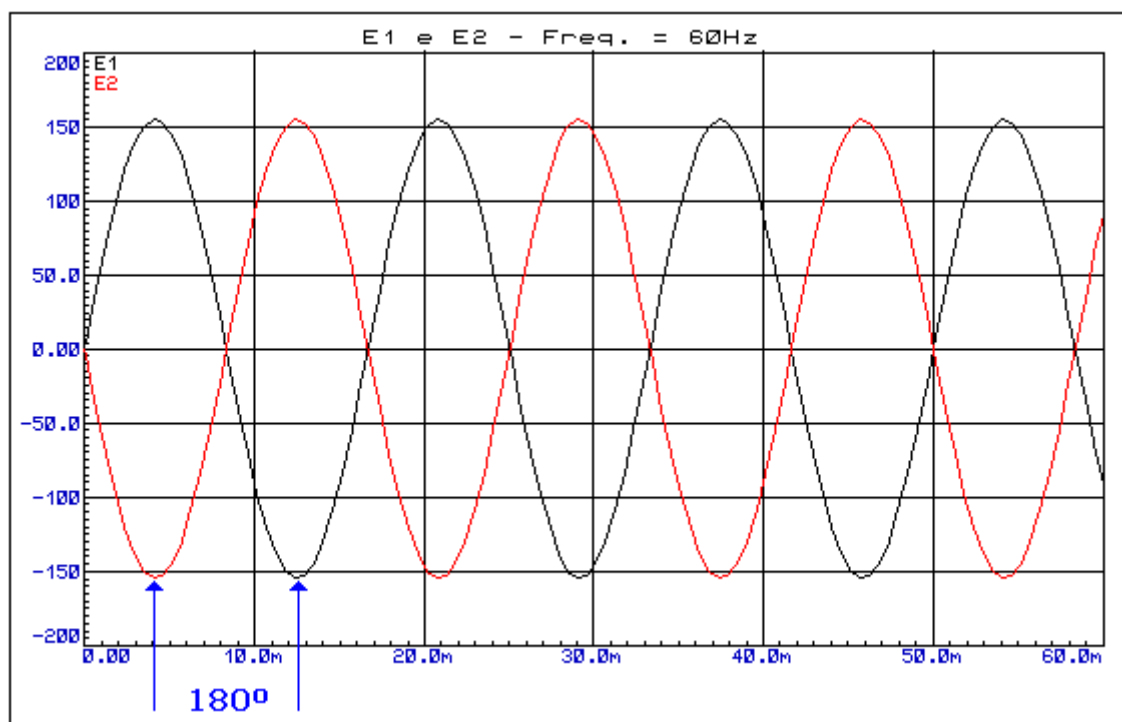
Observa-se claramente no gráfico que E1 e E2 atingem os valores máximos e mínimos no mesmo tempo.

A figura a seguir mostra as tensões E1 (em preto) e E2 (em vermelho) defasadas 90 graus entre si, sendo que E2 está adiantada em relação a E1.



A figura a seguir mostra E2 (em vermelho) adiantada 180 graus em relação a E1(em preto).

Neste caso dizemos que a defasagem entre as duas tensões é de meio ciclo e se observa uma inversão dessas tensões, que normalmente se denomina *contrafase*.

