

versão preliminar

leituras de
física

GRAF

ELETROMAGNETISMO

para ler, fazer e pensar

7 a 13

- 7. Chuveiros elétricos
- 8. Lâmpadas e fusíveis
- 9. A potência nos aparelhos resistivos
- 10. O controle da corrente elétrica
- 11. Ligações elétricas na residência
- 12. Circuitos elétricos e sua representação
- 13. Exercícios

Leituras de Física é uma publicação do

GRAF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física Instituto de Física da USP

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DAS LEITURAS DE FÍSICA

Anna Cecília Copelli
Carlos Toscano
Dorival Rodrigues Teixeira
Isilda Sampaio Silva
Jairo Alves Pereira
João Martins
Luís Carlos de Menezes (coordenador)
Luís Paulo de Carvalho Piassi
Suely Baldin Pelaes
Wilton da Silva Dias
Yassuko Hosoume (coordenadora)

ILUSTRAÇÕES:

Fernando Chuí de Menezes
Mário Kano

GRAF - Instituto de Física da USP
rua do Matão, travessa R, 187
Edifício Principal, Ala 2, sala 305
05508-900 São Paulo - SP
fone: (011) 818-7011 fax:(011) 818-7057

financiamento e apoio:

Convênio USP/MEC-FNDE

Sub-programa de educação para as Ciências (CAPES-MEC)

FAPESP / MEC - Programa Pró-Ciência

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo - CENP

A reprodução deste material é permitida, desde que observadas as seguintes condições:

- 1. Esta página deve estar presente em todas as cópias impressas ou eletrônicas.**
- 2. Nenhuma alteração, exclusão ou acréscimo de qualquer espécie podem ser efetuados no material.**
- 3. As cópias impressas ou eletrônicas não podem ser utilizadas com fins comerciais de qualquer espécie.**

junho de 1998

7

Chuveiros elétricos

Agora você vai
ficar por dentro
de como são
construídos esses
aparelhos

Quando está quente, o chuveiro faz a água "ferver", quando está frio, a água não esquenta. O que é que tem esse chuveiro?



Observação do chuveiro

As informações contidas nas chapinhas geralmente se referem a grandezas físicas que indicam as condições de funcionamento desses aparelhos.

Vamos descobrir qual é a relação entre estas grandezas e os aparelhos elétricos presentes em nosso dia-a-dia.

Roteiro

Dados do fabricante:

Tensão

Potência

Qual a transformação de energia realizada pelo chuveiro? Onde ela é realizada?

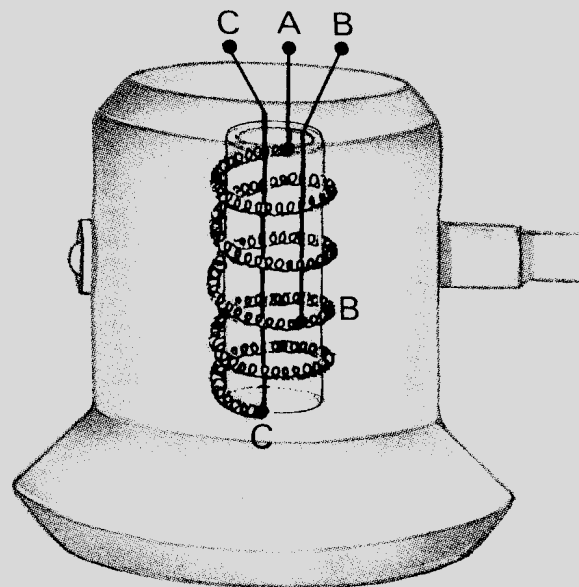
Quando a água esquentar menos?

Dá choque em algum lugar quando você toma banho?

Quantos pontos de contato elétrico existem no resistor?

Observe que o resistor é dividido em dois trechos. Quais são os pontos de contatos para a ligação verão? E para a posição inverno?

Por que o chuveiro não liga quando a água não tem muita pressão?



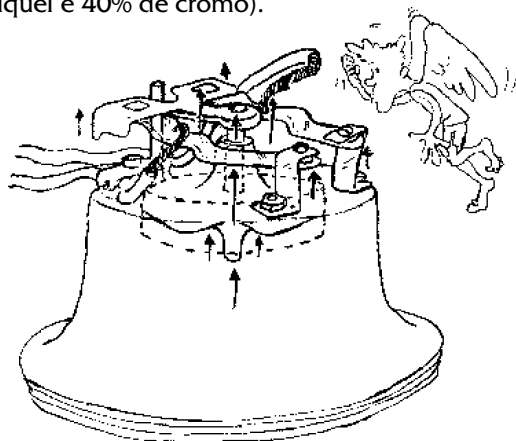
Quando fizemos a classificação dos aparelhos e componentes eletrônicos, o grupo dos resistivos, cuja função é produzir aquecimento, foi colocado em primeiro lugar. A razão desta escolha é que, normalmente, os resistivos são os aparelhos mais simples. Desse grupo vamos destacar chuveiros, lâmpadas incandescentes e fusíveis para serem observados e comparados.

A maioria dos chuveiros funciona sob tensão elétrica de 220V e com duas possibilidades de aquecimento: inverno e verão. Cada uma delas está associada a uma potência.

Na posição **verão**, o aquecimento da água é menor, e corresponde à **menor potência** do chuveiro. Na posição **inverno**, o aquecimento é maior, e corresponde à **maior potência**.

As ligações **inverno-verão** correspondem para uma mesma tensão, à diferentes potências. A espessura do fio enrolado - o resistor - comumente chamado de "resistência" é a mesma.

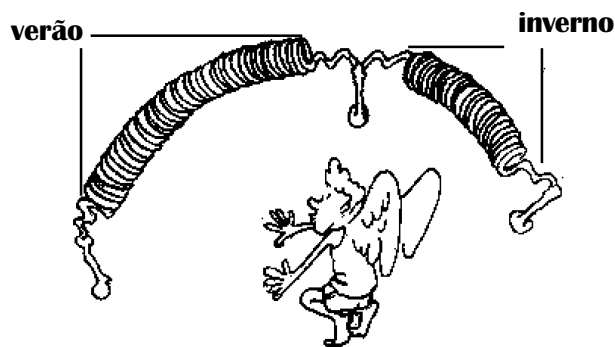
O circuito elétrico do chuveiro é fechado somente quando o registro de água é aberto. A pressão da água liga os contatos elétricos através de um diafragma. Assim, a corrente elétrica produz o aquecimento no resistor. Ele é feito de uma liga de níquel e cromo (em geral com 60% de níquel e 40% de cromo).



Observe que o resistor tem três pontos de contato, sendo que um deles permanece sempre ligado ao circuito.

As ligações **inverno-verão** são obtidas usando-se comprimentos diferentes do resistor.

Na ligação **verão** usa-se um pedaço maior deste mesmo fio, enquanto a ligação inverno é feita usando-se um pequeno trecho do fio, na posição verão é utilizado um trecho maior.



Alguns fabricantes usam para o verão todo o comprimento do resistor e um dos pedaços para o inverno.

Na ligação inverno, a corrente no resistor deverá ser maior do que na posição verão, permitindo assim que a potência e, portanto, o aquecimento, sejam maiores.

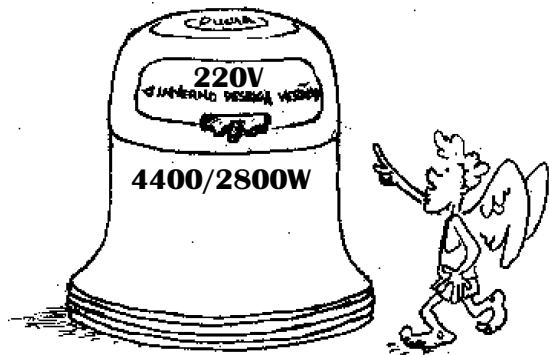
Quando a tensão, o material e a espessura são mantidas constantes, podemos fazer a seguinte relação, conforme a tabela a seguir.

	verão	inverno
aquecimento	menor	maior
potência	menor	maior
corrente	menor	maior
comprimento do resistor	maior	menor

exercitando

1. Leia o texto e observe a figura.

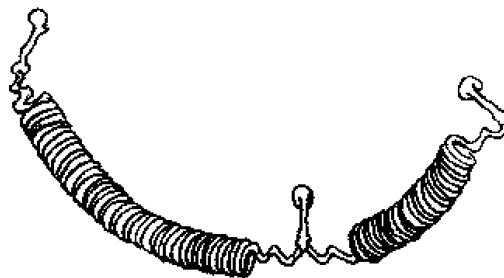
Os chuveiros elétricos têm uma chave para você regular a temperatura de aquecimento da água, de acordo com suas necessidades: na posição verão, o aquecimento é mais brando, e na posição inverno, o chuveiro funciona com toda sua potência. Mas, se for necessário, você poderá regular a temperatura da água, abrindo mais ou fechando o registro da água: quanto menos água, mais aumenta o aquecimento.



Responda as seguintes questões:

- Qual é a tensão do chuveiro?
- Qual é a potência que corresponde a posição verão?
- Em qual das duas posições o resistor tem maior comprimento?
- Em qual posição a corrente é maior?

- Em qual posição o comprimento do resistor é maior?
- O que acontece se ligarmos esse chuveiro na tensão 110V? Explique.
- Indique no esquema as ligações inverno e verão.



- De acordo com suas observações, você diria que o aumento no comprimento do filamento dificulta ou favorece a passagem de corrente elétrica? Explique.

