

Curso Básico

Instalações Elétricas Prediais



www.paulobrites.com.br



Prof. Paula Brites

CURSO BÁSICO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

Apresentação



Prof. Paulo Brites

Este material foi preparado para apoio de um Curso Presencial Básico de Instalações Elétricas Prediais que eu ministrei em 2013 para uma turma de um Curso Técnico com alunos de diversas áreas relacionadas indiretamente com Eletricidade tais como Informática, Telecomunicações, Eletrônica e Mecatrônica.

Revirando o “meu baú” achei o material e julguei que seria útil para algumas pessoas, principalmente que pretendam se iniciar nesta área e resolvi disponibilizá-lo como brinde para os visitantes do meu site.

Espero que seja útil e aguardo críticas e sugestões em contato@paulobrites.com.br.

Principais Grandezas Elétricas



Prof. Paula Brites

TENSÃO

E ou U



I

CORRENTE



POTÊNCIA

$P = E \times I$ ou $P = U \times I$



“Tipos” de tensão e corrente



Prof. Paula Brites

Para existir corrente elétrica é preciso existir tensão.

A tensão, também denominada voltagem, é uma espécie de força que provoca o fluxo ordenado dos elétrons que são os responsáveis pela corrente elétrica.

Existe duas maneiras de se obter esta “força” que vai “organizar” os elétrons.

A primeira delas foi descoberta por Alexandre Volta e deu origem as pilhas e baterias que usamos hoje.

Neste caso a tensão é produzida por um processo químico.

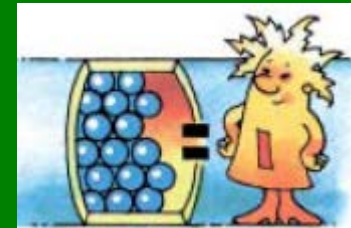
A tensão e consequente corrente produzida desta forma é chamada de **tensão/corrente contínua** e **não utilizamos em instalações prediais.**



Elétrons livres



Fluxo ordenado de elétrons



Corrente elétrica

Nas instalações elétricas utilizamos uma outra forma de produzir energia que pode ser pelas hidrelétricas, por exemplo.

A tensão produzida por estes geradores é chamada de “**corrente alternada**” e costuma ser abreviada por **CA** ou **AC** (alternating current).

A tensão alternada pode ser fornecida como monofásica – uma fase e um neutro, bifásica – duas fases e um neutro ou trifásica – três fases e um neutro.

Unidades de Grandezas Elétricas



Prof. Paula Brites

TENSÃO

volt (V)

ampère (A)

CORRENTE

POTÊNCIA

volt-ampère(VA)

$$P = E \times I$$

ou

$$P = U \times I$$

POTÊNCIA APARENTE

Outras Unidades de Potência



Prof. Paula Brites

POTÊNCIA ATIVA

watt (W)

POTÊNCIA REATIVA

volt-ampère reativo (Var)

Qual potência usar no projeto?



Prof. Paulo Brites

Nos dois slides anteriores falamos em três “tipos” de potência.

A **potência ativa** ou **potência real** que é o resultado da transformação da corrente elétrica em calor ao passar por um elemento puramente resistivo.

Sua unidade no SI é o watt (W) e pode ser calculada por $R \times I^2$ ou E^2/R .

A **potência reativa** é o resultado passagem da corrente por elementos reativos como transformadores e motores, por exemplo.

A **soma** (vetorial) da **potência ativa** com a **potência reativa** nos dá a **potência aparente**.

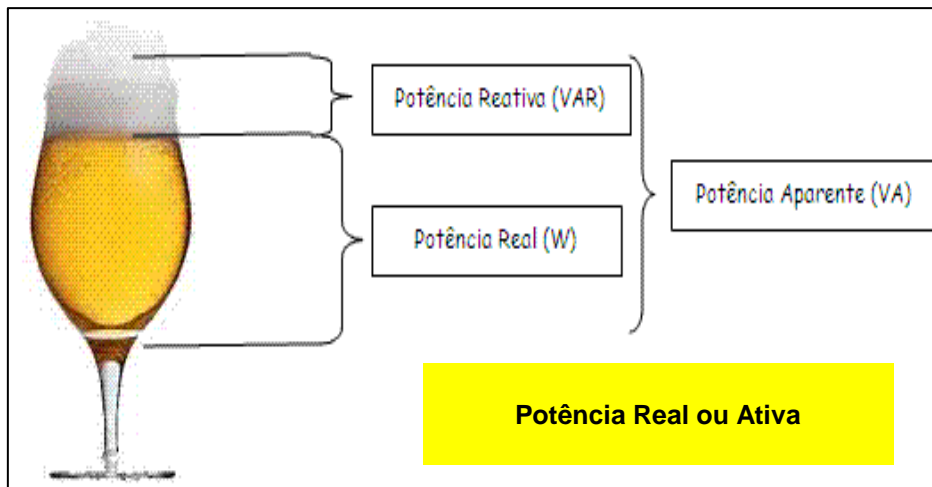
Nos projetos de instalações elétricas residenciais os **cálculos** são baseados na **potência ativa** e na **potência aparente**.

O Fator de Potência



Prof. Paula Brites

Um conceito muito importante quando temos componentes indutivos como transformadores e motores em um circuito de corrente alternada é o **FATOR DE POTÊNCIA**



A figura ao lado nos ajuda a entender bem o conceito de fator de potência.

Se não tivéssemos a espuma do *chopp* (**potência reativa**) toda a potência aparente seria igual a potencial real ou ativa.

$$\text{Fator de Potência} = \frac{\text{Potência Real}}{\text{Potência Aparente}}$$

Pense um pouquinho
Se o *chopp* não tivesse “colarinho” qual seria o valor do fator de potência?

Na prática

Precisamos fazer um levantamento das potências para realizar o nosso projeto.

Faremos uma previsão das potências (cargas) mínimas de iluminação e tomadas a serem instaladas.

A previsão de carga deve obedecer a NBR 5410:2004, item 9.5.2 Veremos mais adiante.

Nos projetos precisamos saber **quanto de potência aparente (VA) será transformado em potência ativa (W).**

Usaremos o seguinte critério:

Fator de potência = 1,0 para iluminação em geral;

Fator de potência = 0,8 para tomadas de uso geral (TUG).



Aula 2



Prof. Paula Brites

Nesta aula vamos estudar:

- *O que é tensão ou ddp.*
- *O que corrente elétrica.*
- *Como se produz tensão/corrente contínua.*
- *Noções sobre magnetismo e eletromagnetismo.*
- *Como se produz tensão/corrente alternada.*
- *Conceito de fase em corrente alternada.*

Introdução a Eletricidade



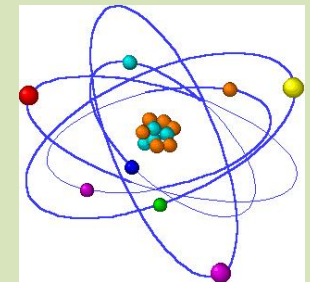
Prof. Paulo Brites

- As primeiras manifestações de Eletricidade produzidas pelo homem são atribuídas a Tales de Mileto que viveu na Grécia antiga, aproximadamente, no período de 624 a 556 aC.
- Tales observou que ao esfregar um pedaço de âmbar numa pele de animal, o âmbar era capaz de atrair pequena sementes ou pedacinhos de palha.
- Uma manifestação natural da Eletricidade são as descargas atmosféricas, mais conhecidas como relâmpagos.
- Mas, qual a relação entre estes dois fenômenos?



Sabemos que tudo na Natureza é constituído por minúsculas partículas chamadas **átomos**.

Estas, por sua vez, possuem algumas sub partículas e dentre elas a que mais nos interessa no estudo da Eletricidade são os **elétrons**.

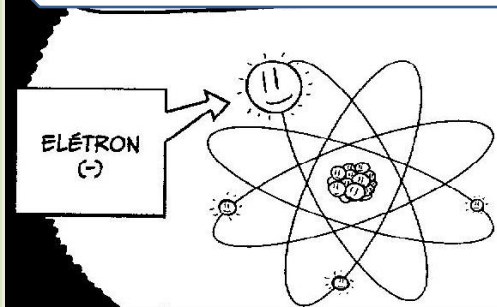


"Trabalhando" com os elétrons

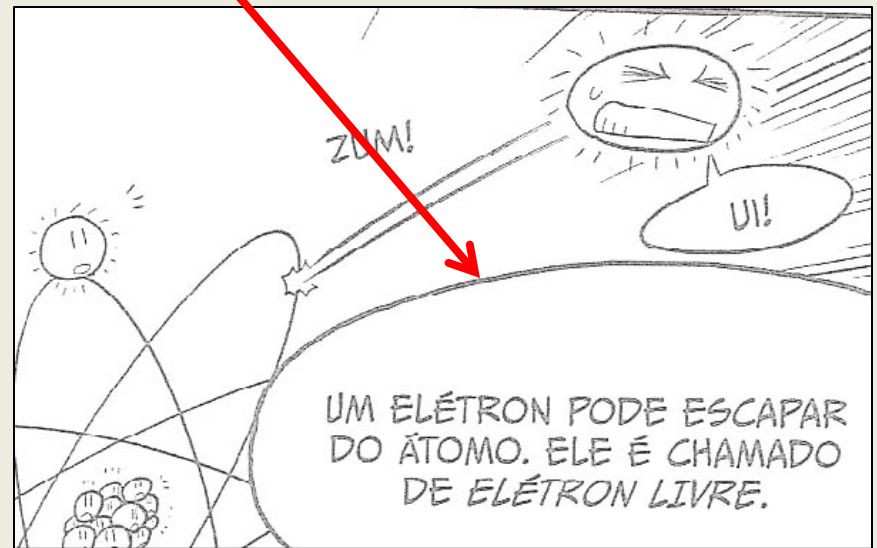


Prof. Paulo Brites

Os **elétrons** giram em redor do núcleo e a eles é atribuída uma **carga negativa**.



Se fornecermos ao átomo alguma forma de energia como luz ou calor

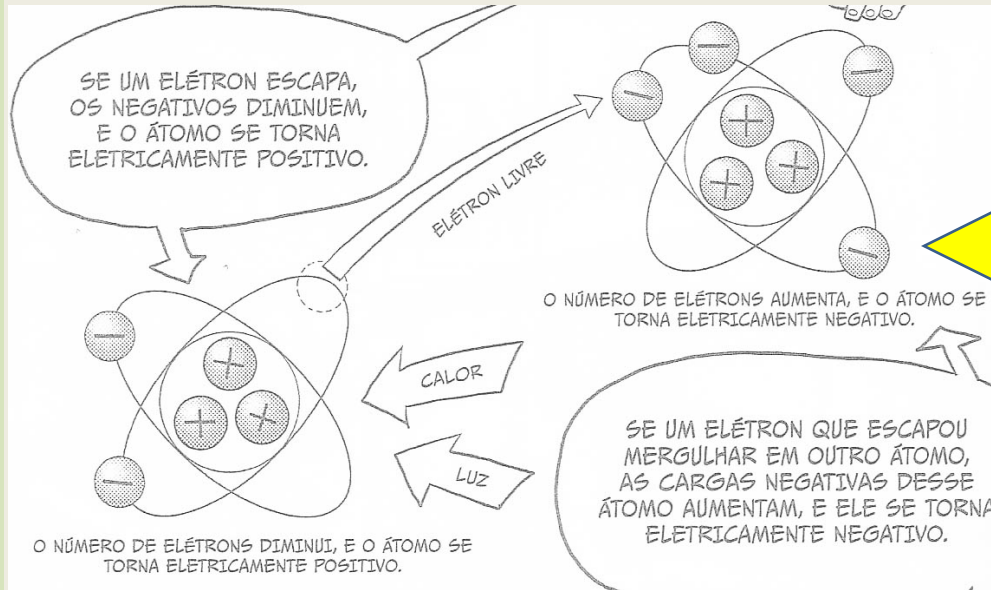


E, basicamente, serão estes elétrons livres que irão produzir a eletricidade.

Carga elétrica



Prof. Paulo Brites



Diz-se que o átomo está eletricamente carregado. A carga pode ser positiva ou negativa

O átomo "normal" tem tantas cargas positivas quanto negativas

Mas ...

Se o átomo *perde* elétrons fica com *carga positiva*

Se o átomo *ganha* elétrons fica com *carga negativa*

Eletrizando corpos



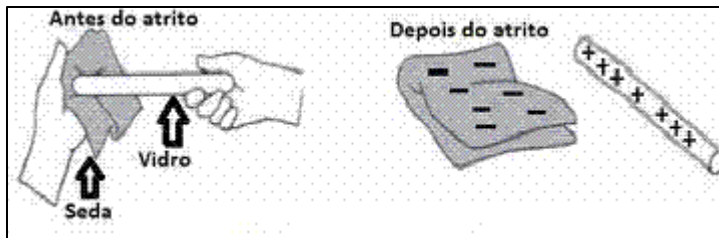
Prof. Paulo Brites

- Uma das maneiras de fazer o átomo perder ou ganhar elétrons, ou seja, fazer com que os corpos fiquem carregados ou eletrizados que foi a descoberta por Tales de Mileto

é a **eletrização por atrito**.

- Podemos também **eletrizar** corpos **por contato**, ou seja, se um corpo carregado toca em outro neutro (sem carga) o corpo carregado transfere sua carga para o corpo neutro.
- Existe uma terceira maneira de eletrizar um corpo que está neutro, chama-se **indução**.