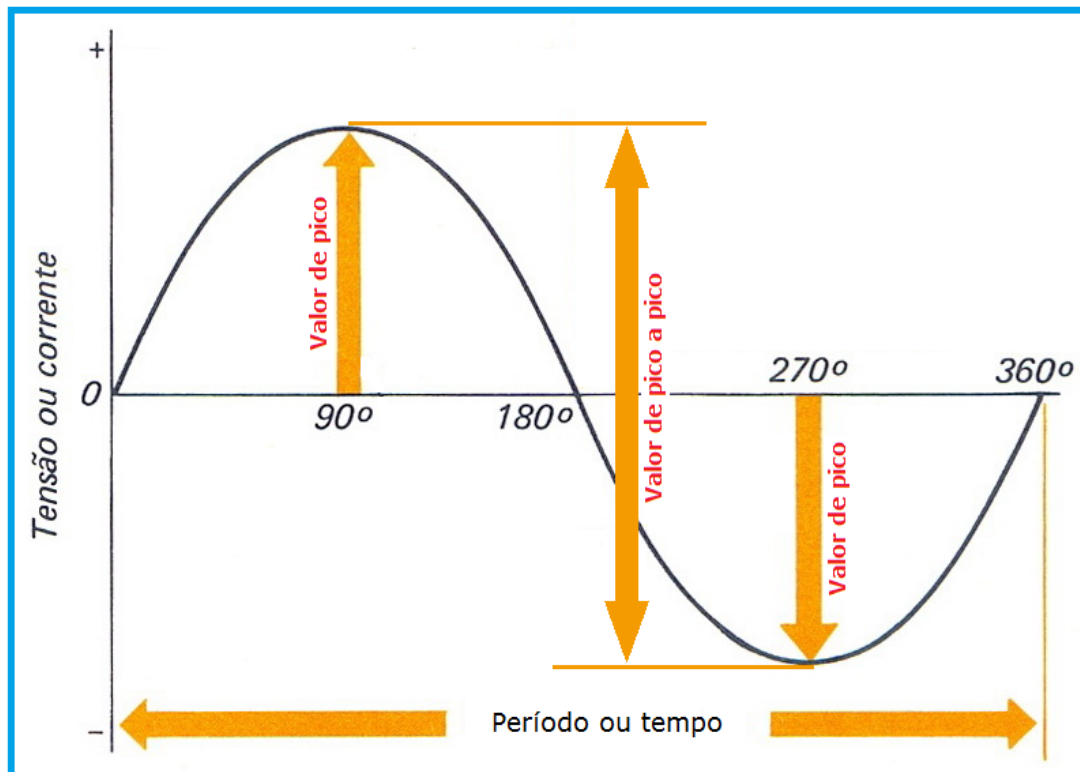


## VALOR DE PICO, VALOR MÉDIO e VALOR EFICAZ

### Valor de pico:

O valor de *pico* (abreviadamente  $V_p$ ) é o máximo valor de tensão ou corrente que a senóide alcança, tanto no semiciclo positivo como no semiciclo negativo.

Observando a figura abaixo, os valores de pico ocorrem exatamente em  $90^\circ$  (valor de pico positivo) e  $270^\circ$  (valor de pico negativo).



A amplitude entre os dois valores de pico denomina-se *valor de pico a pico* (abreviadamente  $V_{pp}$ ). Em  $0$ ,  $180$  e  $360$  graus o valor da tensão ou corrente é zero.

O valor de pico ( $V_p$ ) também é denominado *valor máximo* (abreviadamente  $V_{max}$ ).

Qualquer amplitude de tensão ou corrente que for medida entre  $0$  e  $360$  graus, é denominado *valor instantâneo* (abreviadamente  $V_{inst}$ ), lembrando que o valor instantâneo em  $90$  e  $270$  graus é o próprio valor de pico. O valor de pico é calculado pela fórmula abaixo:

$$V_p \text{ ou } V_{max} = V_{ef} \times 1,41$$

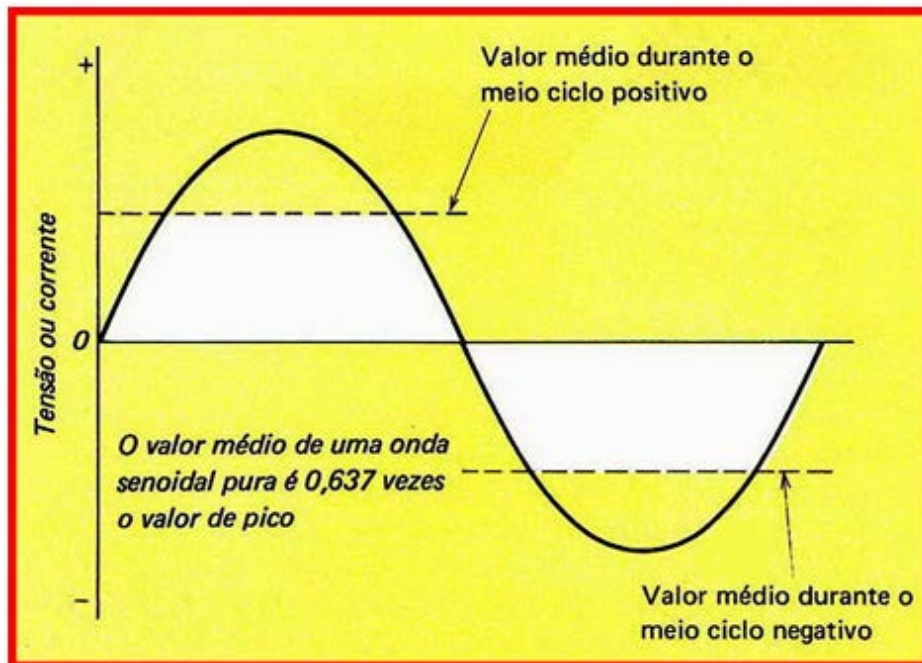
### Valor médio:

O valor médio de uma tensão ou corrente AC é a média de todos os valores instantâneos durante meio ciclo.



O valor médio deve estar situado entre zero e o valor de pico. Em uma onda senoidal pura, que a forma de onda mais comum em circuitos AC, o valor médio é expresso como 0,637 vezes o valor de pico.

$$V_{\text{méd}} = V_p \times 0,637$$

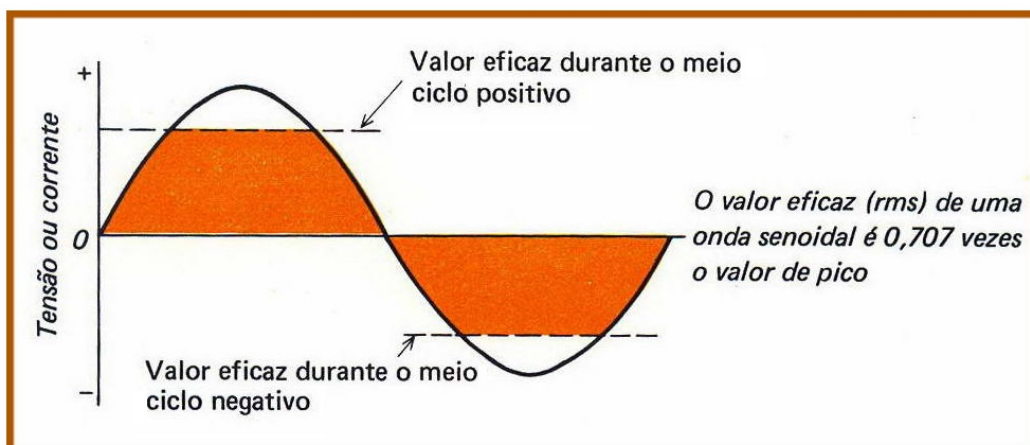


### Valor eficaz:

Embora os valores médios de uma tensão ou corrente AC sejam úteis, os mesmos não possuem qualquer relação com valores DC.

Isto é, se um circuito AC for percorrido por uma corrente média de 1 ampère, não saberemos como comparar esse valor com de um mesmo circuito, porém DC, também percorrido por uma corrente de 1 ampère.

O valor eficaz de uma tensão ou corrente AC é aquele que provoca a mesma quantidade de calor, num circuito contendo apenas resistências, comparando-se a uma tensão ou corrente DC.



Podemos então concluir que uma corrente alternada (AC) com valor eficaz de 1 ampère, produz a mesma quantidade de calor em um resistor de 10 ohms que uma corrente contínua (DC) de 1 ampère.

*O valor eficaz é conhecido também como **rms**, do inglês **root-mean-square**, por causa de sua definição matemática.*

**Root-mean-square** significa: raiz quadrada do valor médio dos quadrados de todos os valores instantâneos da corrente ou tensão durante meio ciclo.

O valor eficaz de uma corrente ou tensão alternada, pode ser calculado pela fórmula:

$$\mathbf{V_{ef} \text{ ou } V_{rms} = V_p \times 0,707}$$

### **Valores instantâneos:**

É possível determinar o valor instantâneo da corrente ou da tensão em qualquer ponto de um ciclo.