2. Complete a tabela abaixo usando adequadamente as palavras menor e maior:

	verão	inverno
aquecimento		
potência		
corrente		
comprimento do resistor		

8

Lâmpadas e fusíveis

Aqui você vai ficar por dentro de como se obtém diferentes brilhos sem mudar a tensão e para que servem os fusíveis

**Lâmpada de 100, de 60, de 25,...
Afinal o que é que as lâmpadas têm
para se diferenciarem
umas das outras?**



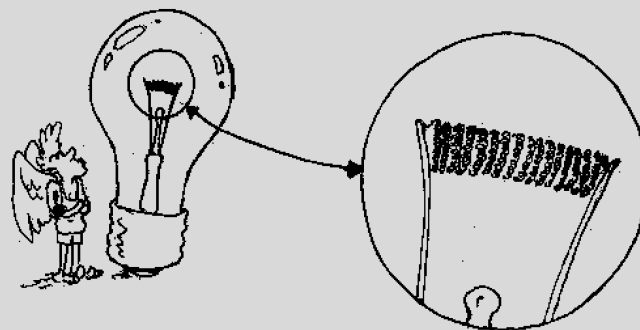
Observação de lâmpadas

Vamos comparar um conjunto de lâmpadas e analisar como os fabricantes conseguem obter diferentes potências, sem variar a tensão.

Os filamentos mais usados são os de formato em dupla espiral, que permitem a redução de suas dimensões e, ao mesmo tempo, aumenta sua eficiência luminosa. Eles são feitos de tungstênio.

roteiro

1. Qual delas brilha mais?
2. Qual a relação entre a potência e o brilho?
3. Em qual delas o filamento é mais fino?
4. Qual a relação existente entre a espessura do filamento e a potência?
5. Em qual lâmpada a corrente no filamento é maior?
6. Qual a relação existente entre a corrente e a espessura?



As lâmpadas elétricas se dividem em dois tipos básicos: **INCANDESCENTES** e de **DESCARGA** usualmente chamadas de fluorescentes.

As lâmpadas **incandescentes** produzem luz por meio do aquecimento de um filamento de tungstênio, enquanto que nas lâmpadas de descarga a luz é emitida graças à excitação de gases ou vapores metálicos dentro de um tubo. Por isso, as lâmpadas fluorescentes são conhecidas como lâmpadas frias.

Nesse momento vamos tratar, apenas, das lâmpadas quentes; as incandescentes.

Essas lâmpadas de filamento são classificadas no grupo dos resistivos, pois, embora sejam utilizadas para iluminar, uma fração muito pequena da energia é luz (~ 5%), o restante, 95% produz aquecimento.

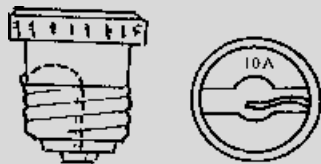
O princípio de funcionamento da lâmpada incandescente baseia-se na corrente elétrica que aquece um filamento de tungstênio. As lâmpadas são fabricadas a vácuo para evitar a oxidação dos filamentos: o ar é retirado no processo de fabricação e é injetado um gás inerte, em geral, o argônio.

Para obter diferentes luminosidades, o fabricante altera, geralmente, a espessura do filamento: quanto maior a espessura maior a corrente e, portanto, maior a luminosidade.

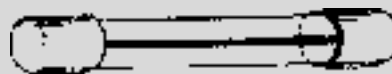
Observação dos fusíveis

Os fusíveis são elementos essenciais dos circuitos elétricos pois sua função é proteger a instalação. Existem vários tipos de fusíveis e o mais comum é o de rosca, conforme ilustra a figura a seguir. Nestes, o material utilizado é uma liga contendo estanho. Outros tipos de fusíveis são os de cartucho, geralmente utilizados em aparelhos de som, dentre outros.

fusível de rosca



fusível de cartucho



roteiro

Nesta atividade vamos comparar um conjunto de diferentes fusíveis de rosca.

1. Identifique num fusível de rosca seus elementos essenciais: pontos de contato elétrico, filamento e outros materiais que o constituem.
2. Em qual deles a espessura é maior?
3. Qual a relação existente entre a espessura e a corrente indicada pelo fabricante?
4. De que maneira os fusíveis conseguem proteger o circuito elétrico de uma residência?

Os fusíveis se encontram normalmente em dois lugares nas instalações elétricas de uma residência: no quadro de distribuição e junto do relógio medidor. Além disso eles estão presentes no circuito elétrico dos aparelhos eletrônicos, no circuito elétrico do carro, etc.

Quando há um excesso de aparelhos ligados num mesmo circuito elétrico, a corrente elétrica é elevada e provoca aquecimento nos fios da instalação elétrica. Como o fusível faz parte do circuito essa corrente elevada também o aquece. Se a corrente for maior do que aquela que vem especificada no fusível: 10A, 20A, 30A, etc, o seu filamento se funde (derrete) antes que os fios da instalação sejam danificados

O controle da corrente elétrica é feito através da espessura do filamento.

Por isso é que os fusíveis devem ser feitos de um material de **baixo ponto de fusão** para proteger a instalação.

Quando ocorre a fusão, o circuito fica aberto, interrompendo a passagem da corrente e os aparelhos deixam de funcionar. Quanto maior for a corrente especificada pelo fabricante, maior a espessura do filamento. Assim, se a espessura do filamento do fusível suporta no máximo uma corrente de 10A e por um motivo qualquer a corrente exceder esse valor, a temperatura atingida pelo filamento será suficiente para derrete-lo, e desta forma a corrente é interrompida.

exercitando...

1. Preencha o quadro a seguir, utilizando setas na vertical, cujo sentido indica o valor crescente da grandeza indicada.

lâmpada	brilho	potência	espessura	corrente
25W				
60W				
100W				

2. O que acontecerá se ligarmos uma lâmpada com as inscrições (60W-110V) na tensão 220V? Por que?

3. Por meio de qual processo se obtém luz numa lâmpada de filamento?

4. Preencha a tabela abaixo, utilizando setas na vertical, cujo sentido indica o valor crescente da grandeza indicada, ou o sinal de igual.

fusíveis	comprimento	espessura	corrente
10A			
20A			
30A			

5. Numa instalação elétrica residencial ocorre frequentemente a queima do fusível de 15A. Para resolver o problema, um vizinho sugere que se troque por um outro de 30A. Esse procedimento é correto? Justifique, levando em conta a sua função no circuito.

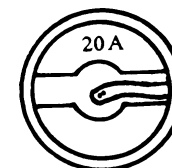
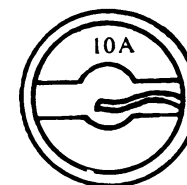
Rapidinhas

a) Qual a função do fusível na instalação residencial?

b) O que significa a informação 10A no fusível da figura?

c) Há diferença no fio de fusível de 20A em relação ao da figura? Qual? Por que?

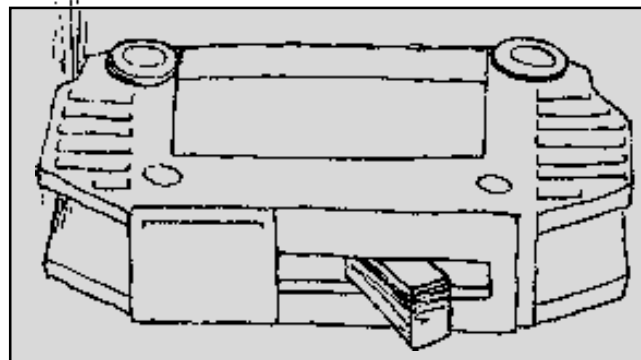
fusível visto de cima



saiba que...

Os disjuntores também têm a mesma função dos fusíveis, proteger a instalação elétrica.

Ao contrário dos fusíveis, os disjuntores não são danificados quando a corrente no circuito é maior que a permitida, eles apenas interrompem a corrente abrindo o circuito, de forma que, depois de resolvido o problema, o dispositivo pode voltar a funcionar novamente.

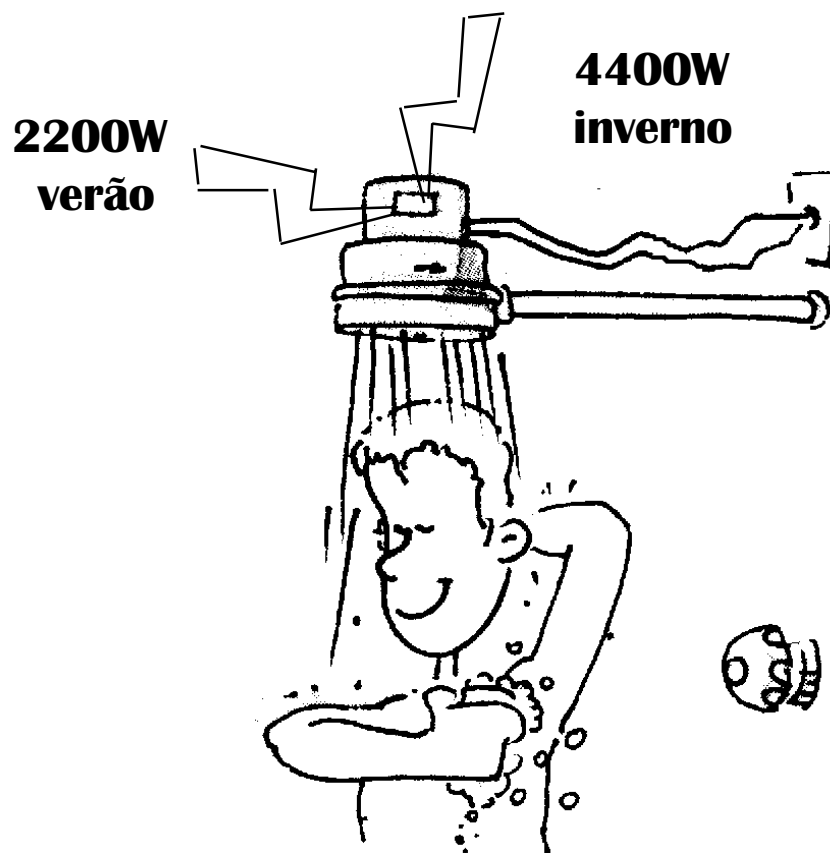


9

A potência nos aparelhos resistivos

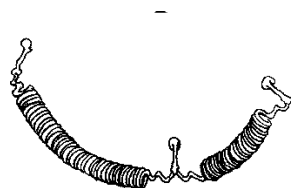
Aqui você vai aprender em que condições os aparelhos apresentam a potência indicada pelo fabricante.