Quando aproximamos o corpo carregado do neutro este pode adquirir carga.



atrito



Passagem de elétrons do corpo neutro para o corpo carregado

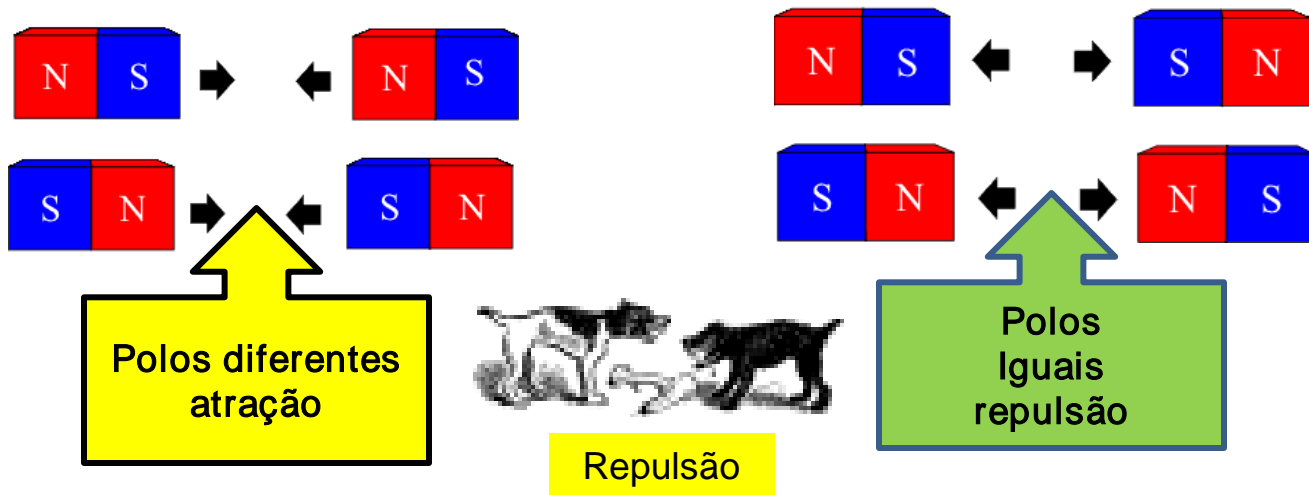
contato

Os ímãs e as cargas elétricas

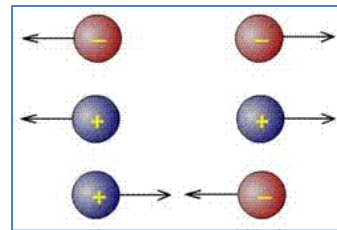


Prof. Paulo Brites

- Todo ímã possui dois polos. Um polo chamado Norte e outro chamado Sul.
- Se dois ímãs são colocados um próximo do outro eles poderão se atrair ou se repelir.



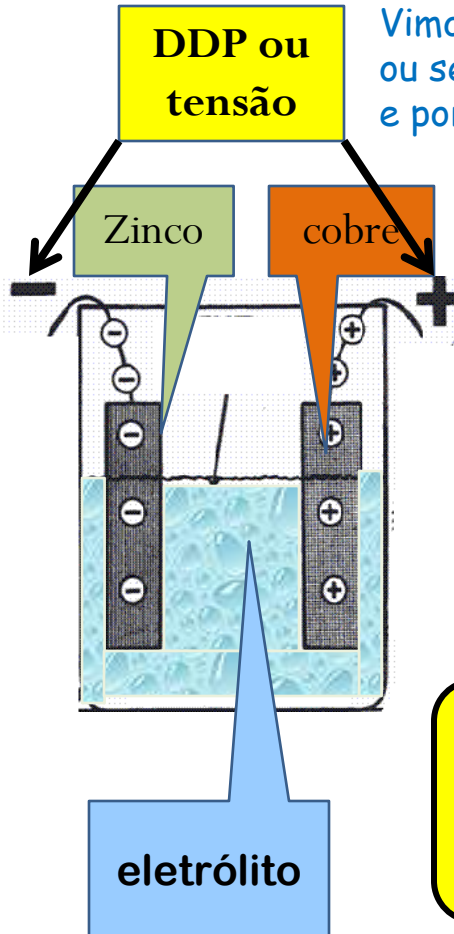
- Com as cargas elétricas acontece uma coisa parecida. **Corpos carregado com cargas de mesmo sinal se repelem, mas carregados com cargas de sinais contrários se atraem.**



Tensão e Corrente



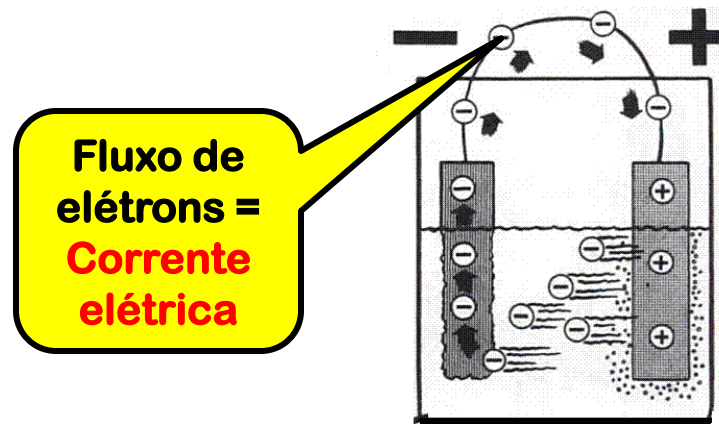
Prof. Paulo Brites



Vimos que os corpos podem ficar com **muitos elétrons livres** ou seja, carregados negativamente ou com **falta de elétrons** e portanto, **carregados positivamente** .

Temos uma então uma **diferença de potencial (DDP)** entre eles que também chamamos de **tensão ou voltagem** .

Se interligarmos o material que tem muitos elétrons livres ao que tem falta de elétrons iremos promover um **fluxo de elétrons** de um material para o outro.



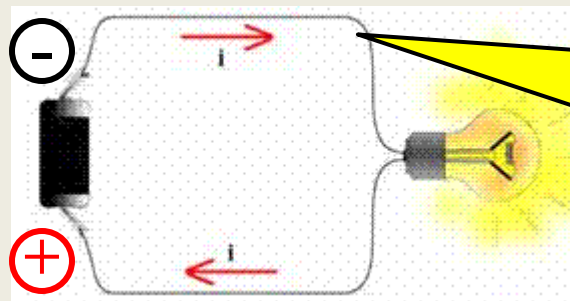
Unidades de Tensão e Corrente.



Prof. Paulo Brites



Nos terminais de uma pilha temos tensão ou voltagem que se mede em volt (V)



Somente quando ligamos o terminal negativo ao positivo através de uma lâmpada, por exemplo, é que passamos a ter corrente.

A **corrente** (i) é medida em **ampère** (A)

Os elétrons vão do terminal negativo para terminal positivo – Isso se chama **corrente eletrônica**

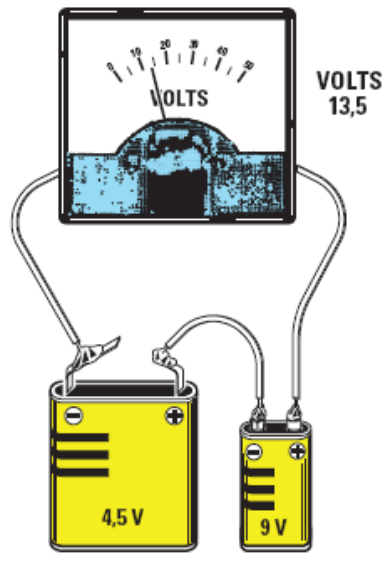
Há quem prefira pensar numa movimentação de cargas do positivo para o negativo, aí se diz **corrente convencional**

Prof. Paulo Brites

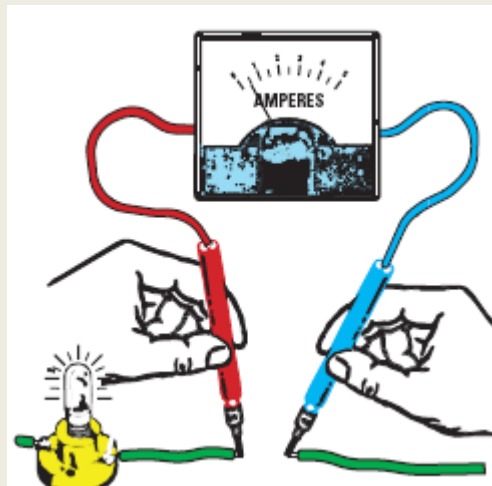
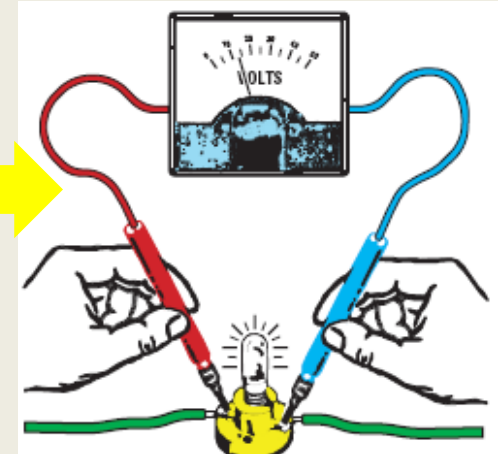
Medindo tensão e corrente



Prof. Paulo Brites



Medindo
tensão



Cuidado!
Para medir a
corrente
precisamos
interromper o
circuito.

"Tipos" de tensão e corrente



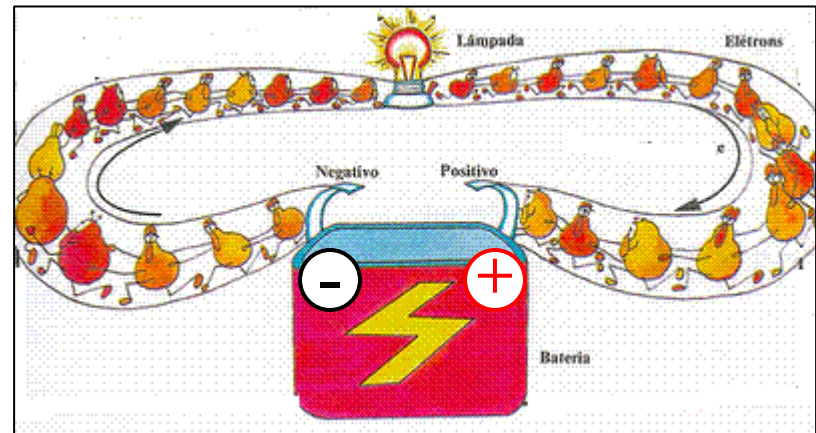
Prof. Paulo Brites

Na ddp produzida por processos químicos como nas pilhas e baterias o fluxo de elétrons tem sempre um mesmo sentido, ou seja, vai do terminal negativo (com muito elétrons livres) para o terminal positivo (com poucos elétrons livre).

A tensão (ou ddp) que produz esta corrente é chamada de "corrente contínua" e costuma ser abreviada por DC, do inglês *direct current*.

Na prática costuma-se utilizar a **cor vermelha** para o terminal **positivo** e a **cor preta** para o **negativo**.

Corrente Contínua - DC



Existe outra maneira de se produzir eletricidade e que é utilizada comercialmente.

Ela é chamada de "corrente" **alternada senoidal**.

Eletromagnetismo: a experiência de Oersted

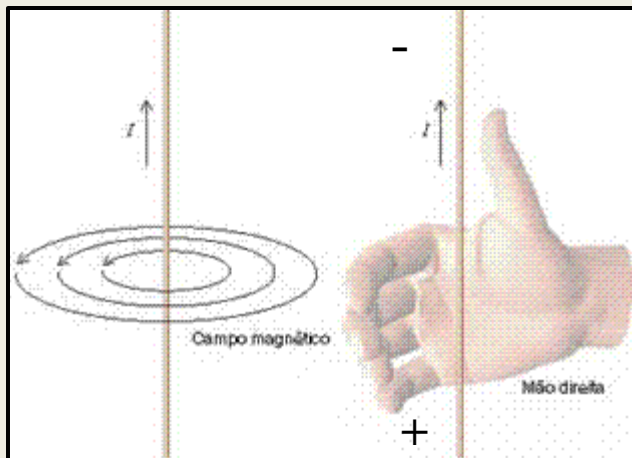
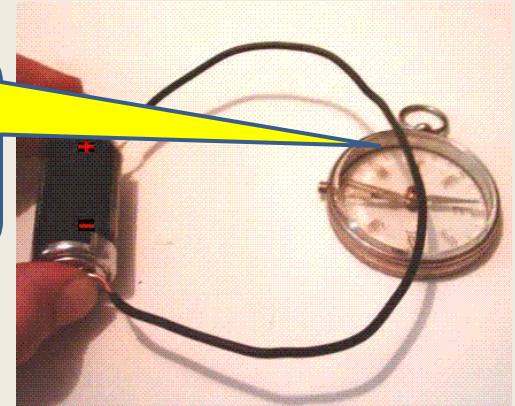


Prof. Paulo Brites

Em 1819 o físico e químico dinamarquês Hans Christian Ørsted descobriu que aproximando um fio percorrido por uma corrente elétrica de uma bússola ele era capaz de mudar a direção da agulha.

Esta experiência demonstrava que uma corrente elétrica produzia um campo magnético de forma similar a um ímã.

Campo magnético produzido pela corrente



Regra da mão direita

Para descobrir o sentido do campo magnético envolvemos o fio com a mão direita com o polegar apontando na direção da **corrente convencional**, ou seja, do positivo para o negativo.

Se preferirmos trabalhar com **corrente eletrônica** (do negativo para o positivo) usamos a **regra da mão esquerda**.