Para calcular o valor instantâneo de uma tensão, por exemplo, basta multiplicar o valor de pico da tensão pelo seno do ângulo correspondente.

Assim:

$$\mathbf{V_{inst} = V_p \times \text{sen}\theta}$$

$\theta$  (letra grega teta) é o ângulo correspondente

Exemplo: O valor instantâneo de uma tensão de pico de 100 volts em  $30^\circ$  é:

$$V_{inst} = 100 \times \text{sen}30 = 100 \times 0,5 = 50 \text{ volts.}$$

### **Conversão de valores AC (tensão e corrente):**

a) *Para converter de valor de pico para valor médio:*

$$\mathbf{V_m = V_p \times 0,637}$$

b) *Para converter de valor de pico para valor eficaz:*

$$\mathbf{V_{ef} = V_p \times 0,707 \text{ ou } V_p = V_{ef} / 1,41}$$

c) *Para converter de valor médio para valor de pico:*

$$\mathbf{V_p = V_{m\u00e9dio} \times 1,57}$$

d) *Para converter valor eficaz para valor de pico:*

$$\mathbf{V_p = V_{ef} \times 1,41}$$

e) *Para converter valor médio para valor eficaz:*

$$\mathbf{V_{ef} = V_{m\u00e9dio} \times 1,11}$$

f) Para converter valor eficaz para valor m\u00e9dio:

$$\mathbf{V_{m\u00e9dio} = V_{ef} \times 0,9}$$

g) Para converter valor de pico para valor de pico a pico:

$$\mathbf{V_{pp} = V_p \times 2}$$

h) Para converter valor de pico a pico para valor eficaz:

$$\mathbf{V_{ef} = V_{pp} / 2,82}$$

i) Para converter valor eficaz para valor de pico a pico:

$$\mathbf{V_{pp} = V_{ef} \times 2,82}$$

### **EXERC\u00cdCIOS RESOLVIDOS:**

1) Qual \u00e9 o per\u00edodo de uma frequ\u00eancia de 10kHz?

*Solu\u00e7\u00e3o:*

$$T = 1 / f = T = 1 / 10.000 = 100\mu\text{s} \text{ ou } 0,0001\text{s}$$

2) Qual \u00e9 a frequ\u00eancia de uma tens\u00e3o alternada cujo per\u00edodo \u00e9 0,0002s?

*Solu\u00e7\u00e3o:*

$$f = 1 / T = 1 / 0,0002 = 5\text{kHz}$$

3) Qual \u00e9 o valor instant\u00e2neo de uma tens\u00e3o alternada cujo valor eficaz \u00e9 110 volts, em 45 graus?

*Solu\u00e7\u00e3o:*

$$\begin{aligned} V_{inst} &= V_p \times \sin 45^\circ \\ V_p &= 110 \times 1,41 = 155,1 \text{ volts} \\ V_{inst} &= 155,1 \times 0,707 = 109,66 \text{ volts} \end{aligned}$$

4) Qual \u00e9 o valor m\u00e9dio de uma tens\u00e3o alternada cujo valor m\u00e1ximo \u00e9 30 volts?

*Solu\u00e7\u00e3o:*

$$\begin{aligned} V_{m\u00e9dio} &= V_p \times 0,637 \\ V_{m\u00e9dio} &= 30 \times 0,637 = 19,11 \text{ volts} \end{aligned}$$

5) Qual \u00e9 o valor m\u00e9dio de uma tens\u00e3o alternada cujo valor eficaz \u00e9 110 volts?

Solução:

$$V_{\text{médio}} = V_{\text{ef}} \times 0,9 = 99 \text{ volts}$$

ou

$$\begin{aligned} V_{\text{médio}} &= V_p \times 0,637 \\ V_p &= 110 \times 1,41 = 155,1 \text{ volts} \\ V_{\text{médio}} &= 155,1 \times 0,637 = 98,8 \text{ volts} \end{aligned}$$

6) Qual é o valor de pico a pico de uma tensão alternada cujo valor eficaz é 20 volts?

Solução:

$$\begin{aligned} V_{pp} &= V_{\text{ef}} \times 2,82 \\ V_{pp} &= 20 \times 2,82 = 56,4 \text{ volts} \end{aligned}$$

7) Qual é o valor eficaz de uma tensão alternada de 600 volts de pico a pico?