Tomar banho é uma das boas e desejáveis coisas a fazer após um dia de trabalho, ou de um jogo na quadra da escola. Mas se o chuveiro é daqueles que quando o tempo está frio ele esquenta pouco e nos dias quentes ele ferve, o banho pode tornar-se um martírio. Como é que se obtém o aquecimento desejado nesses aparelhos?



Para entrar em funcionamento, um aparelho elétrico tem que estar conectado a um circuito elétrico fechado que inclui além dele uma fonte de energia elétrica. No caso do circuito elétrico das nossas casas, ele é formado de fios de cobre cobertos por uma capa de plástico e a fonte é a usina.

Os aparelhos resistivos são formados de apenas um fio metálico enrolado que é chamado de *resistor*.



Os fios de cobre da instalação da casa são ligados às suas extremidades e, assim o circuito é fechado. Quando o aparelho entra em funcionamento, a corrente elétrica no circuito faz com que o aquecimento fique mais concentrado no resistor. Por exemplo, nas lâmpadas, esse aquecimento é super e o filamento atinge temperaturas acima de 2000°C. Já nos chuveiros e torneiras elétricas, a temperatura atingida é menor, até porque ele está em contato com a água. A mesma coisa acontece nos aquecedores que são utilizados nos dias frios onde o resistor adquire a cor vermelha. Sua temperatura está entre 650°C e 1000°C, dependendo da intensidade da cor.

O aquecimento que é obtido com tais aparelhos é um efeito da corrente elétrica que existe no seu circuito. Esse efeito térmico da corrente elétrica, que tem o nome de **efeito Joule**, é inseparável da sua causa, isto é, **onde houver corrente, há aquecimento**.

Para um certo aparelho, a tensão é sempre a mesma durante o seu funcionamento. O chuveiro é um exemplo disso. Mas mesmo assim, pode-se obter diferentes potências (verão e inverno) sem variarmos a tensão. Isso só vai acontecer se a corrente no resistor for também diferente, já que a tensão da fonte é sempre a mesma. Para visualizar, podemos escrever uma tabela:

Potência corrente tensão

Potência corrente tensão

Potência corrente tensão

A relação entre a potência, a corrente e a tensão pode ser expressa pela fórmula:

Potência = corrente x tensão

ou

$$P = i \cdot U$$



O controle do aquecimento nas lâmpadas, chuveiros e outros aparelhos resistivos é realizado através do valor da corrente elétrica que existe no resistor. Assim,

MAIOR AQUECIMENTO MAIOR POTÊNCIA MAIOR CORRENTE

Para que se possa obter esses diferentes graus de aquecimento é preciso controlar o valor da corrente elétrica no resistor.

Ao dificultar muito, mais ou menos ou pouco, a passagem da corrente no resistor, controla-se o valor da corrente.

Assim, utiliza-se o conceito de resistência elétrica de um resistor para medir a dificuldade que ele opõe à passagem de corrente.

resistência elétrica **X** corrente elétrica
grande **pequena**

Os resistores não são feitos de cobre, que é o material das instalações. Nas lâmpadas, por exemplo, o material utilizado é o tungstênio.

Além disso, a espessura do filamento é alterada e, assim, obtêm-se valores diferentes de corrente e, conseqüentemente, de potência sem que seja necessário mudar o valor da tensão.

Já no chuveiro, o material utilizado é uma mistura de níquel e cromo e o aquecimento maior no inverno é obtido usando apenas um pedaço menor do seu filamento.

resumindo ...

Para se obter diferentes graduações no aquecimento de um certo tipo de aparelho resistivo, o fabricante ou muda a espessura e/ou muda o comprimento do resistor.

exercitando...

Rompendo a barreira da escuridão

parte 1

Como diz o grande sábio que mora aqui no bairro “depois de um tropeço, vem a seguir uma escorregada”. Pois, não foi, estava eu com a cozinha na mais completa escuridão quando não tive outra saída e fui até o mercadinho para comprar uma lâmpada.

Na urgência em que me encontrava, peguei a lâmpada e fui logo substituindo pela queimada. Ao ligar percebi que a luz que ela produzia era tão fraquinha que parecia de uma vela.

Minha primeira reação foi de culpar o mercadinho, mas logo me dei conta que fui eu mesmo quem pegou a lâmpada.

Verificando a potência da lâmpada observei o valor de 60 W, a mesma da lâmpada queimada, mas a sua tensão era de 220 volts e não 110V.

Você pode me explicar por que o brilho não foi o esperado?

parte 2

Voltando ao mercadinho verifiquei que todas as lâmpadas postas à venda eram de tensão 220V, mas as potências iam de 25W até 250W. Que sugestão você me daria para que fosse possível, emergencialmente, aumentar a luminosidade da minha cozinha? Explique sua sugestão.

Efeito bumerangue

Preocupada com o aumento da conta de luz que subia a cada mês, a mãe, que era a chefe daquela família, resolveu agir, depois de todos os apelos para que seus ‘anjinhos’ ficassem mais ‘espertos’ na hora do banho.

Ela retirou o chuveiro novo que havia comprado e que tinha a potência de 5600W / 2800W - 220V e recolocou o antigo que tinha potência 3300W/2200W-220V.

Houve mudança no aquecimento da água?

Calcule o valor da corrente em cada caso e verifique se isso está de acordo com sua resposta anterior.

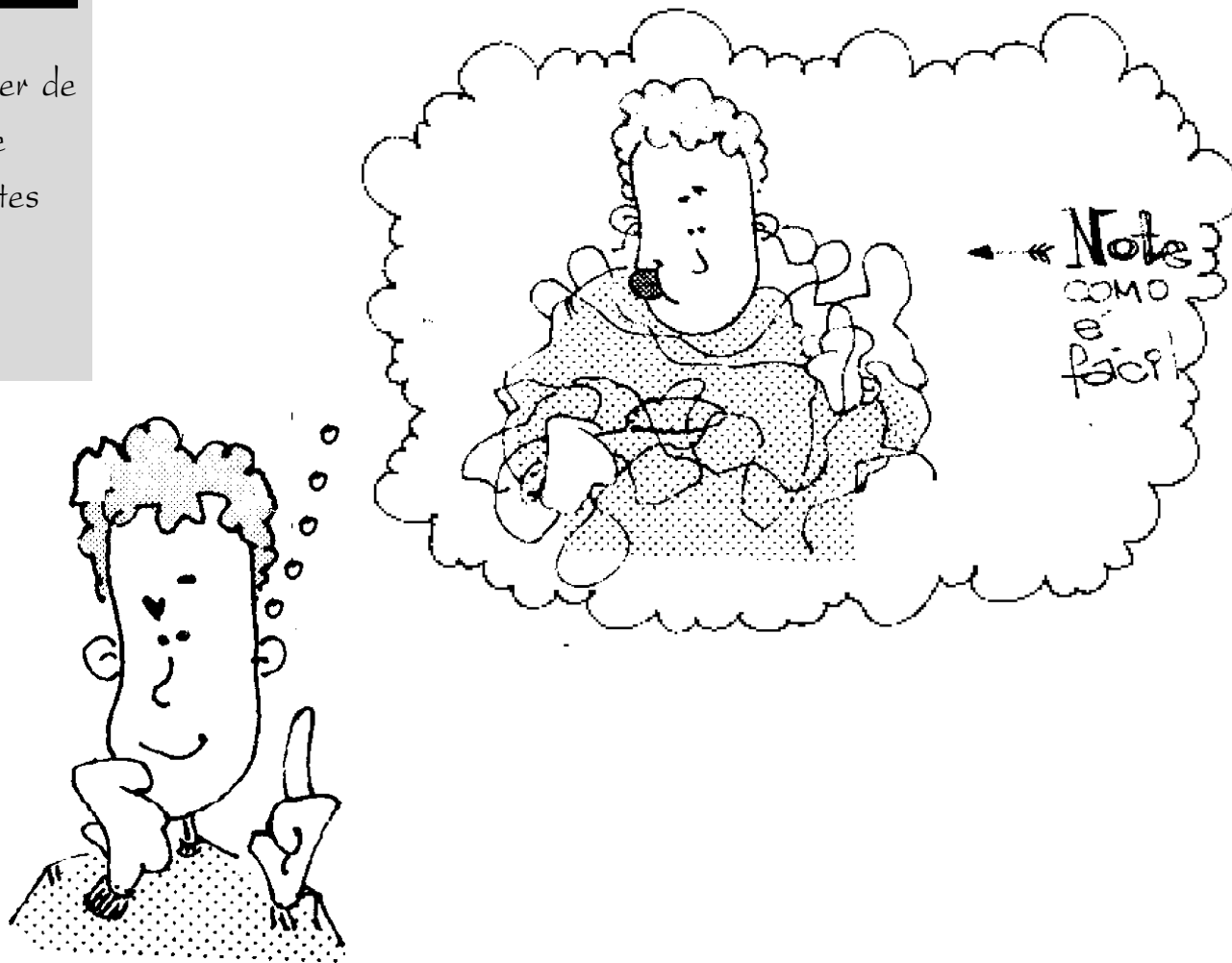
Se isso acontecesse com você, que outra providência tomaria?

10

O controle da
corrente elétrica

Agora você vai saber de
que maneira se
consegue diferentes
aquecimentos

Verão - inverno no chuveiro; 40W, 60W, 100W nas lâmpadas. Através da potência, obtém-se diferentes aquecimentos. Como o fabricante consegue fazer isso?