Indutores ou bobinas



Prof. Paulo Brites

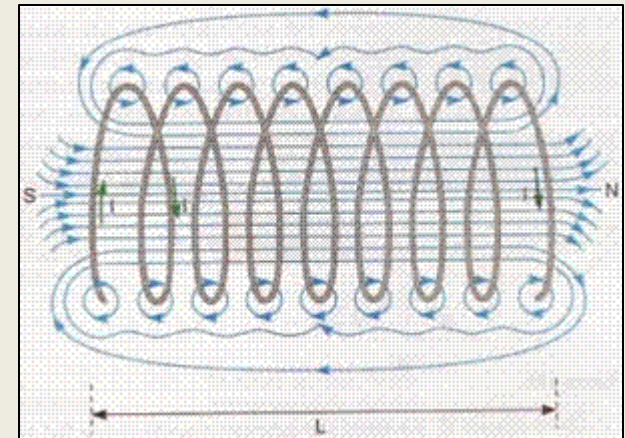
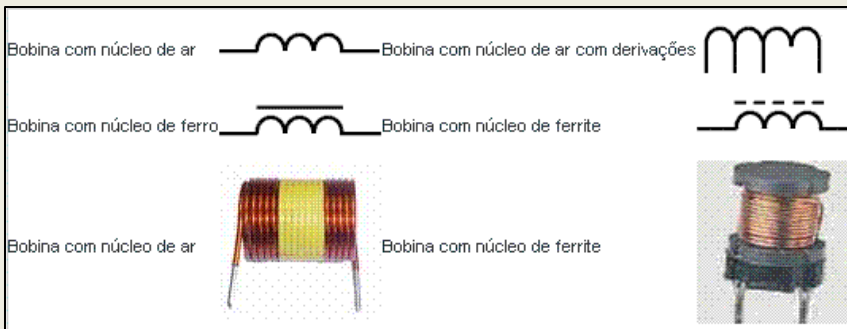
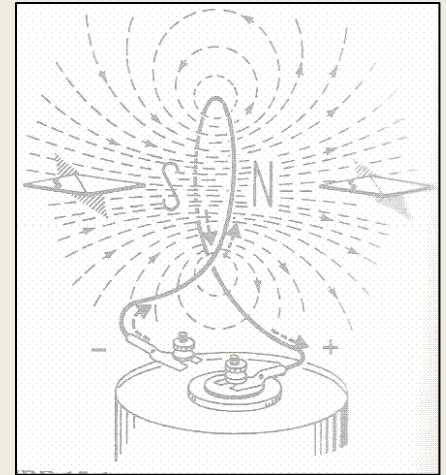
Se enrolarmos o fio em forma de uma espira aumentaremos o campo magnético produzido pela corrente.

Enrolando mais espiras conseguiremos um campo magnético maior ainda.

A propriedade de criar este campo magnético através da corrente circulante na bobina é denominada **indutância** e se representa pela letra **L**.

A unidade de **medida de indutância** é o **henry** (H) em homenagem a Joseph Henry (1797-1878) que chegou aos mesmos resultados que Faraday um ano antes dele, mas não o publicou.

Pode-se aumentar mais ainda o campo magnético introduzindo um núcleo de material magnético na bobina.



Prof. Paulo Brites

Lei de Faraday



Prof. Paulo Brites

Uma experiência similar a de Oersted foi realizada por Faraday.

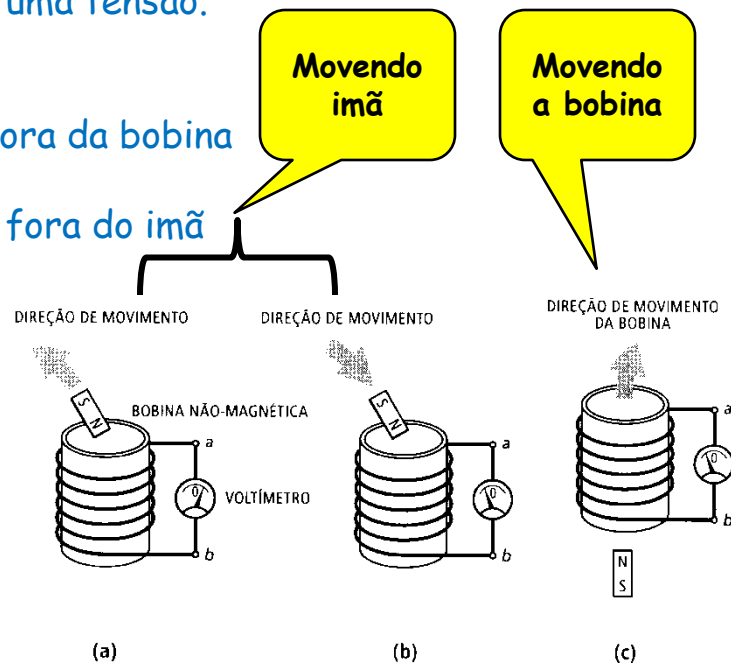
Ele observou que um campo magnético variável próximo a um condutor era capaz de induzir uma força eletromotriz, ou seja, uma tensão.

Há duas maneiras de se fazer isso.:

1) Move-se um ímã para dentro e para fora da bobina

2) Move-se a bobina para dentro e para fora do ímã

Em ambos os casos iremos produzir um campo magnético variável que irá fazer aparecer uma corrente na bobina e, como para existir corrente precisa existir tensão este procedimento gerará uma tensão nos terminais da bobina que chamaremos força eletromotriz induzida.



Oersted, Faraday e Lenz



Prof. Paulo Brites

Das descobertas de Oersted e Faraday podemos concluir que existem duas propriedades que relacionam a eletricidade ao magnetismo e que nos dá o **eletromagnetismo**.

Concluimos também, obviamente, que estas duas propriedades caminham juntas, ou seja, uma corrente inicial variável produz um campo magnético também variável que por sua vez produz uma corrente variável.

Mas, esta corrente, criada pelo campo magnético, terá sentido oposto a corrente inicial que a produziu o que fará com que ela se oponha a variação da corrente inicial que a produziu.

Assim, esta corrente induzida gera uma força contra eletromotriz que se opõe a força eletromotriz inicial.

Este fenômeno foi percebido por Lenz (1804- 1864) que desconhecia os trabalhos de Oersted, Faraday e Henry, mas chegou quase ao mesmo tempo a resultados semelhantes.

A observação de Lenz é conhecida como

Lei de
lenz

“O sentido de uma força eletromotriz (f.e.m.) induzida é tal que se opõe a causa que a produziu”

Tensão e corrente alternada (AC)



Prof. Paulo Brites

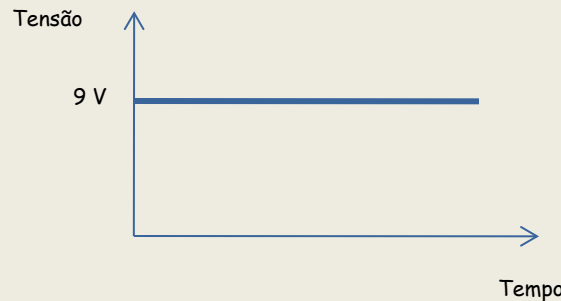
Outra maneira de produzir tensão é usando o eletromagnetismo.

Se fizermos uma bobina girar dentro de um campo magnético irá aparecer uma ddp nas extremidades da bobina.

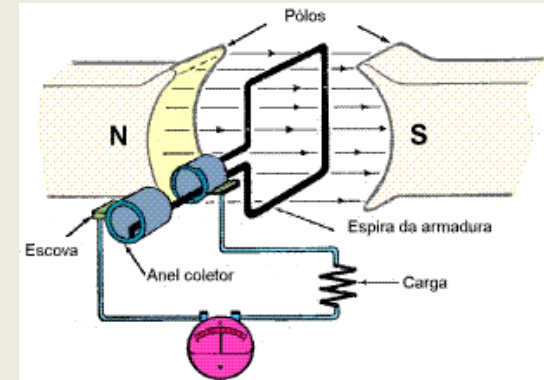
Este é o princípio das usinas hidrelétricas ou qualquer gerador de eletricidade mecânico.

A grande diferença entre esta forma de produzir energia elétrica e a das pilhas e baterias é que os terminais da bobina não apresentam uma polaridade constante como no caso das pilhas e por isso, é chamada **tensão ou corrente alternada**.

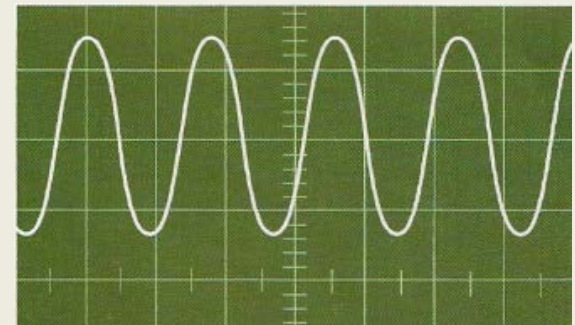
Mas esta não é a única diferença. →



A tensão nos terminais de uma pilha ou bateria é constante ao longo do tempo como mostra o gráfico acima.



A tensão produzida pela bobina girando dentro do campo magnético além de mudar periodicamente de polaridade tem um valor que varia conforme o gráfico abaixo.



Por que corrente alternada senoidal?



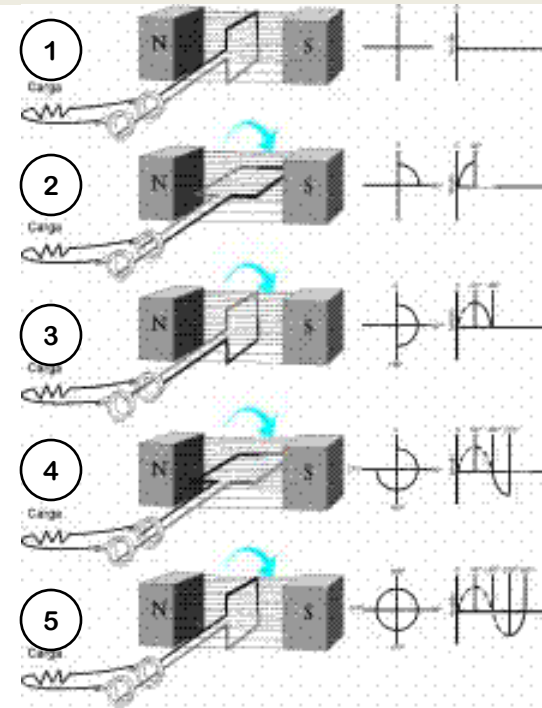
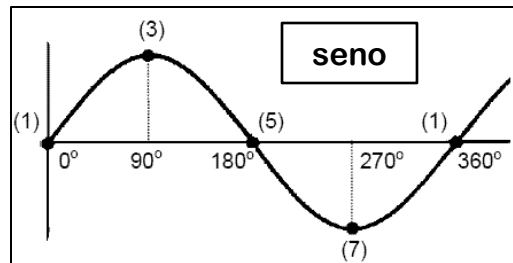
Prof. Paulo Brites

A medida que a bobina gira dentro do campo magnético ela vai assumindo diversas posições como vemos na figura ao lado. Assim, a tensão que aparece nos terminais da bobina começa com 0 volt e vai aumentando positivamente até atingir um valor máximo ou valor de pico na posição 2.

A partir daí a tensão começa a diminuir até 0 volt novamente na posição 3. A bobina completou meia volta, ou seja, 180° . Agora a tensão começa a aumentar novamente, só que a polaridade se inverte e chega ao pico negativo em 4.

Quando completar uma volta (360°) a tensão voltará a 0 volt na posição 5 e o ciclo recomeçará.

A forma de onda desta tensão corresponde a uma expressão da trigonometria chamada **seno** e por isso, esta tensão é chamada **tensão alternada senoidal**.



Corrente alternada: ciclo e frequência

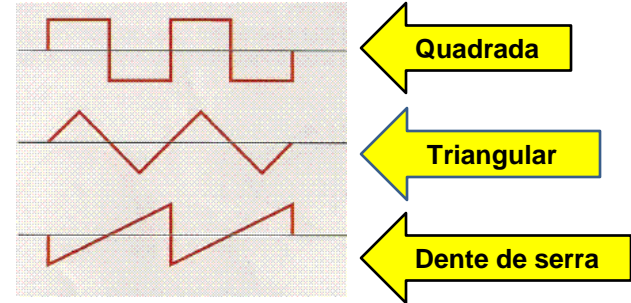


Prof. Paulo Brites

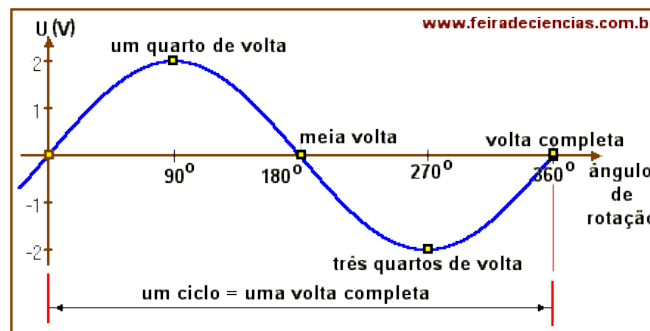
A **tensão alternada senoidal** é mais popular por ser utilizada comercialmente em nossas casas e indústrias e por isso, costuma ser chamada apenas de alternada omitindo-se o termo senoidal.

Podemos ter outras formas de tensão alternada como vemos nas figuras ao lado: quadrada (square) triangular e dente de serra (sawtooth).

O que caracteriza uma tensão alternada é a variação positiva e negativa em torno de um eixo de referência considerado como zero.



Outro fato importante é a **periodicidade** como a onda varia entre o positivo e o negativo. Repare que em todos os caso a onda repete o mesmo comportamento após um determinado tempo que chamaremos ciclo.