Solução:

$$\begin{aligned} V_{\text{ef}} &= V_{pp} / 2,82 \\ V_{\text{ef}} &= 600 / 2,82 = 212,77 \text{ volts} \end{aligned}$$

8) Qual é o comprimento de onda de uma tensão alternada cuja frequência é 6MHz?

Solução:

$$\begin{aligned} \lambda &= c / f \\ \lambda &= 300.000.000 / 6.000.000 = 50 \text{ metros} \end{aligned}$$

9) Uma tensão alternada tem um comprimento de onda de 2 metros. Qual é a sua frequência?

Solução:

$$\begin{aligned} \lambda &= c / f \\ f &= c / \lambda \\ f &= 300.000.000 / 2 = 150\text{MHz} \end{aligned}$$

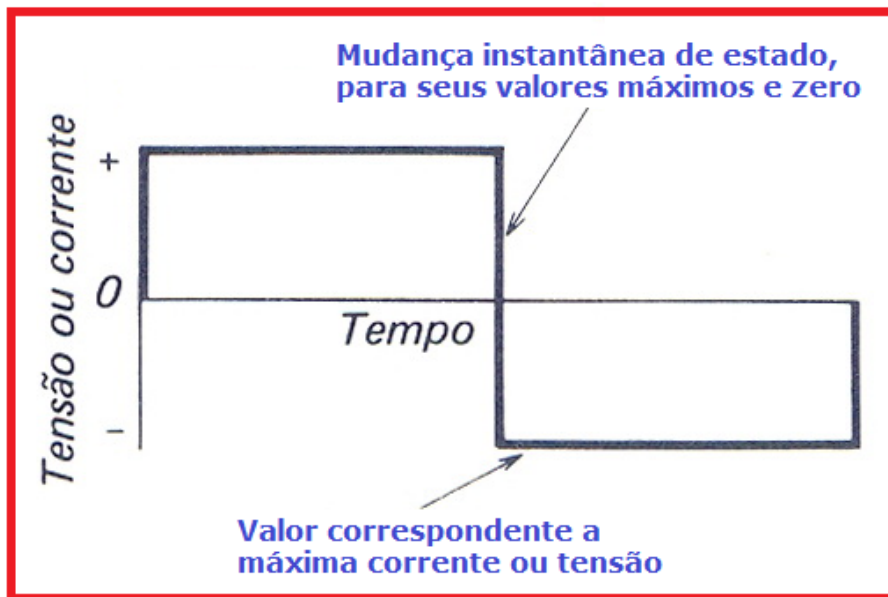
10) Qual é o comprimento de onda de uma tensão alternada cuja frequência é 700kHz?

Solução:

$$\begin{aligned} \lambda &= c / f \\ \lambda &= 300.000.000 / 700.000 = 428,57 \text{ metros} \end{aligned}$$

## CORRENTE ALTERNADA NÃO SENOIDAL

A *onda quadrada* é um dos tipos mais comuns de corrente ou tensão alternada, com a diferença com relação a onda senoidal, que seus valores máximos e mínimos se alteram instantaneamente.

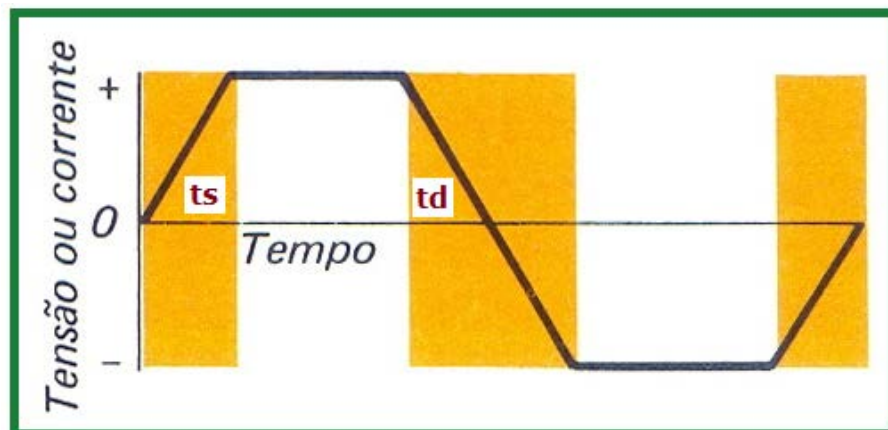


A figura acima ilustra a forma de onda de uma tensão ou corrente AC, cuja forma de onda é quadrada.