Resistência elétrica

A escolha adequada do material a ser usado como resistor leva em conta a temperatura que ele deverá atingir, lembre-se de que ele não pode derreter, e também a sua capacidade de resistir à corrente elétrica. Essa capacidade é diferente para cada tipo de material e, por isso, ela é denominada de **resistência específica**. O valor da resistência específica do material vai dizer se ele é bom condutor ou não: quanto maior for esse valor, maior será a resistência que ele oferece à corrente:

resistência específica ALTA	mau condutor elétrico
resistência específica baixa	bom condutor elétrico

A tabela a seguir ilustra os valores de alguns materiais:

uso	materiais	resistência específica*
instalação residencial	cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$
antena	alumínio	$2,8 \cdot 10^{-8}$
lâmpada	tungstênio	$5,6 \cdot 10^{-8}$
chuveiros	níquel-cromo	$1,1 \cdot 10^{-6}$
capas de fios	borracha	10^{13} a 10^{16}
suporte de fios em postes	madeira	10^8 a 10^{14}
apoio de fios em postes	vidro	10^{10} a 10^{14}

*materiais a 20°C, medido em volt x metro/ampère

É através do controle da corrente que se pode graduar o aquecimento produzido pelos aparelhos resistivos. Escolhendo um material para ser o resistor, uma espessura e um comprimento adequados, a resistência elétrica do resistor fica determinada e assim o valor da corrente elétrica pode ser controlado.

Existe uma fórmula que permite o cálculo da resistência elétrica. Adotando-se:

R para a resistência elétrica do resistor;

ρ (lê-se rô) para resistência específica do material;

l para o comprimento do resistor;

A para a área de sua espessura;

podemos escrever que:

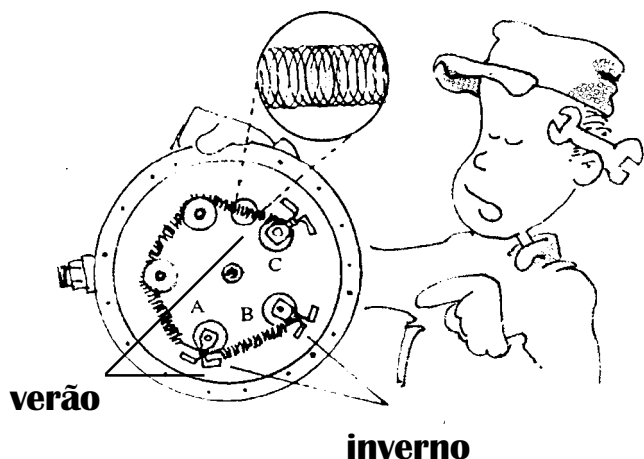


$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Nesta expressão matemática podemos obter um valor numérico para a resistência elétrica do resistor dos aparelhos resistivos como o filamento da lâmpada, do chuveiro, dos aquecedores, os fios de ligação, etc.

Note que esta expressão está de acordo com a forma como as lâmpadas são construídas, pois, quanto maior for a espessura do filamento, maior será a sua área e menor será a resistência elétrica (lembre-se que ela aparece no denominador da fórmula).

Consequentemente, maior será a corrente e a potência. O mesmo se pode dizer para os chuveiros: como o comprimento aparece no numerador da fórmula, quanto maior ele for, maior será a resistência elétrica e, portanto, menor será a corrente e a potência. Isso corresponde à posição verão.



Atenção

Esta expressão permite o cálculo da resistência elétrica de um resistor na temperatura em que a resistência específica foi obtida o seu valor. Isso quer dizer que se tivermos o comprimento e a área da espessura do resistor do chuveiro e conhecermos o material utilizado, podemos calcular a sua resistência elétrica. O valor encontrado, entretanto, pode não ser aquele que o resistor do chuveiro vai ter ao funcionar.

desligado > ligado

A temperatura do resistor muda bastante quando por ele está passando corrente elétrica e, consequentemente, o valor de sua resistência elétrica também se altera: ele aumenta muito. Isso acontece porque o valor da resistência específica depende da temperatura.

O filamento de uma lâmpada de 40W-110V, por exemplo, tem resistência elétrica de aproximadamente 30 unidades quando está desligada. Acesa, a temperatura do filamento chega a 2200°C e o valor de sua resistência passa a ter o valor de aproximadamente, 302,5 unidades.

Existe uma fórmula que permite o cálculo da resistência de um resistor em funcionamento:

$$\text{Resistência elétrica} = \frac{\text{tensão elétrica}}{\text{corrente elétrica}}$$

ou seja:



$$R = U/i$$



Unidade:

Quando a tensão é medida em volt e a corrente em ampère, a resistência é medida em volt/ampère (V/A).

exercitando ...

Planos (nada) econômicos

parte 1

Numa certa escola, já há algum tempo, os alunos reivindicavam um chuveiro para tomar banho quente depois dos jogos de campeonatos que se realizavam aos sábados à tarde. Com a verba curta e os preços nada atrativos, foi providenciado um chuveiro 'baratinho', que depois de instalado, mal dava para perceber que estava funcionando, pois a água praticamente não esquentava. Proponha duas maneiras diferentes de solucionar esse problema excluindo a possibilidade de trocar o chuveiro.

parte 2

Na organização da entrega dos diplomas no teatro da escola, a diretora verificou que era preciso fazer a ligação de uma tomada para a aparelhagem de som. Encarregou o vigia para providenciar o material necessário mas recomendou: "não gaste muito, que a verba está no fim". Na loja de materiais elétricos, o vendedor coloca o vigia diante de um dilema: comprar os 10 m de fios necessários de qual espessura: mais fino e mais barato ou o outro um pouco mais grosso e mais caro? Ajude o vigia a não entrar numa fria e não deixe que ele coloque em risco a formatura dos alunos. Leve em conta que a potência do aparelho de som é 350W-110V.

Teste seu vestibular

1) Qual dos eletrodomésticos abaixo tem seu funcionamento baseado no efeito Joule:

- a. Geladeira b. Batedeira c. Torradeira
- d. Liquidificador e. Espremedor de laranjas

2) No caso de um chuveiro ligado à rede de distribuição de energia elétrica:

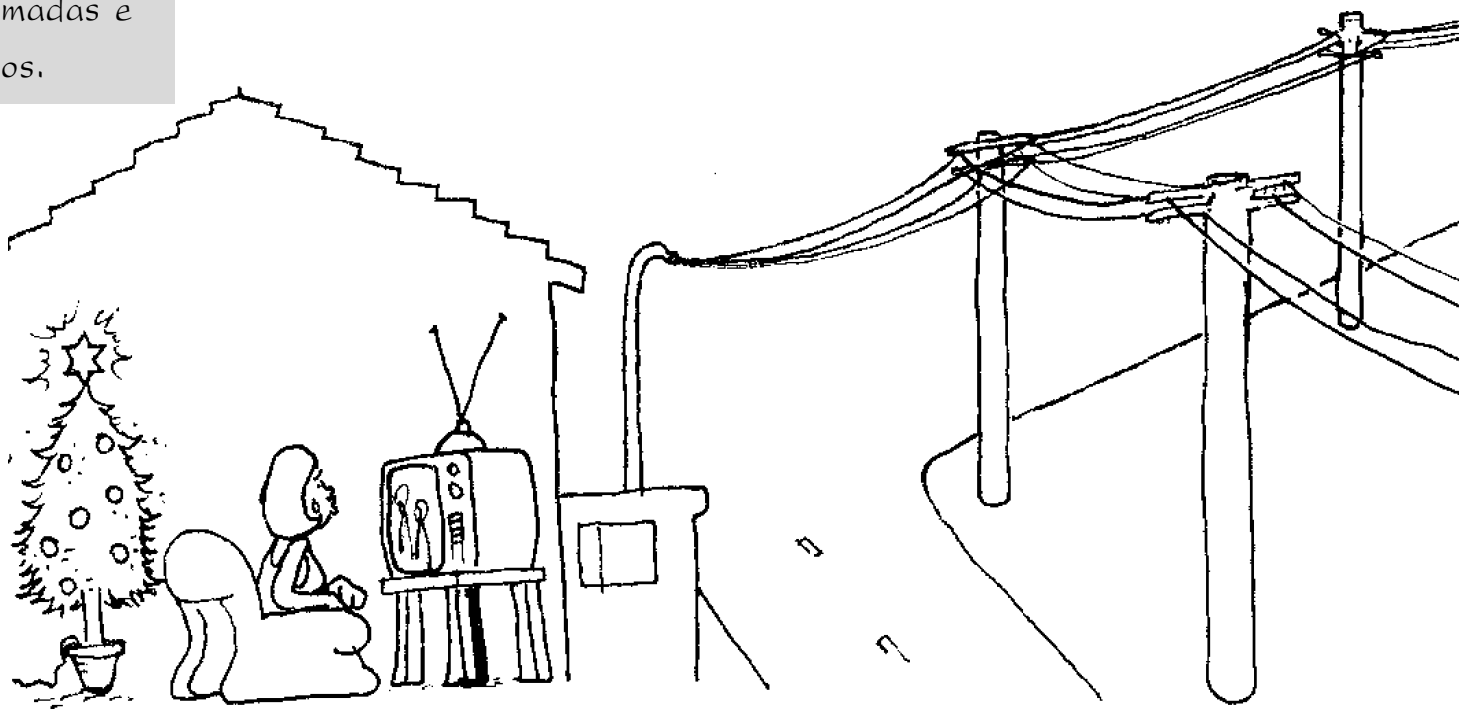
- a. diminuindo-se o comprimento do resistor, reduz-se a potência consumida.
- b. aumentando-se o comprimento do resistor e conservando-se constante a vazão de água, a sua temperatura aumenta.
- c. para conservar a temperatura da água, quando se aumenta a vazão, deve-se diminuir o comprimento do resistor do chuveiro.
- d. a potência consumida independe da resistência elétrica do chuveiro.
- e. nenhuma das anteriores.

11

Ligações elétricas na residência

Agora você vai saber como se obtém o 110 e o 220 e ainda como se faz as ligações de lâmpadas, tomadas e chuveiros.