Frequência é o número de ciclos que a onda faz por segundo

1 ciclo/segundo = 1 hertz

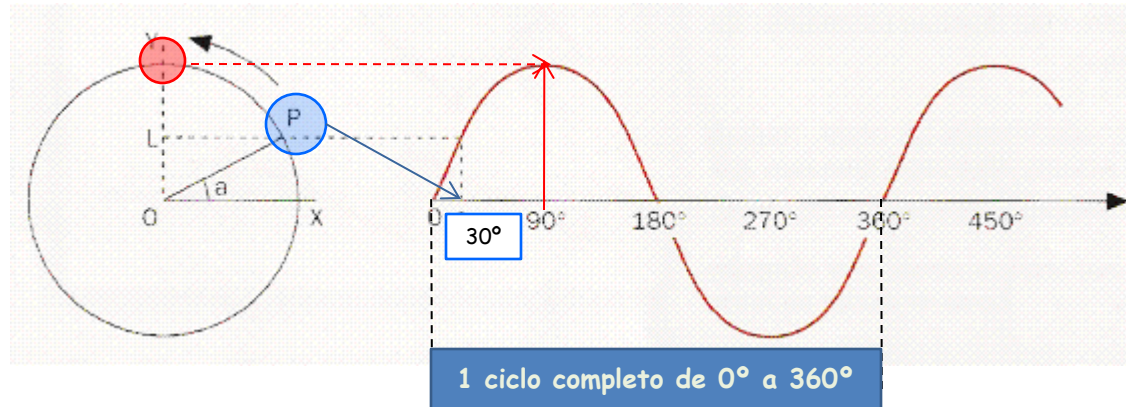
O conceito de fase em eletricidade



Prof. Paulo Brites

Nos slides 20 e 21 introduzimos o conceito de corrente/tensão alternada e mais especificamente a senoidal.

Considerando que a onda senoidal é gerada pela rotação de uma bobina dentro do campo magnético então podemos associar um ângulo em 0° e 360° a cada ponto da curva.



Assim, por exemplo, quando a bobina estiver a 90° teremos o pico positivo da senóide. Entretanto, nem sempre temos a senóide começando em 0° . Pode ocorrer dela começar antes ou depois.

Considerando o 0° como referência diremos que ela está adiantada se começar antes de 0° e atrasada se começar depois.

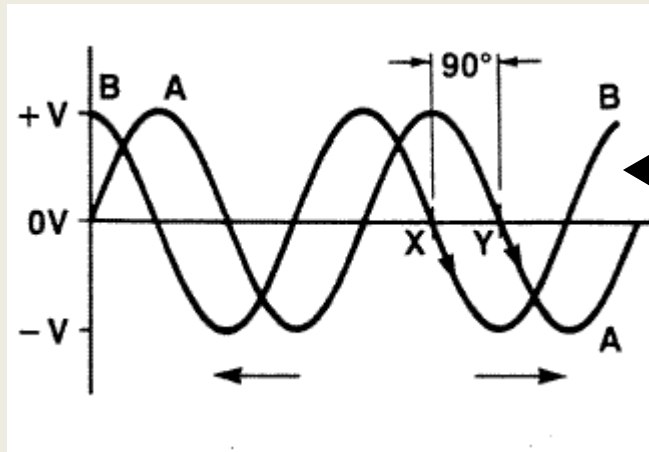
Neste exemplo se ela começasse no ponto P diríamos que ela estaria adiantada 30° .

[Vá para o slide 37](#)

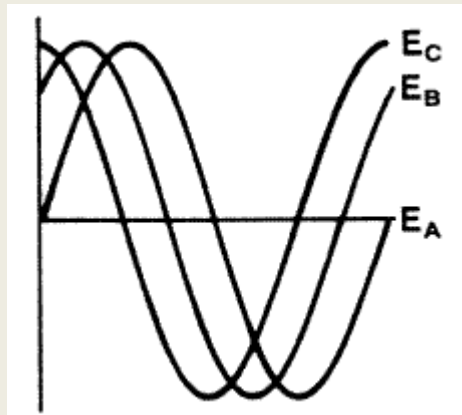
Exemplos de ondas defasadas



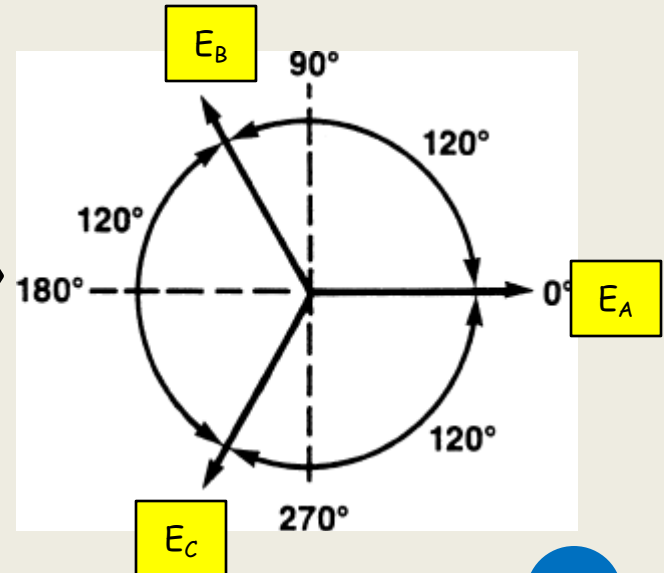
Prof. Paulo Brites



A diferença de fase entre as ondas A e B é 90°



ONDAS DEFASADAS 120°



Prof. Paulo Brites

Medindo uma tensão alternada



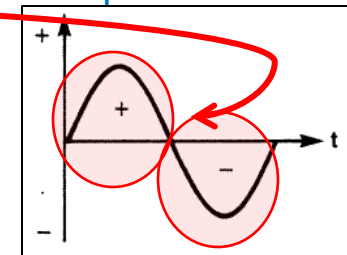
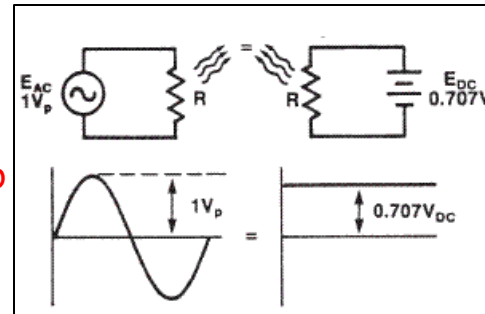
Prof. Paulo Brites

Medir uma tensão alternada não é uma tarefa simples uma vez que além dela alterar a polaridade duas vezes em cada ciclo o valor também varia de zero até um valor de pico e retorna a zero. Isto numa velocidade que corresponde a frequência da rede elétrica.

A solução então é medir um valor médio. Entretanto como a parte positiva da onda é igual a parte negativa a média dará zero.

Prefere-se então uma outra solução chamada **valor eficaz ou RMS**.

Este valor corresponde ao equivalente de uma tensão DC capaz de produzir o mesmo calor em um resistor.



$$E_{\text{PICO}} = 1,41 \times E_{\text{RMS}}$$

Os voltímetros e amperímetros AC estão calibrados em RMS.

Para encontrarmos o valor de pico de uma onda senoidal devemos multiplicar por 1,41 o valor RMS medido com o voltímetro.

[Volte para o slide 76](#)

Um exemplo de tensão alternada senoidal

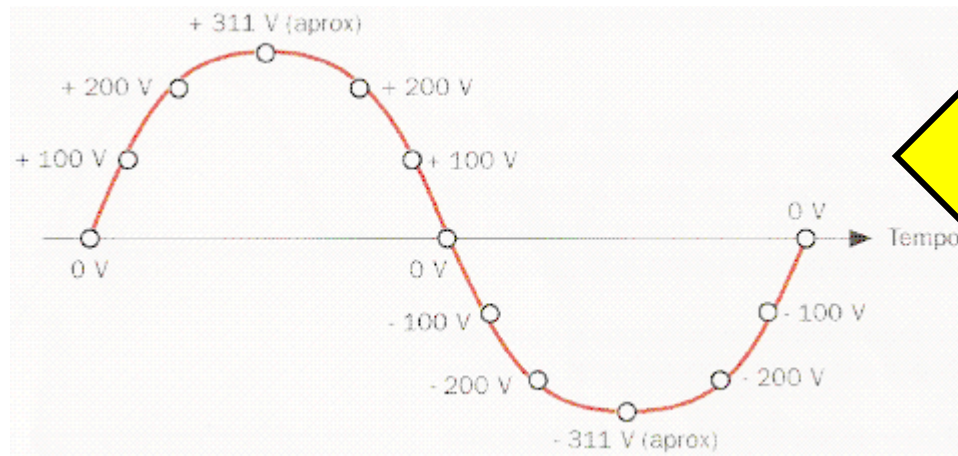


Prof. Paulo Brites

Você mediu a tensão da rede local e encontrou 220 V.

Este é o valor RMS da tensão.

Para obter o valor de pico faremos $220 \times 1,41 = 310,2 \approx 311 \text{ V}_{\text{pico}}$



A forma de onda ao lado só poderá ser visualizada com o auxílio de um osciloscópio.

Negativo-Positivo versus Fase - Neutro



Prof. Paulo Brites

Os termos **positivo e negativo** só podem ser usados em circuitos de corrente contínua quando a polaridade dos terminais é bem definida

Em corrente alternada que é utilizada nas instalações elétricas residências ou indústrias não usamos os termos **positivo e negativo**, pois a corrente não tem uma polaridade definida.

Diz-se então **fase e neutro** ou "**vivo**" e **neutro**.



Padrão NEMA 5

Neutro Fase



Terra

Novo padrão brasileiro de tomadas
Norma NBR 14136:2002

Terra



Neutro

Fase

Polarização de tomadas elétricas

Aula 3



Prof. Paulo Brites

Nesta aula vamos estudar:

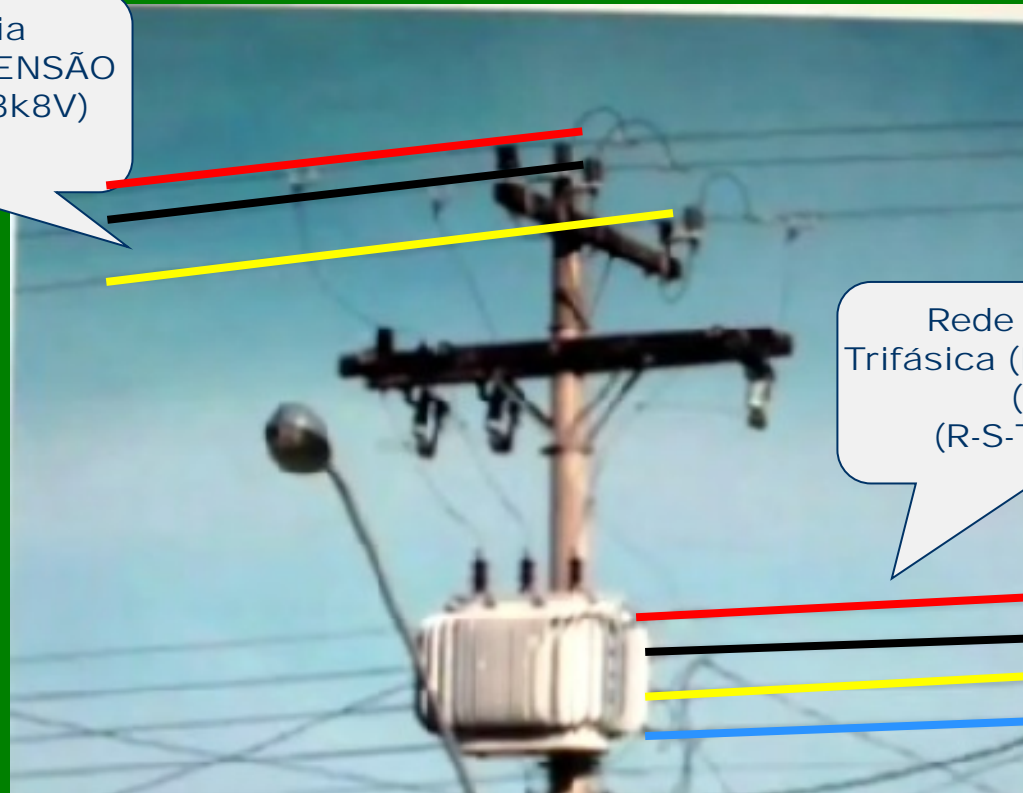
- ✓ *Tipos de fornecimento de energia.*
- ✓ *Configurações triângulo e estrela.*
- ✓ *Conceito de terra e neutro.*
- ✓ *Tensão de fase e tensão de linha.*
- ✓ *Conceito de Neutro e Terra.*
- ✓ *Tensão de linha e tensão de fase.*

Rede Pública de Distribuição



Prof. Paulo Brites

Rede Primária
Trifásica (ALTA TENSÃO)
(por exemplo, 13k8V)
(R-S-T)



Rede secundária
Trifásica (BAIXA TENSÃO)
(220 V)
(R-S-T e Neutro)

NEUTRO

Fornecimento de Energia

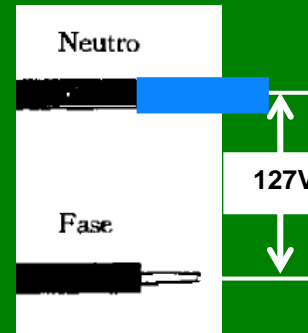


Prof. Paulo Brites

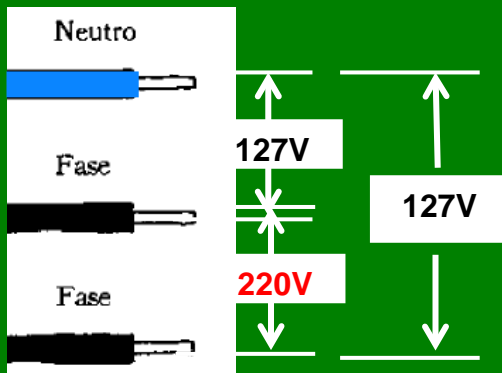
POTÊNCIA ATIVA ATÉ 12 kW
TENSÃO = 127 V AC

FORNECIMENTO MONOFÁSICO A 2 FIOS:

FASE (F) e NEUTRO (N).