O tempo de variação entre valor máximo, zero e valor mínimo não ocorre efetivamente de forma instantânea.

Porém esse tempo de variação é muito pequeno (microsegundos até nanossegundos) que na prática, pode ser considerado instantâneo.

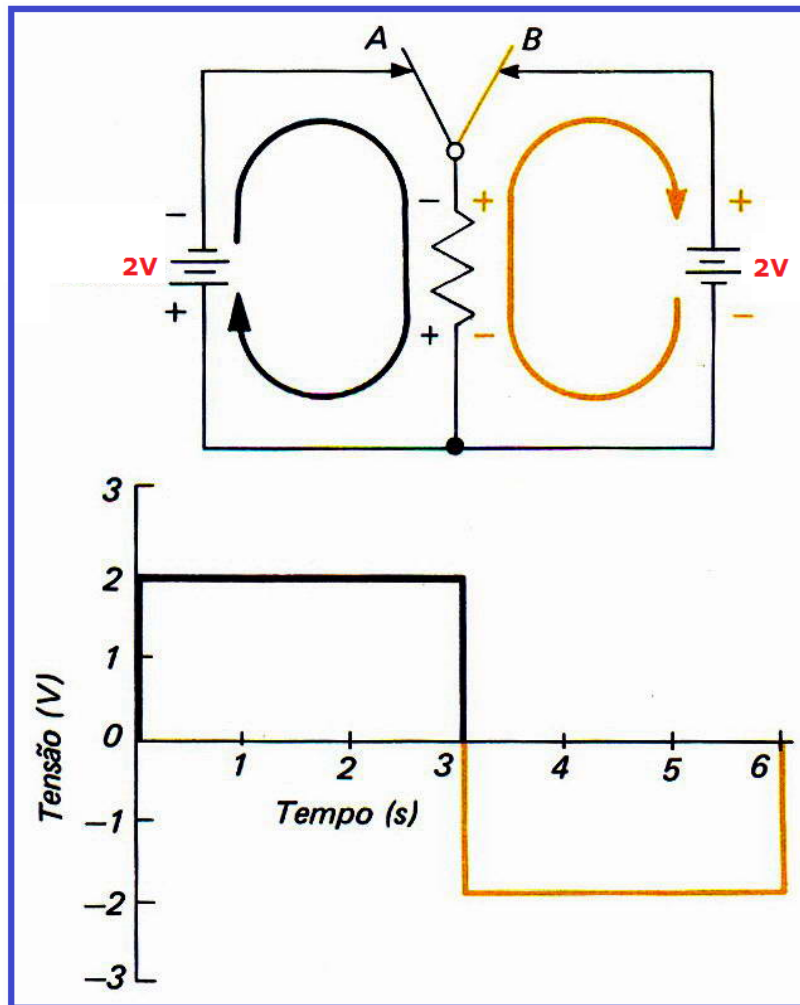
A figura a seguir ilustra uma forma de onda visualizada em um osciloscópio com a base de tempo bem expandida (da ordem de nanossegundos).



$t_s$  = tempo de subida (de zero ao valor máximo)  
 $t_d$  = tempo de descida (do valor máximo ao zero)

Repetindo, devido ao "ts" e "td" serem muito pequenos, pode-se considerar essa variação como instantânea.

Veja na figura a seguir um circuito básico para gerar uma onda alternada quadrada.



Se a chave for comutada para a posição A, a tensão atingirá instantaneamente dois volts e estará disponível no resistor.

Quando a chave for levada para a posição B a tensão no resistor proveniente de E1 cairá para zero e instantaneamente haverá uma mudança de polaridade da tensão sobre o resistor, por conta da bateria E2.