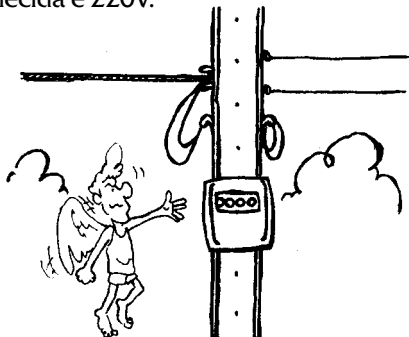
Nas ruas somos capazes de observar quilômetros e mais quilômetros de fios apoiados nos postes. Em nossas casas dois ou três destes fios passam pelo medidor e depois deixam de serem vistos. O que foi feito deles?



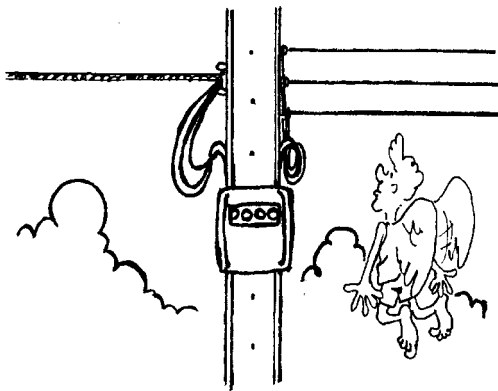
Para compreender um pouco mais e saber como é feita a instalação elétrica em nossas casas, vamos ver os fios que chegam dos postes.

As características da eletricidade da rede pública

Em alguns municípios a rede elétrica é feita com dois fios, um fio **fase**, que é um fio energizado, e um fio **neutro**, que pode ser tocado sem que se leve choque quando o circuito está aberto. Nesse caso, a rede é chamada de **monofásica** e só pode ser ligados aparelhos de 110V. As vezes, a rede elétrica é constituída de dois fios fase e a tensão fornecida é 220V.

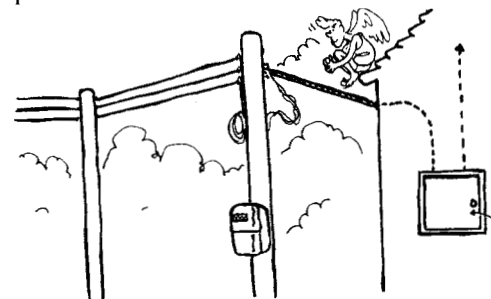


Em outros municípios chegam três fios, sendo dois fios **fase** e um fio **neutro**, nesse caso, a rede é chamada de **bifásica**, podendo ligar aparelhos de 110V ou 220V, dependendo da distribuição do circuito residencial.



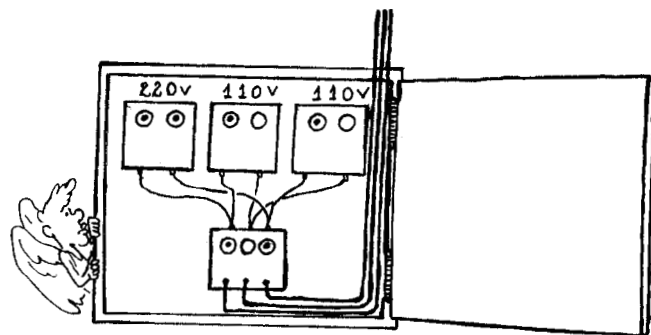
Detalhes da instalação elétrica residencial

Vamos olhar com mais detalhes para os fios que chegam do poste de sua casa ou prédio e desce para seu medidor de consumo de energia elétrica (relógio de luz). Normalmente são três fios que vão para o quadro de distribuição. Depois de passar pelo relógio de luz que é o aparelho que mede o consumo de energia elétrica, chegam ao quadro de distribuição três fios que passam pela chave geral, daí para outras chaves.



A chave geral serve como interruptor de toda a instalação elétrica, quando desligada os aparelhos não funcionam, isso facilita o manuseio na instalação e até pequenos reparos.

Da chave geral os fios podem ser combinados dois a dois podendo fornecer tensões 110V e 220V passando por outras chaves de distribuição: fase e neutro (110V) e fase fase (220V).



Os fusíveis são colocados somente nos fios energizados (fios fase). Não devemos colocar fusíveis nos contatos da chave por onde passa o fio neutro, pois, se ele queimar, o circuito ficará sem o neutro, e um aparelho ligado a este circuito não funcionará. Além disso, se uma pessoa tocar o aparelho, poderá levar um choque, conduzindo a corrente elétrica para a Terra.

Tipos de ligação

Os aparelhos elétricos normalmente já vem com a tensão e a potência elétrica especificada e que precisam de intensidades de correntes diferentes para funcionarem corretamente.

Através do funcionamento das lâmpadas e aparelhos elétricos de uma residência, é possível perceber que as suas ligações são independentes. Isto é, se a lâmpada da sala queimar ou for desligada, não interfere no funcionamento de outras lâmpadas ou aparelho que estiver funcionando.

Nessa situação, os aparelhos são ligados de forma que tenham a mesma tensão. A esse tipo de ligação chamamos de **ligação em paralelo**.

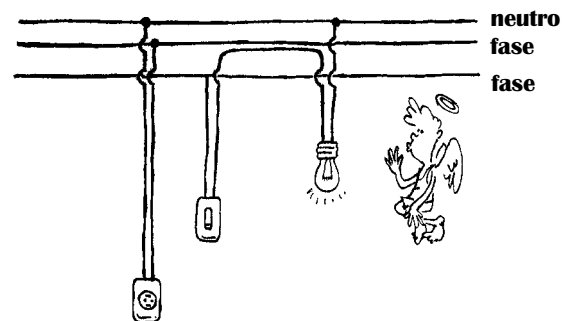
Uma outra maneira de ligar os aparelhos elétricos é chamada de **ligação em série**. Nesse caso, uma lâmpada ou aparelho depende do funcionamento dos demais. Se um aparelho for desligado por qualquer motivo, o circuito fica aberto, impedindo o funcionamento dos outros, pois, impede a passagem da corrente. Portanto, esse tipo de ligação não é feita nas instalações de aparelhos elétricos residenciais.

A ligação em série é utilizada em alguns circuitos de iluminação de árvores de Natal e nos circuitos interno de alguns aparelhos como: rádio, TV, etc.

Como devem ser instalados os aparelhos

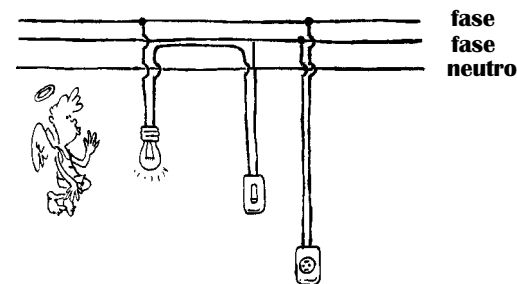
1. Tomada simples e lâmpada com interruptor (110V)

Na ligação da tomada, um fio é ligado ao fase e o outro ao neutro. Na lâmpada, o fio neutro deve estar ligado ao soquete e o fio fase ao interruptor. Esta medida evita que se tome choque quando for trocar a lâmpada, estando o interruptor desligado.



2. Tomada simples e lâmpada com interruptor (220V)

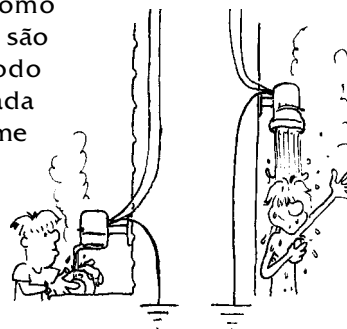
Nesse caso, os dois fios de ligação da tomada são ligados aos fios fase da rede elétrica. Na lâmpada, um fio fase é ligado ao interruptor e o outro é ligado diretamente a um dos contatos no soquete.



3. Torneira e chuveiro elétrico

Normalmente estes aparelhos são fabricados para funcionarem em 220V mas podem ser fabricados para 110V.

Tanto num caso como noutro, as ligações são feitas de modo semelhante à tomada 220V ou 110V, conforme o caso.

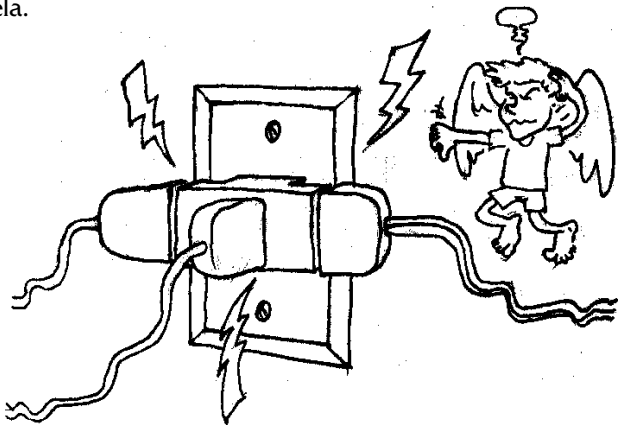


atenção!

1. Na ligação de torneiras e chuveiros se faz necessário a ligação de um fio terra para evitar um possível choque.
2. O manuseio durante uma troca de lâmpada ou um reparo numa tomada deve sempre ser feito com o circuito aberto, o que é feito desligando-se a chave geral.

saiba que ...

1. Quando mais de um aparelho entra em funcionamento, em certos trechos de circuito elétrico residencial a corrente elétrica é maior do que se estivesse ligado apenas um aparelho. Isso deve ser levado em conta no uso de benjamins. O correto é ligar um aparelho de cada vez numa tomada e o benjamim serve para deixar já conectado a ela.



2. A espessura dos fios de ligação tem um papel importante. Nas instalações pode ocorrer perdas de energia, seja por aquecimento dos fios (efeito joule), fugas de corrente, etc, colocando em risco a segurança das pessoas e de toda a instalação.