OBSERVAÇÃO
Estes valores podem variar de uma região para outra.



POTÊNCIA ATIVA ACIMA DE 12 kW até 25 kW
TENSÃO = 127 V AC e 220V AC

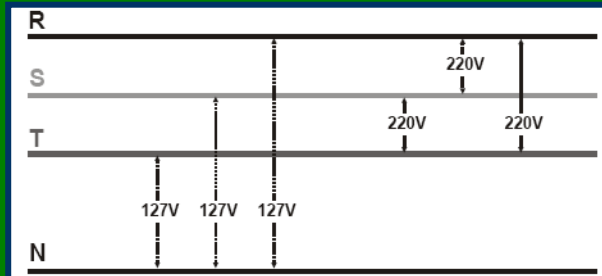
FORNECIMENTO BIFÁSICO A 3 FIOS:

FASE (F) + FASE (F) e NEUTRO (N)

POTÊNCIA ATIVA ACIMA DE 25 kW até 75 kW
TENSÃO = 127 V AC e 220V AC

FORNECIMENTO TRIFÁSICO A 4 FIOS:

FASE (F) + FASE (F) + FASE (F) e NEUTRO (N).

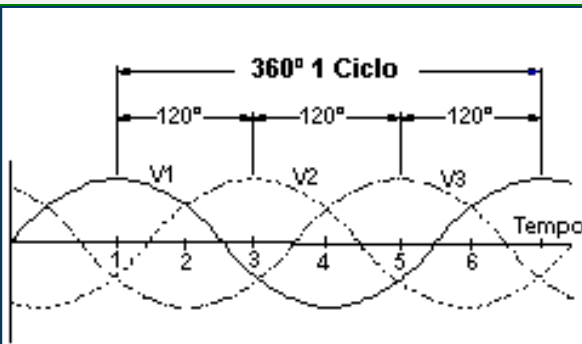


Configurações Estrela e Triângulo



Prof. Paulo Brites

O sistema trifásico é formado por tensões (V_1 , V_2 e V_3) defasadas de 120° .

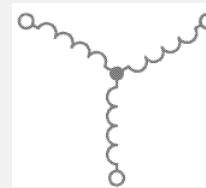


Na configuração estrela ou Y um terminal de cada enrolamento é ligado a um ponto único chamado NEUTRO.

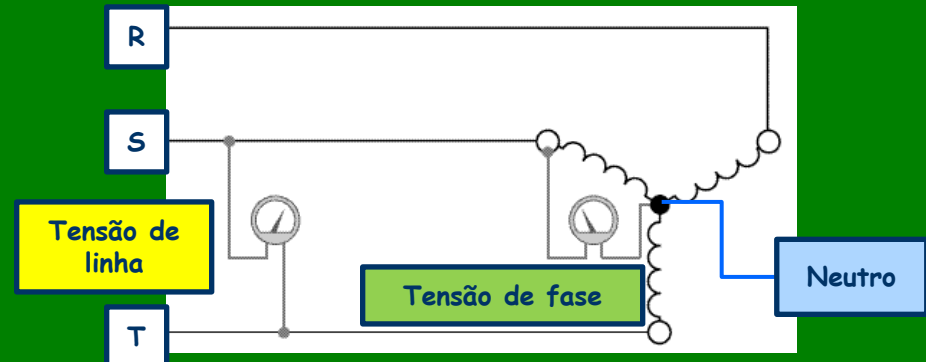
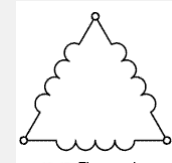
Os terminais R, S e T ficam disponíveis para conexão das cargas (**3 fases, 4 fios**).

Os sistemas trifásicos podem ser configurados de duas maneiras conhecidas como:

Estrela - Y



ou Triângulo - Delta

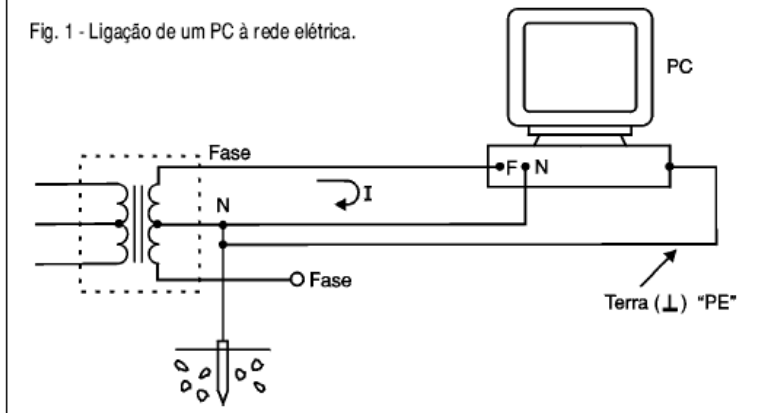


Definições: Terra, Neutro e Massa



Prof. Paula Brites

Fig. 1 - Ligação de um PC à rede elétrica.



SABER ELETRÔNICA Nº 329/JUNHO/2000

Na figura temos um computador ligado a uma rede bifásica:

- 2 fases (127 VCA + 127 VCA)
- Neutro.

A concessionária de energia elétrica só liga a caixa de entrada ao poste externo se houver uma haste de aterramento dentro do ambiente do consumidor.

O condutor NEUTRO da concessionária deve apresentar uma DDP de zero volt em relação a terra.

Na prática nem sempre isso ocorre devido ao desbalanceamento nas fases do transformador de distribuição provocando uma flutuação na DDP do NEUTRO.

Para garantir que não haja esta flutuação o condutor do NEUTRO deve ser ligado à haste de TERRA logo na entrada.

A carcaça dos equipamentos que também é chamada de MASSA deve ser ligada através de um condutor específico (verde ou verde/amarelo) a haste de TERRA.

Qual a diferença entre Terra e Neutro?



Prof. Paula Brites

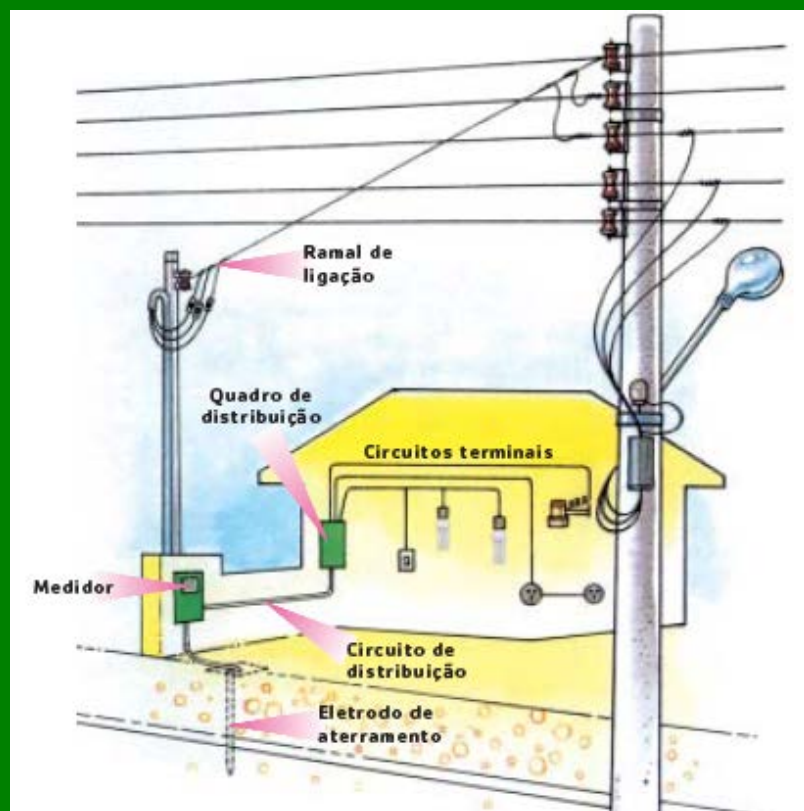
Esta é uma dúvida muito comum e precisa ser logo esclarecida.

NEUTRO: CONDUTOR FORNECIDO PELA CONCESSIONÁRIA (JUNTO COM A(S) FASE(S) PARA O RETORNO DA CORRENTE ELÉTRICA.

TERRA: HASTE METÁLICA LIGADA À TERRA NA ENTRADA E QUE **NÃO** DEVE APRESENTAR CORRENTE CIRCULANTE.

Portanto, **pelo NEUTRO há corrente** mas, **pelo TERRA não deve haver corrente.**

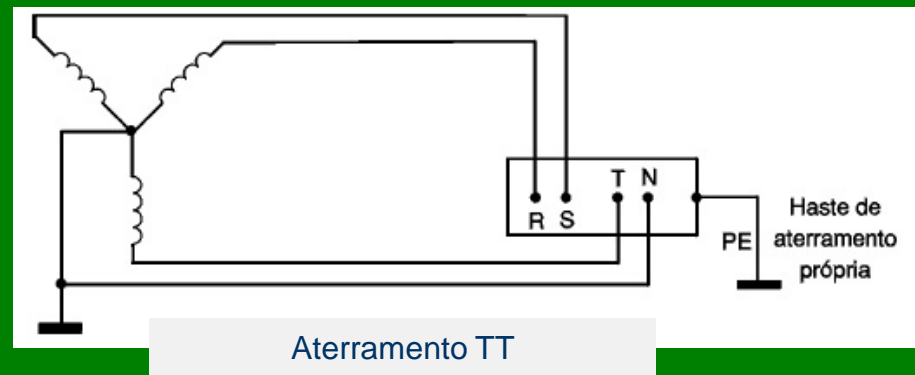
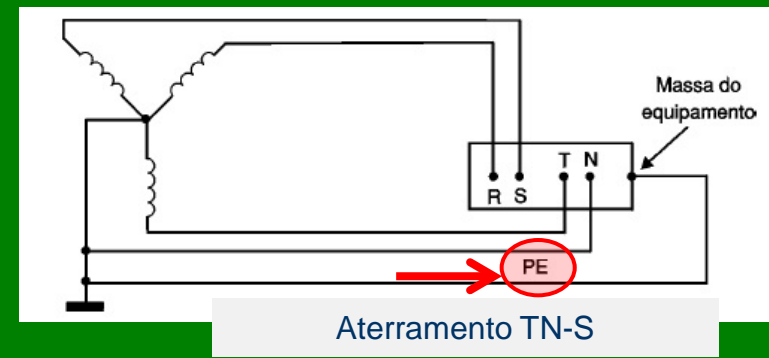
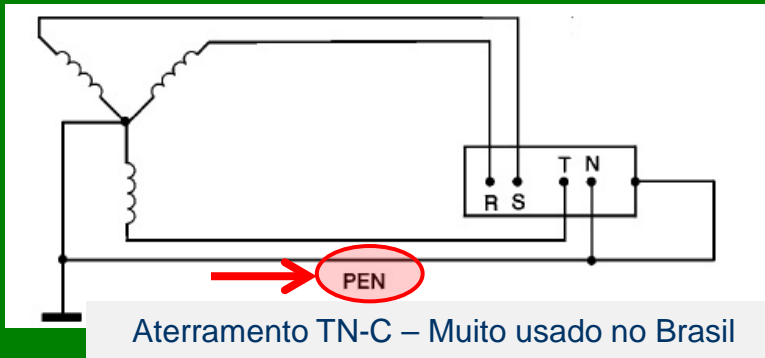
O condutor **TERRA** é chamado de condutor de proteção e designado por **PE (ou PEN)** depende do sistema de Terra utilizado.



Sistemas de aterramento (II)



Prof. Paula Brites



Como proceder com o "fio" Terra

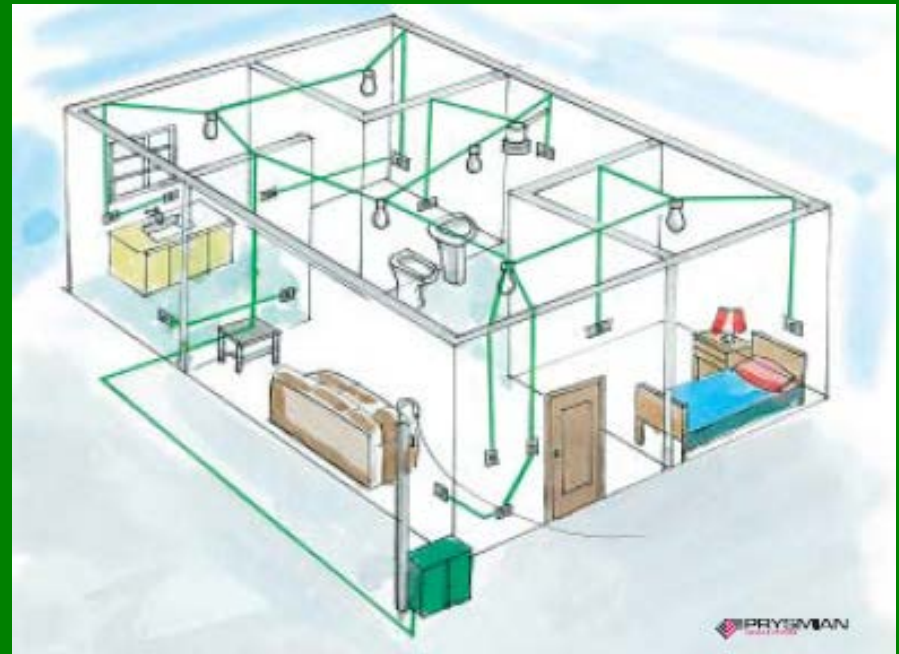
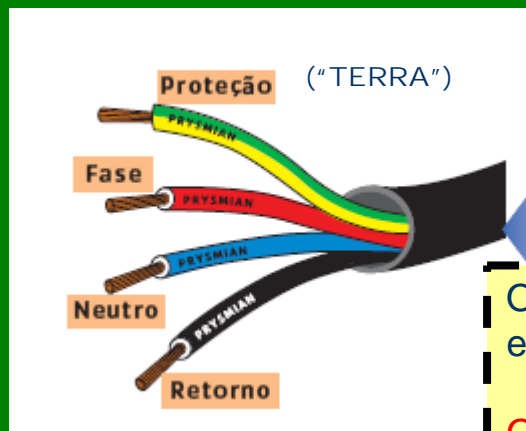


Prof. Paulo Brites

O Terra está para a eletricidade assim como o cinto de segurança esta para o automóvel.