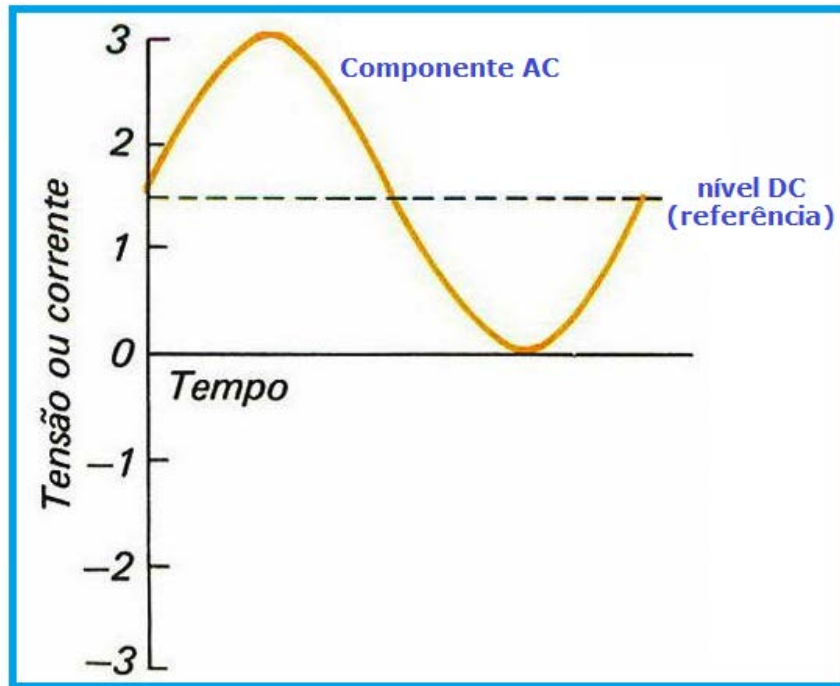
Se essa alternância ocorrer a cada 3 segundos, teremos então uma onda quadrada com um período de 6 segundos.

### **DC FLUTUANTE:**

Toda a corrente possui uma intensidade e um sentido. Em DC o sentido e a intensidade não mudam, porém, tal não ocorre com AC.

Existe um tipo de corrente em que a intensidade varia, mas, o sentido não muda o que neste caso, denominamos DC flutuante. Portanto, a DC flutuante é uma corrente em que seu sentido não muda, mudando apenas a sua intensidade.

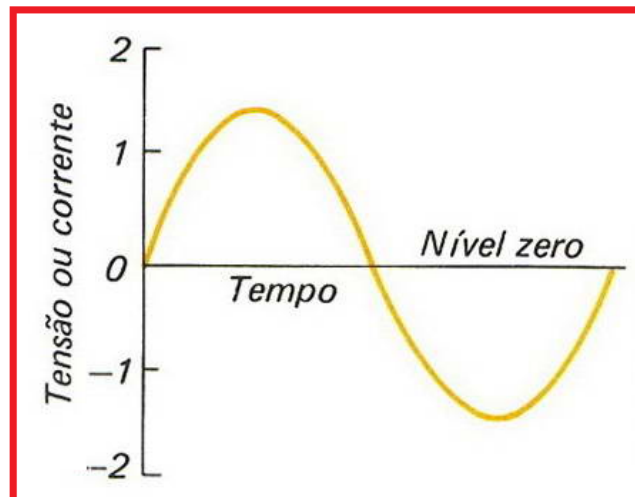
A figura a seguir ilustra uma senóide que está acima do eixo zero, ou seja, nos quadrantes I e II que são positivos.



Observe que devido ao nível de referência DC, a onda senoidal muda de intensidade, mas não muda de sentido, ou seja, varia de + 3 volts até zero.

Devido ao nível de referência DC estar situado em 1,5 volts, a tensão de pico da senóide é de 1,5 volts ( $3 - 1,5 = 1,5$  volts).

Bem diferente do que mostra a figura abaixo, onde temos realmente uma corrente alternada, que varia de intensidade e sentido.



A figura a seguir ilustra algumas formas de onda DC flutuante. De cima para baixo:

- Onda dente de serra*
- Onda pulsante proveniente de retificador de onda completa*
- Onda quadrada*