Como a corrente é determinada pelo aparelho, a espessura dos fios da instalação tem um papel importante, pois se estes forem finos, sua resistência elétrica será maior, aumentando assim a potência dissipada.

Uma mesma corrente que passa por um fio de cobre fino, provoca um aquecimento maior do que se ela passar por um fio de cobre grosso. Portanto, quanto mais grosso o fio, maior a corrente que ele suporta sem aquecer.

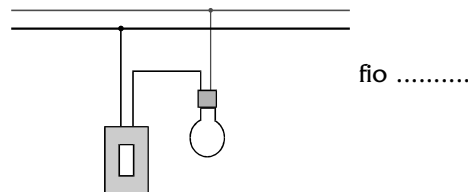
A escolha da fiação para uma instalação deve levar em conta a corrente máxima que os fios suportam.

tabela

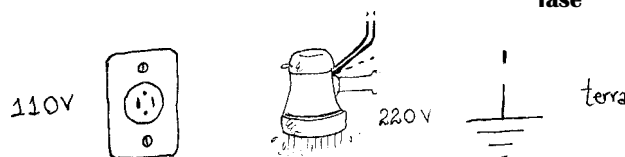
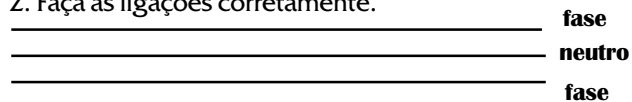
fio em AWG	espessura em mm ²	corrente máxima em aberto (A)	corrente máxima em conduite (A)
16	1,5	15	11
14	2,1	20	15
12	3,3	25	20
10	5,3	40	30
8	8,4	55	40
6	13	80	55
4	21	105	70
2	34	140	95

exercitando

1. A figura ilustra uma instalação feita corretamente, descubra o fio fase e o fio neutro.



2. Faça as ligações corretamente.

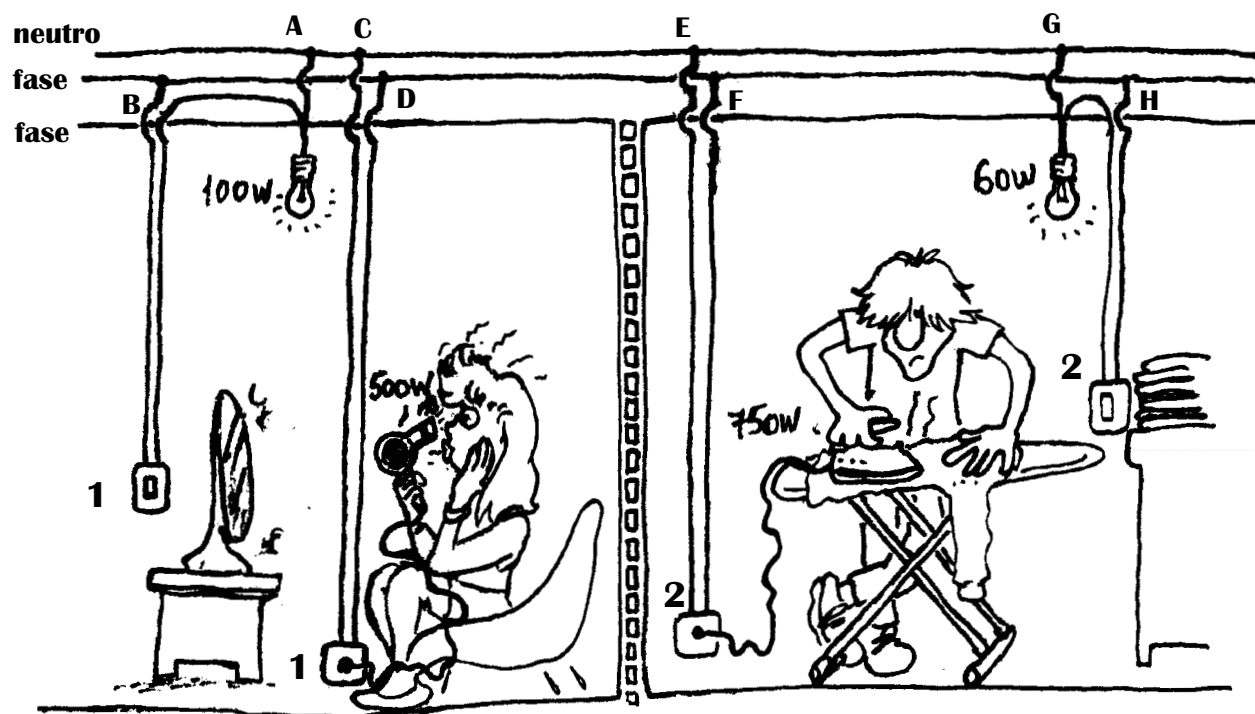


—12—

Circuitos elétricos e sua representação

Vamos aprender uma maneira de simplificar desenhos que representam os circuitos elétricos

Na figura abaixo está representada uma rede de distribuição de 110V, onde foram instaladas 2 lâmpadas e 2 tomadas: uma para ligar um ferro elétrico e uma secador de cabelo. Do relógio de luz até a última lâmpada, foram utilizados 30 metros de fio de cobre 14, incluindo o fase e o neutro. Para as tomadas e lâmpadas foram necessários, para completar as ligações, 4 metros de fio 16.



1. Com base nos dados indicados na figura da página anterior vamos discutir as questões:

- a) Identifique se as ligações dos aparelhos foram feitas em série ou paralelo.
- b) Qual o fusível adequado para proteger esta instalação, sabendo-se que a corrente máxima admissível para o fio 14 é 20A?
- c) Discuta por que é possível substituir por um fio mais fino (16) as ligações das lâmpadas e tomadas.
- d) Represente esquematicamente esse circuito, calculando os valores das resistências em cada trecho.
- a) Para identificar se as ligações foram feitas em **série** ou **paralelo**, vamos observar onde os fios da tomada e das lâmpadas foram conectados. Nesse caso foram conectados no fio fase e neutro que fornecem uma tensão de 110V. Portanto a ligação foi feita em paralelo.

Nesse tipo de ligação, o funcionamento desses aparelhos não é interrompido quando um deles é ligado, desligado ou "queimado".

- b) Para sabermos o fusível adequado para uma instalação, devemos levar em conta que todos os aparelhos estejam ligados, fazer a soma total da potência consumida de cada aparelho, desprezando a potência dissipada na fiação,

$$P_{\text{total}} = 500 + 100 + 60 + 750 = 1410W$$

Usando a equação: $P = Ui$, obtemos: $i = \frac{P}{U} = \frac{1410W}{110V} \cong 12,8A$ que

é a corrente que passa pela chave na caixa de luz. O fusível adequado para proteger a instalação elétrica é de 15A, pois é compatível com a corrente máxima admitida pelo fio de cobre 14 e está acima do valor da corrente requerida por todos os aparelhos funcionando ao mesmo tempo.

- c) Suponhamos que apenas a lâmpada do interruptor 1 esteja ligada.


A corrente exigida para seu funcionamento será: $i_1 = \frac{100}{110} \cong 0,91A$.

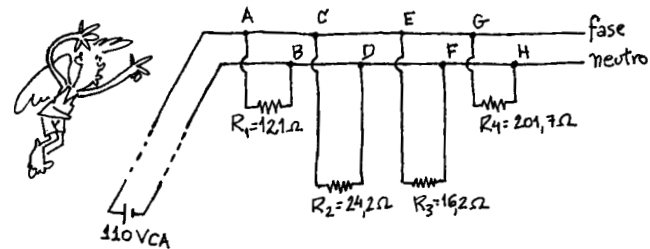
Se ligarmos também o ferro elétrico na tomada 2, a corrente exigida para seu funcionamento será: $i_2 = \frac{750}{110} \cong 6,81A$.

De modo que a corrente entre o relógio de luz e os pontos E e F será:

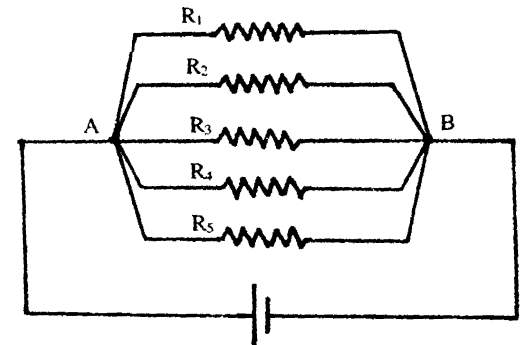
$$i = i_1 + i_2 = 6,81 + 0,91 = 7,72A$$

Se todos os aparelhos estiverem funcionando, cada um exigirá uma determinada corrente que pode ser calculada pela equação $P = U \cdot i$ e a corrente total, que é a soma de todas essas correntes, corresponderá apenas ao trecho entre o relógio de luz e os pontos A e B.

- d) O cálculo das resistências podem ser feitos usando as equações: $P = U \cdot i$ e $R = U/i$. Usando o símbolo  para os resistores temos:



Admitindo-se que os fios da rede principal e os fios que ligam aos aparelhos possuem resistência elétrica que pode ser considerada desprezível se a escolha deles for adequada. Assim, podemos simplificar um pouco mais esse circuito e representá-lo da maneira ilustrada ao lado.