Tudo funciona sem ele, mas ...

Por norma a **cor do fio Terra é obrigatoriamente verde ou verde e amarelo.**



Observe que o fio TERRA (PE) sai da haste de TERRA na entrada e vai a todos os pontos da Instalação.

O fio TERRA NÃO PODE ser ligado ao NEUTRO pelo caminho.

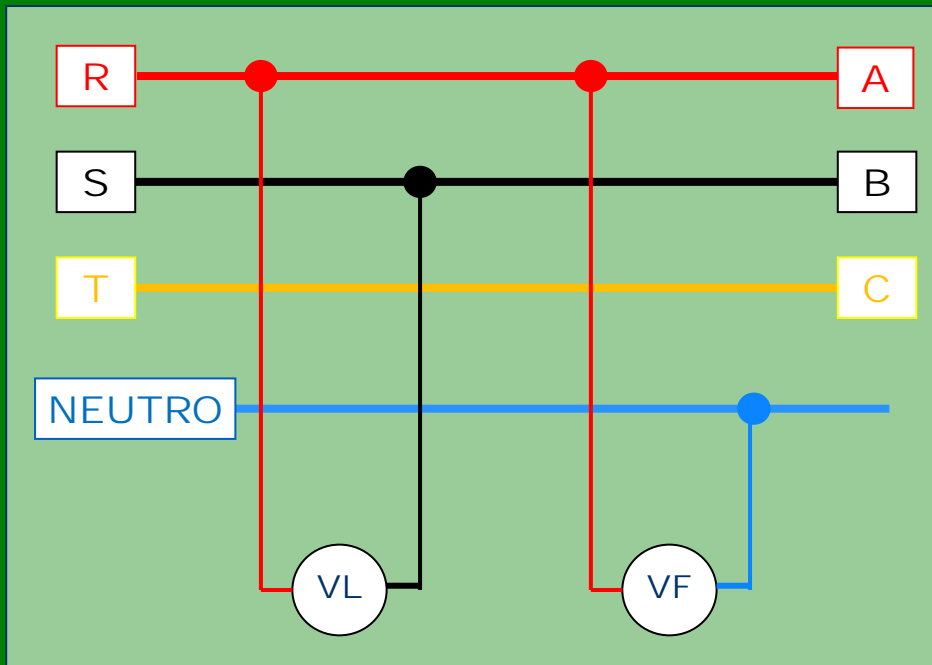
Tensão de Fase e Tensão de Linha Configuração em Estrela



Prof. Paula Brites

Consideremos uma rede trifásica de 220 V (pode ser também de 380 V) **em estrela** (em triângulo é diferente).

As três fases são designadas pelas letras R, S, T. ou A, B, C.



TENSÃO DE LINHA
São as tensões medidas entre as fases.

Temos: $V_{RS} - V_{RT} - V_{ST}$

$$V_{RS} = 220V \text{ ou } 380V$$

$$V_{RT} = 220V \text{ ou } 380V$$

$$V_{ST} = 220V \text{ ou } 380V$$

TENSÃO DE FASE
São as tensões medidas entre as fases e o NEUTRO.

Temos: $V_{RN} - V_{SN} - V_{TN}$

$$V_{RN} = 127V \text{ ou } 220V$$

$$V_{SN} = 127V \text{ ou } 380V$$

$$V_{TN} = 127V \text{ ou } 220V$$

127 ou 220? De onde vem

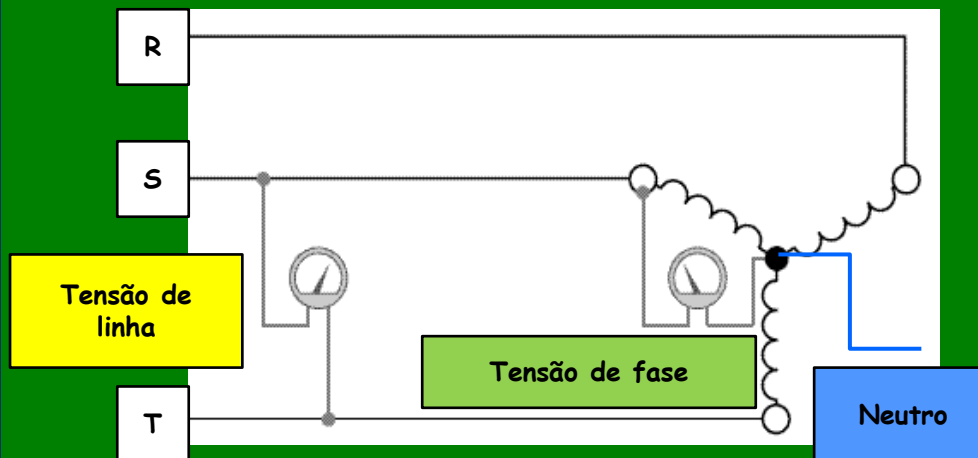


Prof. Paulo Brites

De onde vem o Neutro?

Se você observar o slide 32 verá que na distribuição primária não havia neutro. Ele surgiu na distribuição secundária depois do transformador.

A figura abaixo mostra a “magica” do neutro.



E o 127 e 220V?

Na rede trifásica as linhas estão defasadas de 120° e podem ser fornecidas, após o transformador em estrela, com 220V ou 380V (depende da concessionária da região).

Se for 220 V basta dividir este valor por 1,73 (raiz de 3) e chegamos aos 127V.

Mas, se for 380V e dividirmos por 1,73 teremos 220V

Muita gente pensa que os 380 surgem multiplicando 127 por 3. ISTO ESTÁ ERRADO.

Configuração Triângulo ou Delta



Prof. Paulo Brites

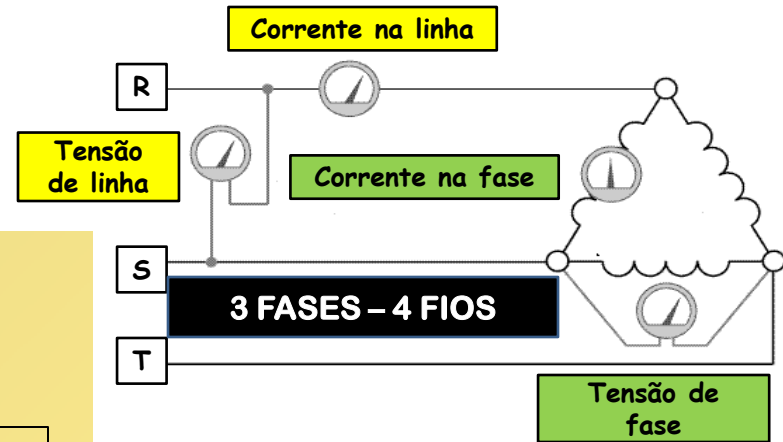
- Na ligação em triângulo ou delta não há fio neutro.

As tensões nos terminais 1-2, 2-3 e 3-1 são, simultaneamente, tensões de fase e tensões de linha (3 fases - 3 fios).

Tensão de Linha = Tensão de Fase

Corrente de Linha \neq Corrente de Fase

$$I_{\text{LINHA}} = 1,732 \times I_{\text{FASE}}$$



OBSERVAÇÃO IMPORTANTE

ESTAS RELAÇÕES. TANTO NA CONFIGURAÇÃO ESTRELA COMO TRIÂNGULO, SÓ SÃO VÁLIDAS SE AS CARGAS ESTIVEREM EQUILIBRADAS.

Características da configuração estrela



Prof. Paulo Brites

Vantagens do Neutro

O gerador trifásico em estrela pode enviar duas tensões diferentes para a carga:

Tensão de Linha ou Tensão de Fase

Correntes de Linha e de Fase

Quando uma carga é ligada na saída do gerador cada fase fornece uma corrente de linha

Corrente de Fase = Corrente de Linha

Corrente no fio Neutro

Carga equilibrada → Corrente no neutro = zero

Carga desequilibrada → corrente no neutro ≠ zero

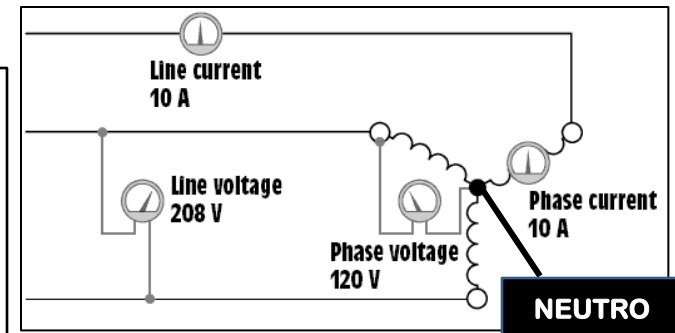
Tensão da Linha **diferente** da Tensão da Fase

Tensão da Linha = $1,732 \times$ Tensão da Fase

Exemplo:

Tensão da Fase = 127 V

Tensão da Linha = $1,732 \times 127 = 220$ V



Aula 4



Prof. Paula Brites

Nesta aula trataremos dos dispositivos de proteção

- ✓ *Disjuntores padrão NEMA e IEC.*
- ✓ *Disjuntores Termomagnéticos.*
- ✓ *Curvas dos disjuntores.*
- ✓ *Dispositivos DR - Diferencial Residual.*
- ✓ *Esquemas de aterramento.*
- ✓ *Dispositivos DPS - Proteção contra surtos.*

Dispositivos de Proteção



Prof. Paulo Brites

FUSÍVEIS (em desuso)

**Disjuntores
Termomagnéticos**

**Dispositivos
DR – Diferencial Residual**

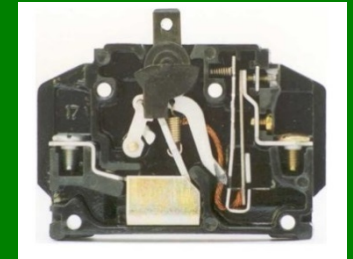
Norma NEMA
National Electrical
Manufactures Association

Norma IEC/DIN
**International Electrotechnical
Commission**

Interruptor DR

Disjuntor DR

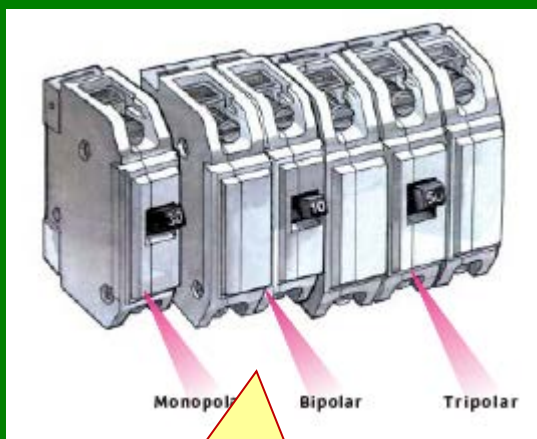
Módulo DR



Disjuntor Termomagnético



Prof. Paula Brites



- São fabricados de acordo com a norma NEMA (preto) ou IEC/DIN (branco).
- A norma NEMA está descontinuada e não serão mais fabricados.
- Os disjuntores termomagnéticos, NEMA ou DIN, SÓ DEVEM ser ligados aos condutores fases dos circuitos.
- Podem ser monopolar, bipolar ou tripolar.

NEMA - americano
(preto)

IEC/DIN - europeu
(branco)



Curvas dos disjuntores



Prof. Paula Brites

Para os mini disjuntores, qual a diferença entre as curvas B, C e D?

As curvas B, C e D são definidas para o disparo magnético do disjuntor. Cada curva determina a corrente que o disjuntor reconhece como um curto-circuito, tendo como referência a corrente nominal (I_n) do disjuntor.

Pela Norma ABNT NBR IEC 60898:

Curva B, disparo magnético entre 3 e 5 vezes o valor de I_n

Curva C, disparo magnético entre 5 e 10 vezes o valor de I_n

Curva D, disparo magnético entre 10 e 20 vezes o valor de I_n

Aplicações:

Curva B -> cargas resistivas e cabos longos

Curva C -> iluminação fluorescente, tomadas, aplicações gerais

Curva D -> motores, transformadores

Fonte: http://www.lorenzetti-eletric.com.br/perguntas-frequentes?field_tipo_pergunta_frequente_tid=302

Dispositivos DR



Prof. Paulo Brites

- DR significa **Diferencial Residual**.
- A **função do Disjuntor Termomagnético é proteger a rede elétrica** quanto a curtos-circuitos e/ou sobrecargas, mas **não protege pessoas**.
- A **função dos Dispositivos Diferencial Residual é proteger pessoas** contra choques elétricos provocados por contato direto ou indireto com sistemas energizados.

Dispositivos DR

Dispositivo DR ou Interruptor DR

Dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura dos próprios contatos quando ocorrer uma corrente de fuga à terra. O circuito protegido por este dispositivo necessita ainda de uma proteção contra sobrecarga e curto circuito que pode ser realizada por disjuntor ou fusível, devidamente coordenado com o Dispositivo DR.



Disjuntor DR

Dispositivo de seccionamento mecânico destinado a provocar a abertura dos próprios contatos quando ocorrer uma sobrecarga, curto circuito ou corrente de fuga à terra. Recomendado nos casos onde existe a limitação de espaço.



Módulos DR

Dispositivo destinado a ser associado a um disjuntor termomagnético adicionando a este a proteção diferencial residual, ou seja, esta associação permite a atuação do disjuntor quando ocorrer uma sobrecarga, curto circuito ou corrente de fuga à terra. Recomendado para instalações onde a corrente de curto circuito for elevada.



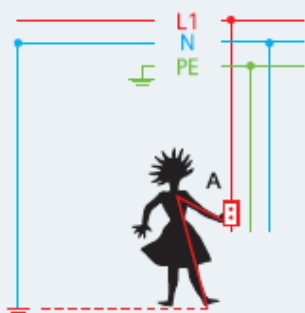
www.siemens.com.br/protecao

Dispositivos DR, Módulos DR, Disjuntores DR

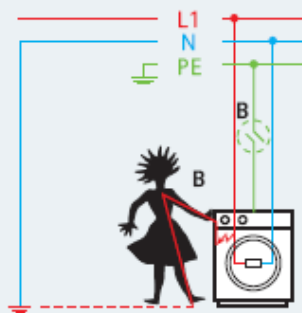


Prof. Paula Brites

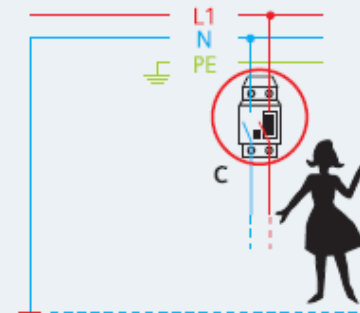
As correntes de fuga que provocam riscos às pessoas são causadas por duas circunstâncias:



1) Contato direto – falha de isolamento ou remoção das partes isolantes, com toque acidental da pessoa em parte energizada (fase / terra-PE).



2) Contato indireto – através do contato da pessoa com a parte metálica (carcaça do aparelho), que estará energizada por falha de isolamento, com interrupção ou inexistência do condutor de proteção (terra-PE).



O Dispositivo DR protege a pessoa dos efeitos das circunstâncias ao lado sendo que no caso do contato direto é a única forma de proteção.

A relevância dessa proteção faz com que a Norma Brasileira de Instalações Elétricas – ABNT NBR 5410 (uso obrigatório em todo território nacional conforme lei 8078/90, art. 39 - VIII, art. 12, art. 14), defina claramente a proteção de pessoas contra os perigos dos choques elétricos que podem ser fatais, por meio do uso do Dispositivo DR de alta sensibilidade ($\leq 30\text{mA}$).

www.siemens.com.br/protecao

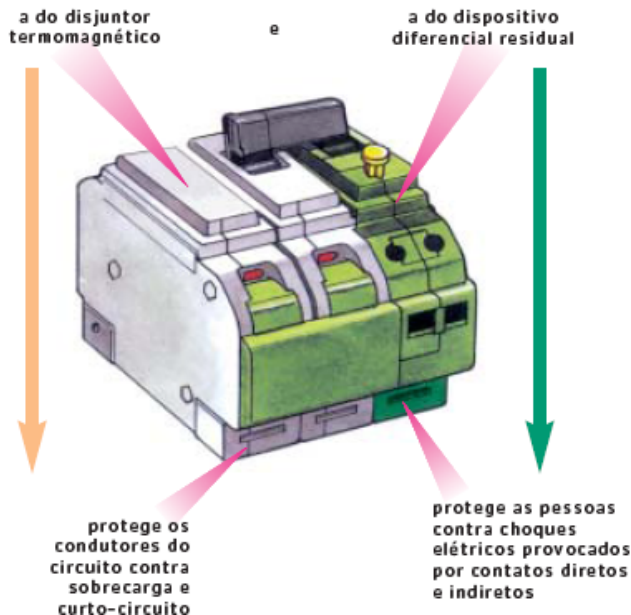
Disjuntor e Interruptor DR



Prof. Paula Brites

Disjuntor Diferencial Residual

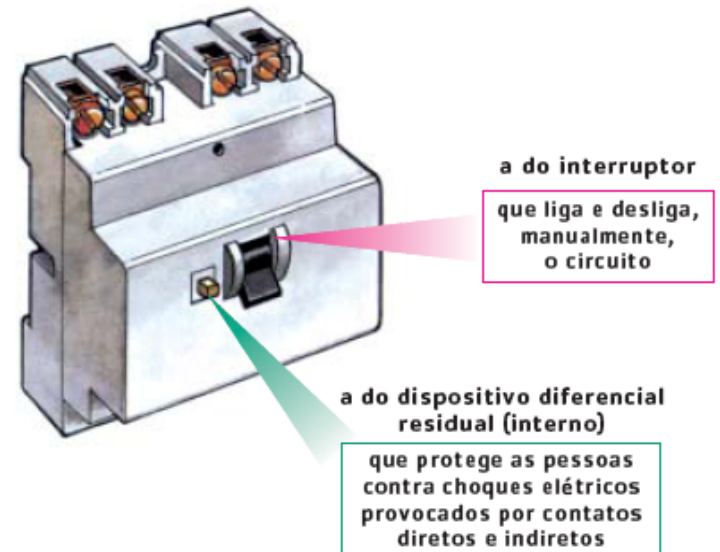
É um dispositivo constituído de um disjuntor termomagnético acoplado a um outro dispositivo: o diferencial residual. Sendo assim, ele conjuga as duas funções:



Interruptor Diferencial Residual

É um dispositivo composto de um interruptor acoplado a um outro dispositivo: o diferencial residual.

Sendo assim, ele conjuga duas funções:



Princípio de Funcionamento do DR



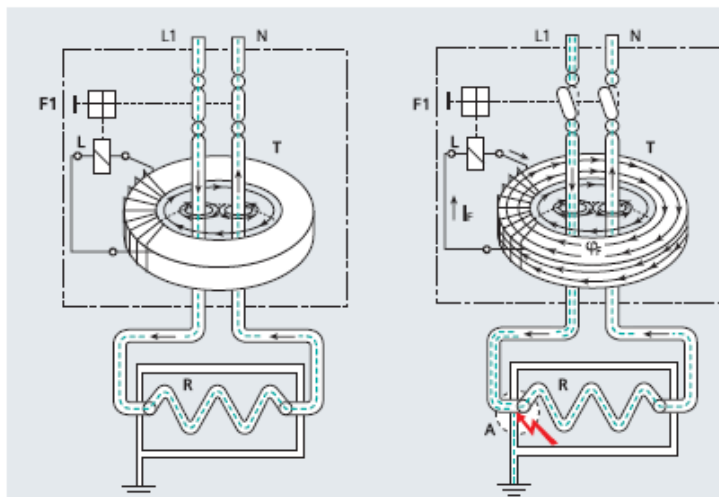
Prof. Paula Brites

Conceito de funcionamento

A somatória vetorial das correntes que passam pelos condutores ativos no núcleo toroidal é praticamente igual a zero (Lei de Kirchhoff). Existem correntes de fuga naturais não relevantes.

Quando houver uma falha à terra (corrente de fuga) a somatória será diferente de zero, o que irá induzir no secundário uma corrente residual que provocará, por eletromagnetismo, o disparo do Dispositivo DR (desliga-

mento do circuito), desde que a fuga atinja a zona de disparo do Dispositivo DR (conforme norma ABNT NBR NM 61008 o Dispositivo DR deve operar entre 50% e 100% da corrente nominal residual - $I_{\Delta n}$).



F1 – Dispositivo DR de proteção contra a correntes de fuga à terra

T – Transformador diferencial toroidal

L – Disparador eletromagnético

R – Carga

A – Fuga à terra por falha da isolamento

ϕ_f – Fluxo magnético da corrente residual

I_r – Corrente secundária residual induzida

Esquemas de Ligação



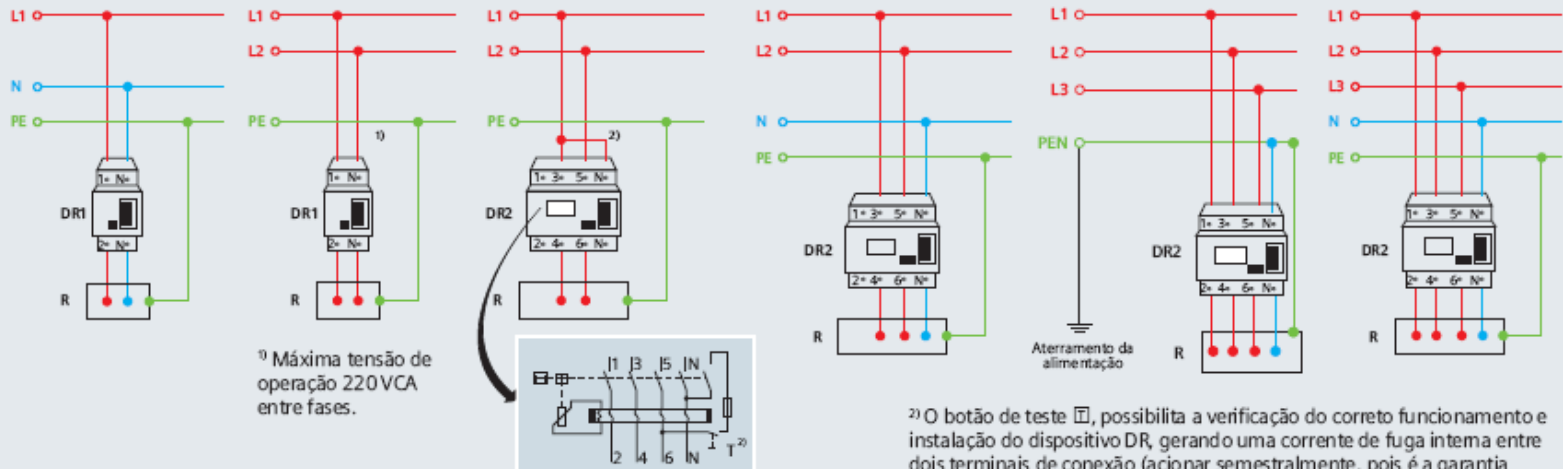
Prof. Paulo Brites

Os dispositivos DR existentes no mercado são bipolares ou tetra polares.

Os DISJUNTORES DR devem ser ligados a fase e ao neutro.


O INTERRUPTORES DR devem ser utilizados junto com Disjuntores termomagnéticos ou DR

O NEUTRO NÃO PODE SER ATERRADO APÓS O DR.



L1, L2, L3 – Condutores Fases
N – Condutor Neutro
PE – Condutor de proteção (terra)

DR1 – Dispositivo DR – bipolar
DR2 – Dispositivo DR – tetrapolar
R – Carga

2) O botão de teste , possibilita a verificação do correto funcionamento e instalação do dispositivo DR, gerando uma corrente de fuga interna entre dois terminais de conexão (acionar semestralmente, pois é a garantia de funcionamento do Dispositivo DR). Portanto, em redes bifásica ou trifásica (L1+L2+N ou L1+L2+L3 sem N), verifique o diagrama no frontal do dispositivo DR para proporcionar a correta energização dos terminais utilizados por este teste. No exemplo foi interligado o terminal de conexão 3 ao terminal de conexão N para permitir a operação do botão de teste.

Esquemas de aterramento



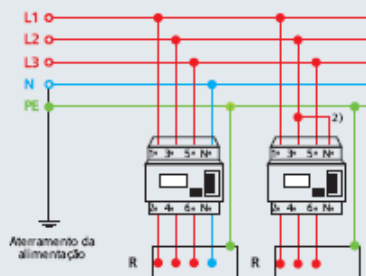
Prof. Paulo Brites

Esquemas de aterramento padronizado (norma ABNT NBR 5410 - item 4.2.2.2)

Seguem os esquemas de ligações mais utilizados.

Esquema TN-S

As funções do condutor Neutro (N) e do condutor de Proteção (PE) são distintos na rede.

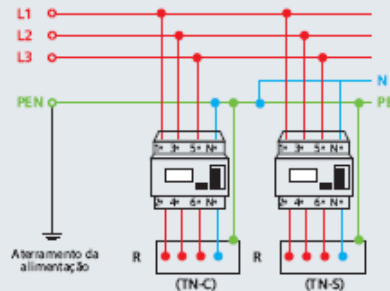


Notas:

- a) Em sistemas TN-C o dispositivo DR somente poderá ser instalado se o circuito protegido for transformado em TN-S, caracterizando-se um sistema TN-C-S.
- b) Para sistemas IT, consultar ABNT NBR 5410.

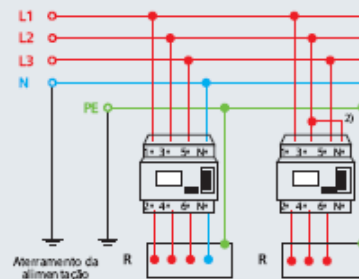
Esquema TN-C-S

Em parte do sistema as funções do condutor Neutro (N) e do condutor de Proteção (PE) são combinadas em um único condutor (PEN).



Esquema TT

O esquema TT possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a eletrodo(s) de aterramento eletricamente distinto(s) do eletrodo de aterramento da alimentação.



www.siemens.com.br/protecao

TN-S o neutro é aterrado logo na entrada e levado até a carga.

Outro condutor (verde ou verde e amarelo) identificado como **PE** é utilizado como fio terra.

TN-C embora normatizado, não é aconselhável, pois o fio terra e neutro são constituídos pelo mesmo condutor (PEN). Após o neutro ser aterrado na entrada, ele próprio é ligado ao neutro e a massa do equipamento.

TT – é o mais eficiente de todos o neutro é aterrado na entrada e segue como neutro (azul) até a carga, A massa do equipamento é aterrada em haste própria independente da haste de aterramento do neutro.