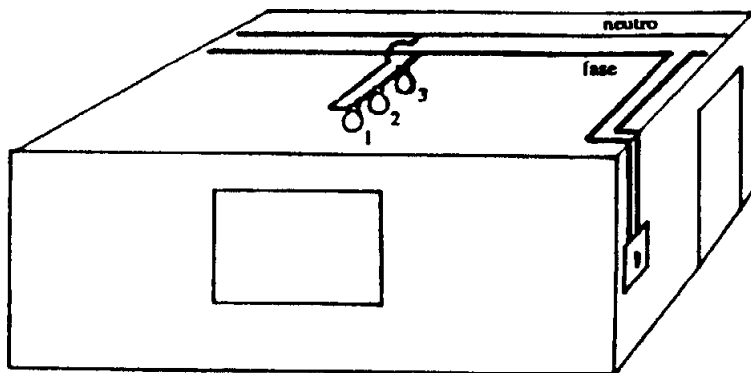


2. Vamos verificar de que modo podemos ligar três lâmpadas L_1 , L_2 e L_3 de mesma tensão em um circuito.

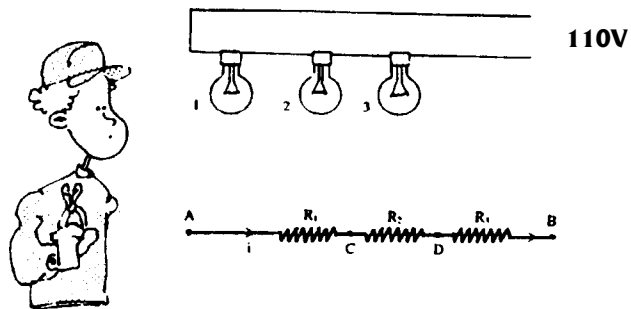
Existem três formas diferentes: todas em série, todas em paralelo, duas em série e em paralelo com a terceira.

As vantagens e as desvantagens de cada tipo de associação, serão discutidas a seguir:

1. Ligação em série: neste tipo de ligação a mesma corrente se estabelece nas três lâmpadas do circuito. Vejamos a figura.



De um modo mais simplificado temos:



Na associação em série, cada lâmpada do circuito está submetida a uma tensão cuja soma equivale à tensão total entre os extremos A e B do circuito (uma vez que as perdas na fiação podem ser consideradas desprezíveis).

A tensão total aplicada às três lâmpadas pode ser escrita como:

$$U_{AB} = U_{AC} + U_{AD} + U_{DB}$$

Como: $U_{AC} = R_1 \cdot i$, $U_{CD} = R_2 \cdot i$ e $U_{DB} = R_3 \cdot i$

então: $U_{AB} = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i$

Para calcularmos a resistência equivalente da associação usaremos a relação: $U_{AB} = R_{eq} \cdot i$, portanto:

$$R_{eq} \cdot i = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$

A potência dissipada na associação em série é calculada pela relação:

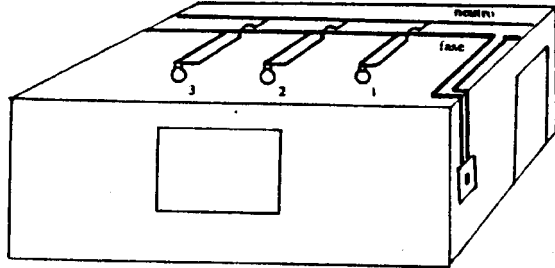
$$P = R \cdot i^2 = R_{eq} \cdot i^2 = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i^2 = R_1 \cdot i^2 + R_2 \cdot i^2 + R_3 \cdot i^2$$

ou seja,

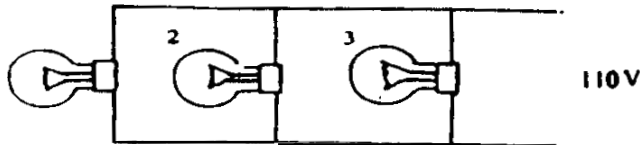
$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Como a tensão em cada lâmpada é sempre menor que a tensão aplicada nos terminais da associação, a potência dissipada em cada uma delas na ligação em série é sempre menor do que a indicada pelo fabricante. Nessas condições ela terá um brilho bem menor que o esperado. Além disso, se uma lâmpada queimar, interrompe o circuito e consequentemente as outras apagam. Por isso este tipo de ligação não é usado nas instalações residenciais.

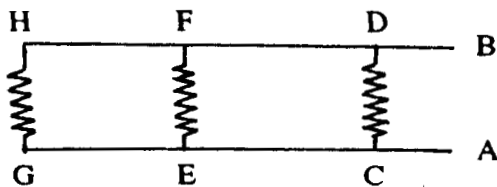
2. Ligação em paralelo: este tipo de ligação se caracteriza pelo fato de todas as lâmpadas estarem submetidas a uma mesma tensão, desprezando-se a resistência elétrica dos fios da instalação.



Podemos ainda representar esquematicamente a mesma ligação da seguinte forma:



A tensão AB é igual às tensões CD, EF e GH, pois estamos desprezando a resistência dos fios. Desse modo, podemos reduzir ainda mais o esquema:



As correntes estabelecidas em cada uma delas será i_1, i_2, i_3 , e a corrente total, estabelecida entre os pontos A e B do circuito, será $i = i_1 + i_2 + i_3$.

Assim, se a tensão é a mesma, pela lei de Ohm, temos:

$i = U/R_{eq}$, onde R_{eq} é a resistência equivalente da associação.

Sendo $i_1 = U/R_1, i_2 = U/R_2$ e $i_3 = U/R_3$

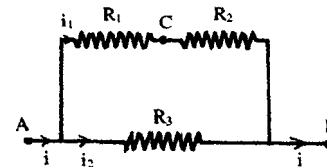
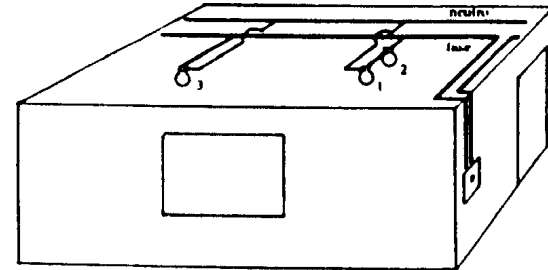
Substituindo na equação $i = i_1 + i_2 + i_3$, teremos:

$$U/R_{eq} = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 \text{ ou}$$

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Na associação em paralelo, a tensão em cada lâmpada é a mesma e a potência dissipada em cada lâmpada independente do número de lâmpadas agrupadas e, conseqüentemente, o brilho da lâmpada também são. O brilho é igual ao que teria se ela estivesse sozinha. Além disso se uma das lâmpadas queimar as demais não sofrem alteração. É por isso que essa ligação é utilizada nas instalações elétricas residenciais.

3. Ligação mista: É quando combinando os dois tipos de ligação conforme mostra a figura:



Nessa situação, a tensão U se aplica nos terminais da série $R_1 + R_2$ e em R_3 . Assim, L_3 terá brilho maior que L_1 e L_2 . Em função dessa característica, esse tipo de circuito também não é empregado nas instalações elétricas residenciais mas é muito utilizado nos circuitos internos dos aparelhos eletrônicos como rádio, TV, comutadores, etc...

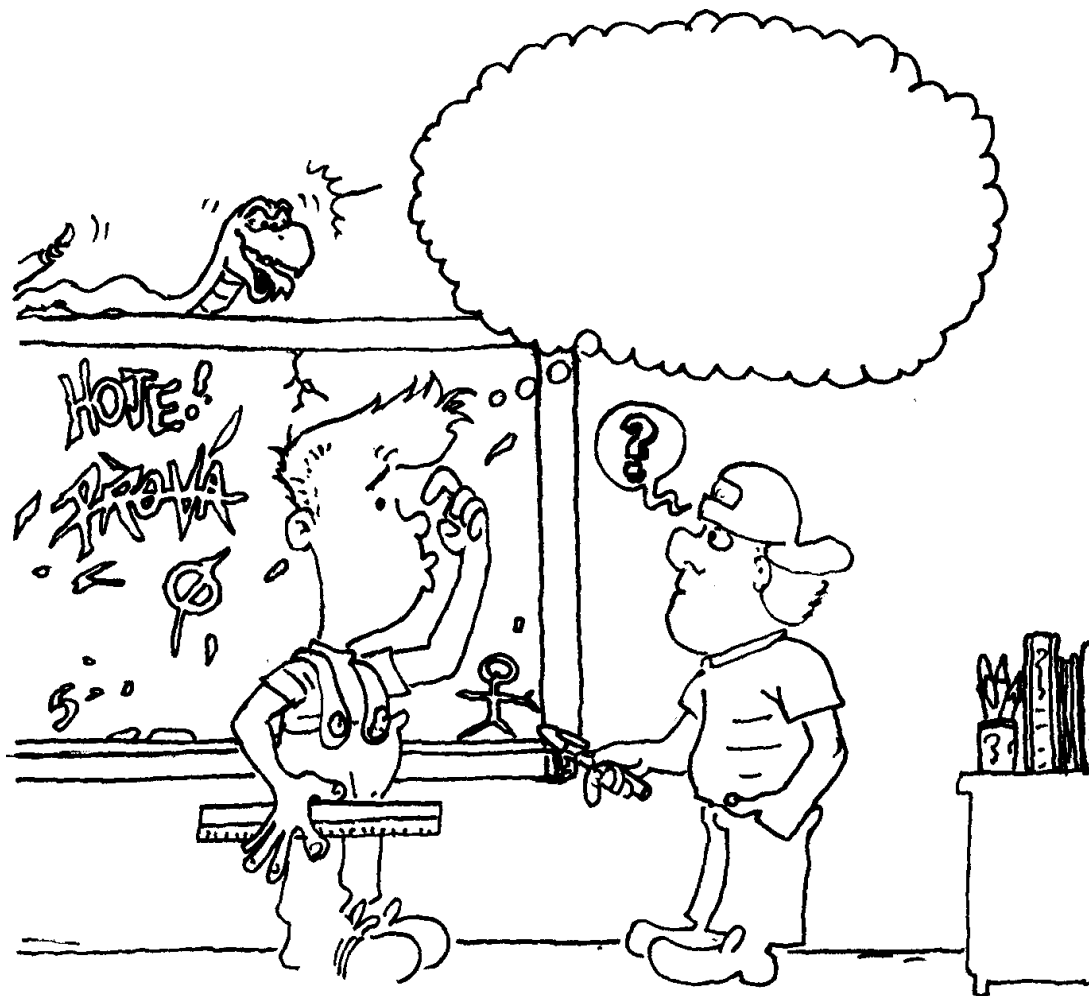
—13—

Exercícios

Você vai rever o conteúdo das aulas anteriores fazendo e pensando nestas questões

EXERCÍCIOS

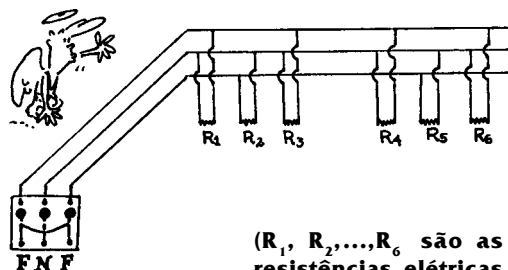
(Resistência, tensão e corrente)



1. Um aquecedor de ambiente cuja potência é 800W é ligado na tensão 110V.

- qual o valor da corrente elétrica no resistor?
- qual o valor da resistência elétrica do resistor?
- qual deve ser o valor da resistência elétrica do resistor para que ele tenha a mesma potência e seja ligado na tensão 220V?

2. Numa instalação elétrica residencial não se deve colocar fusível no fio neutro, pois se ele se queimar, é possível que haja um aumento de tensão indesejável em certos aparelhos. Vamos conferir? Considere o esquema:

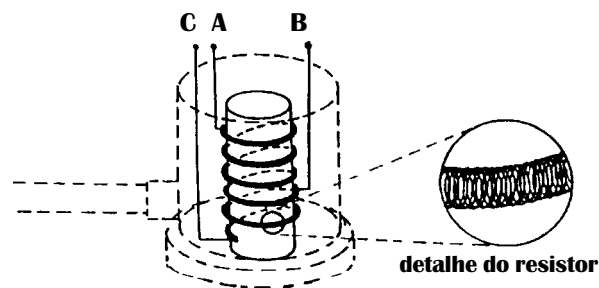


(R_1, R_2, \dots, R_6 são as resistências elétricas de 6 lâmpadas)

determine:

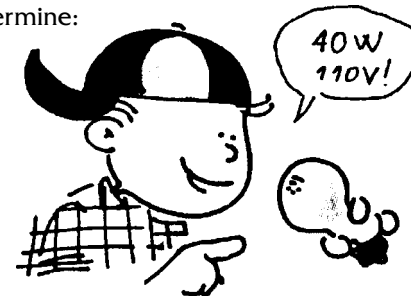
- a tensão aplicada às lâmpadas, quando o fusível do fio neutro está normal (sem queimar);
- a tensão aplicada às duas lâmpadas de baixo, se o fusível do fio neutro se queimar.

3. O resistor de uma ducha com a inscrição (220V - 2800W/3800W) tem o aspecto da figura. Esse resistor é constituído de um fio de níquel-cromo de resistência específica $1,1 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$, 0,6 mm de diâmetro e 4 m de comprimento, enrolado em espiral, com três pontos de contato elétrico. No ponto A está ligado um dos fios fase e aos pontos B e C, dependendo da posição da chave, liga-se o outro fio fase, que estabelece as ligações inverno verão.



- Faça o esquema da ligação verão desta ducha.
- Faça o esquema da ligação inverno.
- Calcule a resistência elétrica na posição verão, quando ela está desligada.
- Calcule a resistência elétrica da ducha em funcionamento na posição verão,
- Faça os mesmos cálculos dos itens c e d para a ligação inverno, considerando que o comprimento do fio, neste caso, é 2,8m.
- Por que na posição inverno a água da ducha sai mais quente?

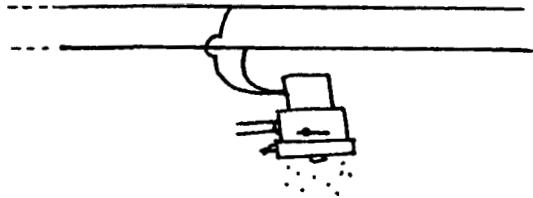
4. Considerando que o diâmetro do filamento de tungstênio de uma lâmpada de 40W - 110V é cerca de $3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mm}$, seu comprimento 50cm e sua resistividade é $5,6 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ a 20°C, determine:



- A resistência do filamento da lâmpada, quando ela está desligada.
- A resistência do filamento da lâmpada ligada.

5. Numa rede de 220V é ligado um chuveiro com a inscrição 220V - 2 800 / 4 400W.

Utilizando essas informações e as da tabela da aula 10, determine:



a) a corrente exigida pelo aparelho para dissipar as potências nominais quando o chuveiro está ligado com a chave na posição "verão" e na posição "inverno";

b) o menor diâmetro possível do fio e o fusível que devem ser utilizados nessa instalação. Consulte a tabela;

c) a energia consumida num banho de 15 minutos com o chuveiro ligado na posição "inverno";

d) a porcentagem de consumo de energia em banhos de aproximadamente 15 minutos de uma família de três pessoas, cujo consumo mensal é de 250kWh.

6. Nas figuras abaixo estão indicadas as informações encontradas nos folhetos ou chapinhas que acompanham aparelhos elétricos.

chuveiro 220V 2800W/3800W



batadeira



50/60HZ

250W

TV 12V/DC

30W



110V



liquidificador

110V/300W/60Hz

Qual(is) dele(s) não poderia(m) ser ligado(s) à tomada de sua casa? Se você o fizesse, quais seriam as consequências?

7. Uma lâmpada de abajour possui a seguinte inscrição (127V - 22W).

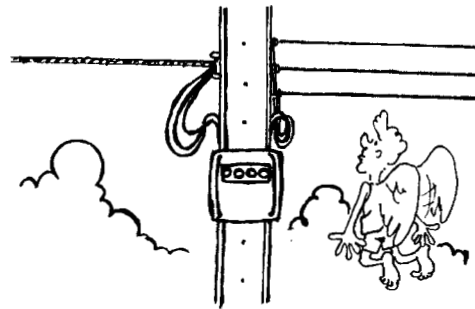
a) O que acontece se a ligarmos nos terminais de uma bateria de 12V?

b) Seria possível, se dispuséssemos de muitas baterias, ligar esta lâmpada de modo que ela tenha brilho normal?

c) Em caso afirmativo, como você faria?

d) Caso não seja possível fazer a ligação da lâmpada nas baterias como e onde ela deveria ser ligada para ter brilho normal?

8. Numa residência, geralmente, chegam três fios da rua, dois fases e um neutro, que são ligados à chave geral.



a) Faça o esquema de uma chave geral e de três chaves parciais, de modo a obter duas chaves de distribuição de 110V e outra de 220V.

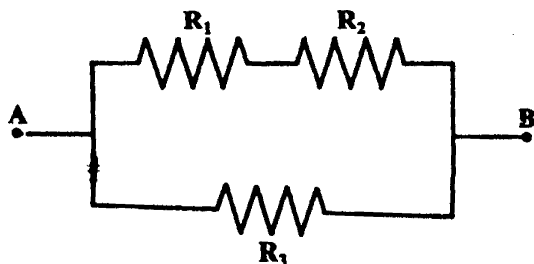
b) Faça um esquema indicando a ligação de uma lâmpada com interruptor, de uma tomada em 110V e de um chuveiro em 220V.

teste seu vestibular

1. Uma corrente elétrica de $0,500\text{A}$ flui num resistor de 10Ω . A ddp ou tensão elétrica entre as extremidades do resistor, em volts, é igual a:

- a) () $5,0 \cdot 10^2$ c) () 20 e) () $5,0 \cdot 10^{-2}$
b) () $5,0 \cdot 10$ d) () 5,0

2. Os resistores R_1 , R_2 e R_3 estão associados como indica a figura abaixo. Sabendo que $R_1 = 2,0\Omega$, $R_2 = 2,0\Omega$, e $R_3 = 4,0\Omega$, podemos afirmar que a resistência equivalente entre os pontos A e B em ohms é de:



- a) () 2,0 b) () 3,3 c) () 4,0 d) () 6,0 e) () 8,0

3. Um electricista instalou numa casa, com tensão de 120V , dez lâmpadas iguais. Terminado o serviço, verificou que havia se enganado, colocando todas as lâmpadas em série. Ao medir a corrente no circuito, encontrou $5,0 \cdot 10^{-2}\text{A}$. Corrigindo o erro, ele colocou todas as lâmpadas em paralelo. Suponha que as resistências das lâmpadas não variam com a corrente. Após a modificação, ele mediu, para todas as lâmpadas acesas, uma corrente total de:

- a) () 5,0A b) () 100A
c) () 12A d) () 10A
e) () 24A

4. A transmissão de energia elétrica à grande distância é acompanhada de perdas causadas pela transformação de energia elétrica em:

- a. () calor c. () energia cinética
b. () magnetismo d. () luz

5. Um aquecedor elétrico dissipa 240W quando ligado a uma bateria de 12V . A corrente que percorre a resistência é:

- a. () 0,050 A c. () 1,67 A e. () 2880 A
b. () 0,60 A d. () 20 A

6. Um condutor é atravessado por uma corrente de 2 ampères quando a tensão em seus terminais vale 100 volts. A resistência do condutor é de:

- a. () $0,02\Omega$ c. () 200Ω
b. () 50Ω d. () 400Ω

7. Uma lâmpada incandescente possui as seguintes especificações (ou valor nominal): 120V , 60W .

- a) Se ela for ligada em 220V , a potência permanecerá 60W .
b) Quando a lâmpada é ligada conforme as especificações, a resistência vale 240Ω ,
c) A resistência na lâmpada permanece constante, qualquer que seja a tensão a ela aplicada.
d) quando desligada, a resistência da lâmpada é maior que quando ligada.
e) Quando ligada, conforme as especificações, a corrente é de $2,0\text{A}$.