Alexandre Capelli

Dispositivos DPS

Proteção contra surtos



Prof. Paula Brites

AULA 5



Começando a praticar

Prof. Paula Brites

AULA 6



QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

Prof. Paula Brites

Quadro de Distribuição de Circuito (QDC)



Prof. Paulo Brites

QDC – Centro de Distribuição de toda a instalação elétrica de uma residência.

É ele que recebe todos os condutores que vêm do medidor

Do QDC devem partir os circuitos terminais que irão alimentar diretamente as lâmpadas e tomadas.

OBRIGATÓRIO – NBR 5410:2010
ITEM 6.5.4.10



ADVERTÊNCIA

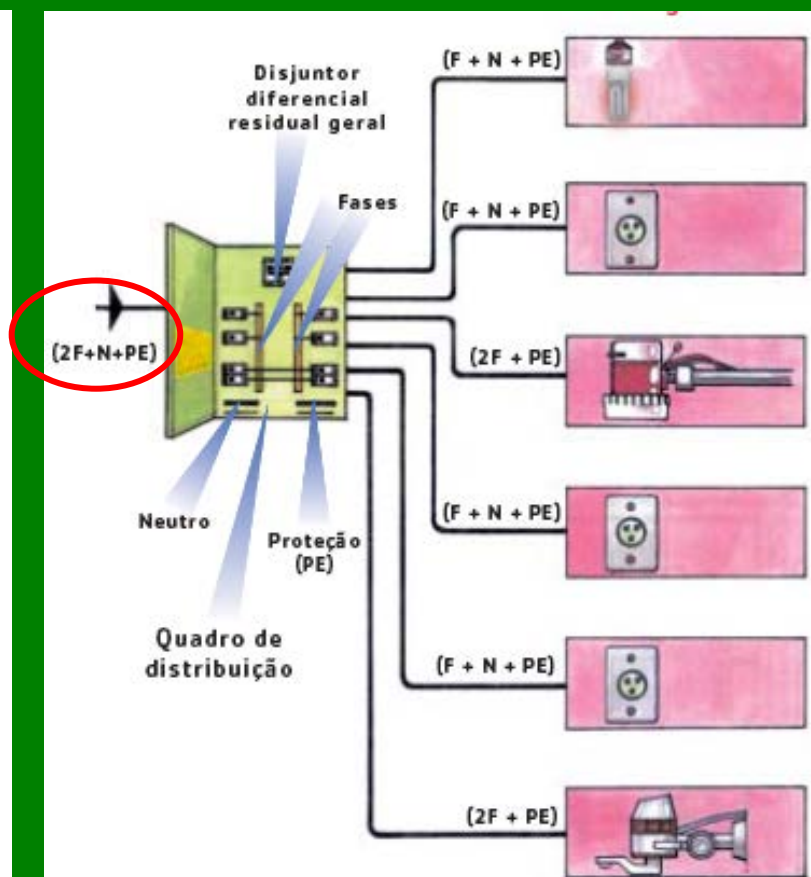
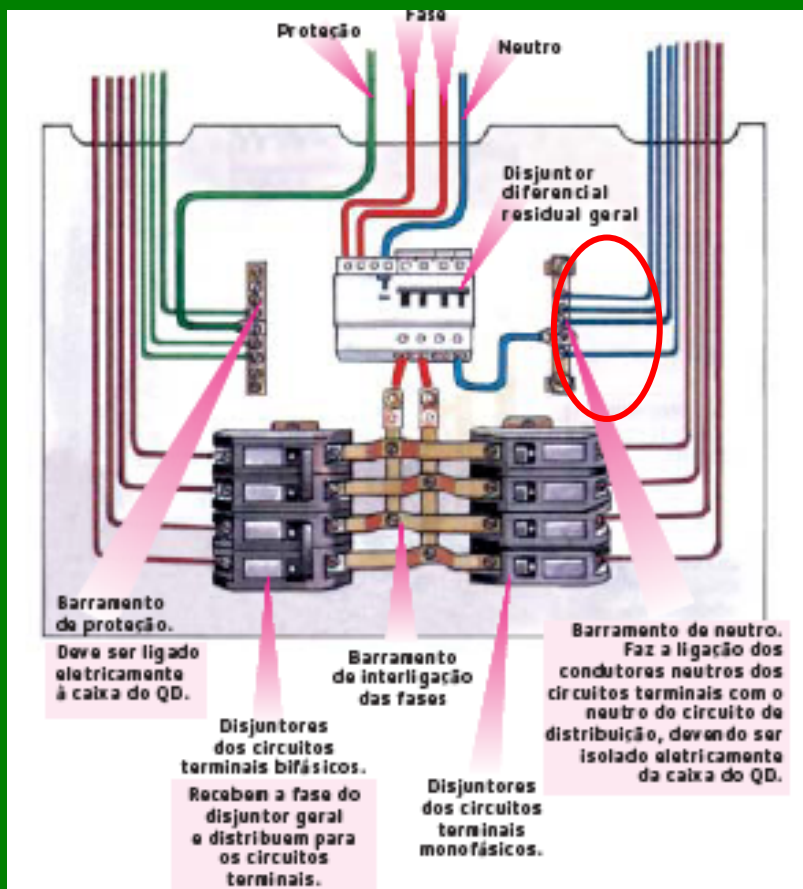
1 - Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos frequentes são sinal de sobrecarga. Por isso, **NUNCA** troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem), simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola).

2 - Da mesma forma, **NUNCA** desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem frequentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiverem êxito, isso significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. A **DESATIVAÇÃO OU REMOÇÃO DA CHAVE SIGNIFICA A ELIMINAÇÃO DE MEDIDA PROTETORA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E RISCO DE VIDA PARA OS USUÁRIOS DA INSTALAÇÃO.**

Exemplo de um QDC bifásico



Prof. Paulo Brites



Circuitos Terminais



Prof. Paula Brites

Em linhas gerais a distribuição da rede elétrica dentro da residência deve ser feita obedecendo os seguintes circuitos:

- Circuito de iluminação (F + N) Protegido por Disjuntor Termomagnético.
- Circuito de iluminação externa (F+ N) Protegido por Disjuntor DR.
- Ponto de tomada de uso geral (TUG) (F + N + T) Protegido por Disjuntor DR.
- Ponto de tomada de uso específico (TUE) (F + N + T) Protegido por Disjuntor DR.
- Ponto de tomada de uso específico (TUE) (F + F +T) Protegido por Disjuntor DR.

Simbologia (I)




Prof. Paulo Brites




100 - potência de iluminação
2 - número do circuito
a - comando


PONTO DE LUZ NA PAREDE

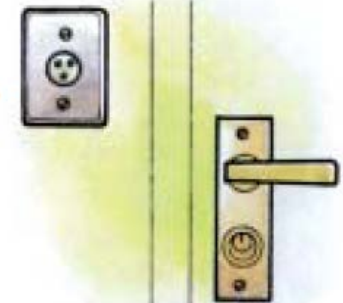



 **Ponto de tomada baixa monofásica com terra**




 **Ponto de tomada baixa bifásica com terra**

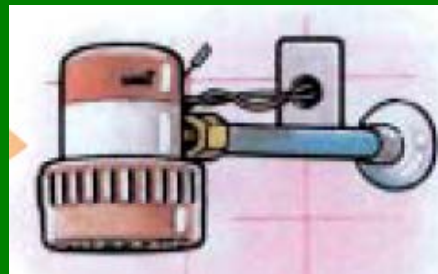
 **Ponto de tomada média monofásica com terra**



 **Ponto de tomada média bifásica com terra**

 **Caixa de saída alta monofásica com terra**

 **Caixa de saída alta bifásica com terra**



Embora exista uma padronização sugerida pela ABNT, ainda não há consenso e outras simbologias podem ser adotadas pelo projetista.

Neste curso utilizaremos esta sugerida no manual da Prysmian.

Simbologia (II)

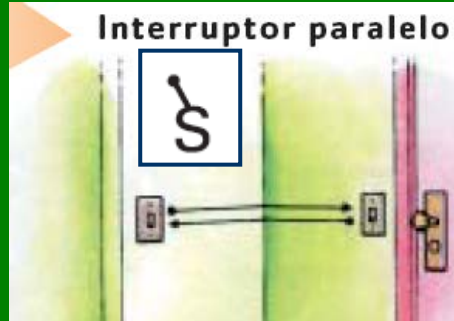


Prof. Paulo Brites

Interruptor simples



Interruptor paralelo



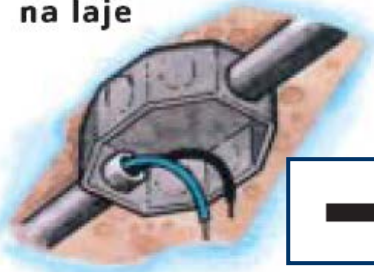
Campainha



Botão de campainha



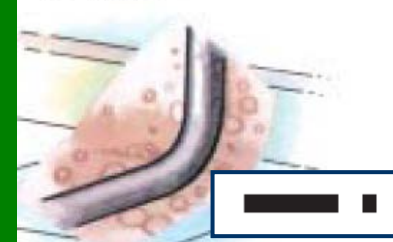
Eletroduto embutido na laje



Eletroduto embutido na parede



Eletroduto embutido no piso



Simbologia (III)



Prof. Paula Brites

Condutor fase



Condutor neutro
(necessariamente azul claro)



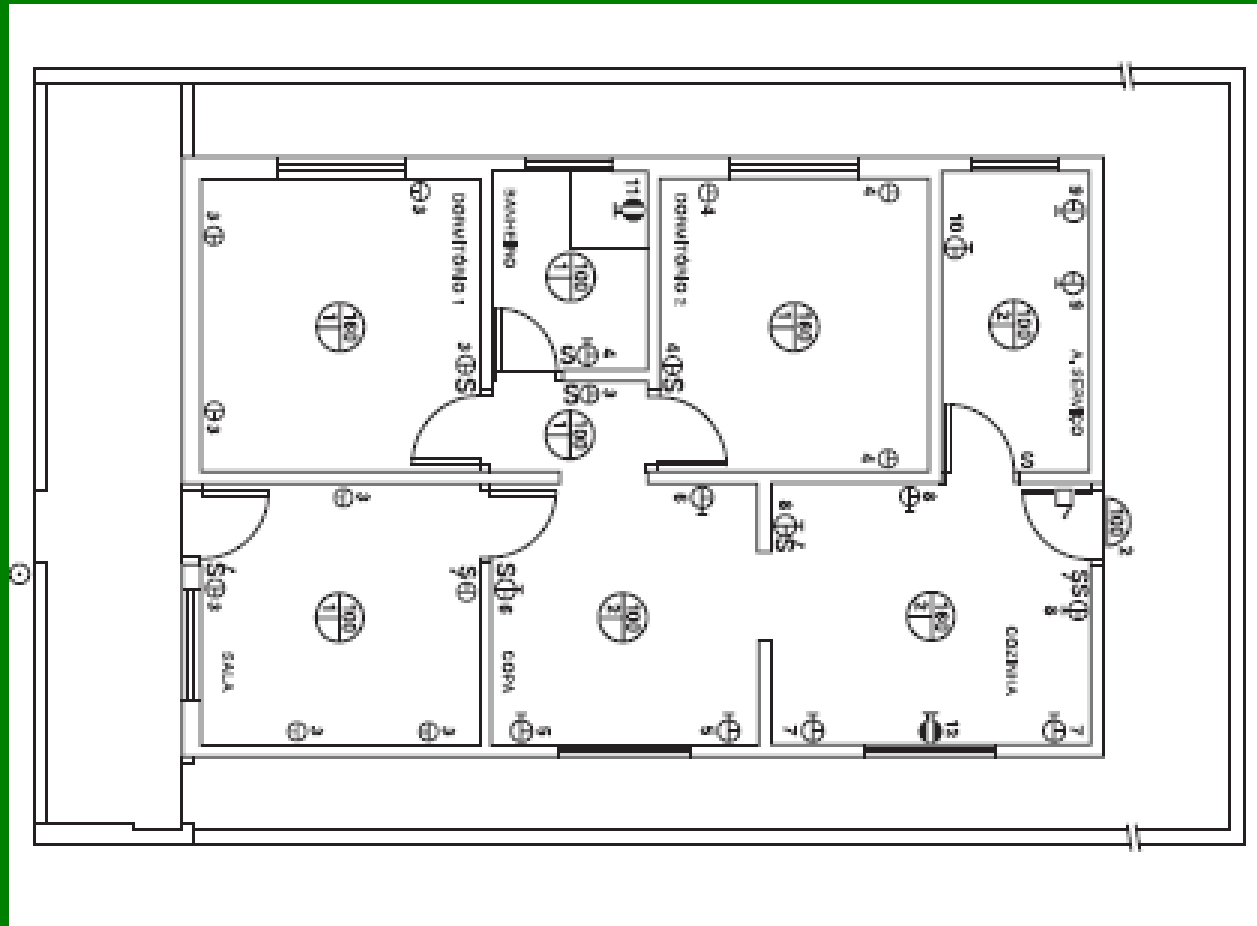
Condutor de retorno



Condutor de proteção
(condutor terra necessariamente verde ou verde-amarelo)



Começando a entender uma planta



Prof. Paulo Brites

Dimensionamento dos condutores



Prof. Paula Brites

Os condutores utilizados nas instalações residências de baixa tensão devem ser dimensionados levando em conta dois critérios.

Primeiramente escolhe-se a bitola do condutor pela **capacidade de condução de corrente**.

Depois de escolhido pelo critério anterior deve-se verificar se atende ao critério da **queda de tensão admissível**.

O condutor escolhido deverá o de maior bitola.

Você pode gostar de ler



Prof. Paulo Brites



Visite o site
www.paulobrites.com.br
e baixe uma cópia de avaliação